



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Evaluación de la infestación por muérdago
dentro del Bosque de Tlalpan, Ciudad de México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

MARTHA PATRICIA DÍAZ LIMÓN

ASESOR

BIÓL. MÓNICA E. QUEIJEIRO BOLAÑOS



2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno

Díaz
Limón
Martha Patricia
31 82 26 73
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
306129299

2. Datos del tutor

Bióloga
Mónica Elisa
Quijeiro
Bolaños

3. Datos del sinodal 1

Dr.
Roberto Antonio
Lindig
Cisneros

4. Datos del sinodal 2

Dr.
Diego Rafael
Pérez
Salicrup

5. Datos del sinodal 3

Dra.
María Graciela
García
Guzmán

6. Datos del sinodal 4

Dr.
Pedro Eloy
Mendoza
Hernández

7. Datos del trabajo escrito

Evaluación de la infestación por muérdago dentro del Bosque de Tlalpan, Ciudad de México
44 p.
2014

A mi madre.

A mi padre,
quien donde sea que esté
siempre estará en mi corazón.

**“All our science,
measured against reality,
is primitive and childlike
-and yet it is the most precious thing we have”**

Albert Einstein

AGRADECIMIENTOS

A la máxima casa de estudios del país, la UNAM, especialmente a la Facultad de Ciencias, por haberme brindado la educación y haberse convertido en mi segunda casa. Por darme la oportunidad de tener años maravillosos en sus aulas y en el campo. Por permitirme vivir experiencias que sólo la carrera puede dar... “Por mi raza hablará el espíritu”.

A mi tutora Mónica, la cual se convirtió en un ejemplo a seguir, pues es una mujer admirable, paciente, comprensiva y fue una guía extraordinaria a través de este continuo proceso de elaboración de mi tesis. Además, ella fue un apoyo invaluable en el campo. Gracias Mónica por ser la excelente profesora que eres y por ser también una excelente amiga.

Al doctor Zenón Cano Santana, quien codirigió esta tesis. Por su apoyo durante la realización, sus comentarios acertados y sobre todo por la enseñanza de vida que da a cada uno de sus alumnos.

A mis sinodales, la Dra. María G. García Guzmán, el Dr. Diego R. Pérez Salicrup, el Dr. Roberto Lindig Cisneros y el Dr. Pedro E. Mendoza Hernández; por aceptar revisar este trabajo y por los comentarios realizados, los cuales enriquecieron enormemente esta tesis.

A Rafael Pompa que brindó el apoyo técnico por parte de la administración del Bosque de Tlalpan. Sin su ayuda el proyecto no hubiera sido posible.

Agradezco al M. en C. Iván Castellanos Vargas, por el apoyo técnico brindado durante este proceso.

A los profesores del taller de “Ecología terrestre y manejo de recursos bióticos”: María del Carmen Mandujano, Irene Pisanty, Israel Carrillo, Víctor López Gómez, Concepción Martínez, Jordan Golubov, Iván Castellanos, Sylvia Ruíz y Juan Carlos Flores porque cada uno de ellos enriqueció mi formación ecológica.

Agradezco al proyecto UNAM-DGAPA-PAPIIT IN220912 “Ecología del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en el Centro de México”, a cargo del Dr. Zenón Cano Santana, por el apoyo financiero brindado y por la beca otorgada.

Al grupo de trabajo de Interacciones y Procesos Ecológicos, que formaron y forman parte del él, en especial Daniela, Tania, Olivia, Isaí, Ari y “Nahual”. Gracias a ustedes las estancias en el laboratorio se hicieron muy divertidas, además de que me brindaron un gran apoyo en todo momento.

Agradezco a los que me acompañaron en campo y estuvieron ahí todos los fines de semana durante meses, en especial a Enrique y a Luis que estuvieron al pie del cañón, ahora en ellos encontré a unos buenos amigos.

Quiero agradecer especialmente a una bola de amigos que me hicieron la vida muy distinta desde que los conocí.

Daniel: muchas gracias por estar conmigo en los buenos y peores momentos de mi vida, por preocuparte por mí, te agradezco muchísimo tu amistad y tu confianza desde que comenzó esta aventura.

Karen: una de las mejores cosas que me dejó el taller es el haberte conocido. Te volviste una persona incondicional. Agradezco cada una de tus palabras de aliento y tu apoyo para todo; sabes lo mucho que significas para mí.

Lalo: te quiero mucho, agradezco cada momento que estoy contigo porque haces que ría mucho.

Lina. Flaquita: muchas gracias por todo el apoyo que me has dado desde que te conocí y los ánimos brindados para seguir. Te quiero.

Monse, Julio, Diego, Fer, Ernesto y Luis: gracias por ponerle sabor a mi vida. No pude elegir mejores hermanos, los amo profundamente.

A Alberto le agradezco el haberme dado tanto y haberme acompañando apoyándome durante mi proceso de formación profesional. Ambos crecimos juntos y tú me enseñaste mucho. Siempre serás una bendición en mi vida y te llevaré en mi corazón.

Agradezco a Patricia, por darme la oportunidad de llegar hasta este nivel; por guiarme y estar conmigo en cada momento. Sé que cada elección que he hecho en mi vida me ha dejado un aprendizaje y siempre fue guiada por ti. Eres lo más grande que tengo y me siento muy orgullosa de tenerte como madre.

A mi abuela, por todo su amor y su apoyo en los momentos que más se necesita. Gracias por cuidarnos tanto. Te amo.

A mi tía Leticia, por el apoyo que me ha brindado siempre y en todo momento. Gracias. Te quiero.

A mi familia, por los ánimos que me inyectaron y, ¿por qué no?, por la presión ejercida para que no dejará ni por un momento este camino.

ÍNDICE

Resumen		
I.	Introducción	1
	1.1. Las plantas parásitas	1
	1.2. Los muérdagos	2
	1.3. Los bosques urbanos	5
	1.4. Antecedentes	6
	1.5. Justificación	7
	1.6. Objetivos e hipótesis	8
II.	Materiales y métodos	9
	2.1. Sitio de estudio	9
	2.2. Métodos	11
	2.2.1. Intensidad de la infestación	11
	2.2.2. Tamaño del hospedero más susceptible	12
	2.2.3. Preferencia de hospedero	13
	2.2.4. Análisis estadístico	13
III.	Resultados	15
	3.1. Identificación de áreas con presencia de muérdagos en el BT	15
	3.2. Especies de hospedero	18
	3.3. Intensidad de la infestación	20
	3.4. Preferencia de hospedero	24
IV.	Discusión y conclusión	32
	4.1. Consideraciones finales	36
Literatura citada		38

Díaz-Limón, M.P. 2014 Evaluación de la infestación por muérdago dentro del Bosque de Tlalpan, Ciudad de México. Tesis profesional (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 44p.

RESUMEN

Las plantas parásitas afectan el crecimiento y la fecundidad de su hospedero, ya que de él obtienen recursos como agua, nutrientes y compuestos orgánicos. Los muérdagos son plantas parásitas que pertenecen al orden Santalales y se encuentran agrupados principalmente en las familias Loranthaceae y Viscaceae, las cuales presentan una amplia distribución en México. Se ha reportado la presencia de muérdago en la Ciudad de México, principalmente de los géneros *Cladocolea*, *Strutanthus* y *Phoradendron*. El Área Natural Protegida “Bosque de Tlalpan” (BT) es un bosque urbano en el sur de la Ciudad de México; es de gran importancia por los servicios ambientales que brinda. Recientemente en el BT se ha detectado la presencia de muérdago, pero no se tiene un registro de la severidad e incidencia de la infestación. Para que no se afecten los servicios ecosistémicos que brinda el BT, es necesario incluir en su plan de manejo el impacto de las enfermedades forestales, por lo que se plantea como objetivo diagnosticar la infestación por muérdago en ésta área. Se seleccionaron 20 parcelas de 30 × 30 m, donde se registraron las especies de muérdagos presentes y sus hospederos; de estos últimos se obtuvieron la altura, el diámetro a la altura del pecho, la cobertura de la copa y la longitud de la copa. Se tomaron en cuenta dos variables de la infestación, la incidencia y la severidad. Se encontraron dos especies de muérdago, *Cladocolea loniceroides* y *Phoradendron brachystachyum*, infectando a 448 individuos de siete especies de hospederos en la zona de bosque cultivado. *Cladocolea loniceroides*

presentó una mayor incidencia (86%) con respecto a *P. brachystachyum* (46%) por parcela. *Cladocolea loniceroides* también presentó una mayor severidad por parcela (6.6 muérdagos por árbol). Se notó una preferencia de *C. loniceroides* por los hospederos *Fraxinus uhdei* y *Quercus rugosa* en las categorías de altura más bajas. Las especies de muérdago en el BT presentan una distribución preferencial y agregada en cuanto a especie y tamaño de hospedero. Se sugiere realizar un manejo donde sea más equitativa la abundancia de las especies hospederas y no hospederas, además de disminuir la severidad en árboles severamente infestados.

Palabras clave: severidad, incidencia, muérdago verdadero, bosque urbano, planta parásita.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Las plantas parásitas

Las plantas parásitas dependen de una planta hospedera para cumplir sus funciones vitales, ya que de ésta obtienen agua, nutrientes inorgánicos y compuestos orgánicos. Esta interacción afecta a su vez el crecimiento y la fecundidad de la planta hospedera (Muselman y Press, 1995). Las plantas parásitas comprenden cerca de 3000 especies dentro de 16 familias, lo que significa el 1% del total de las angiospermas (Norton y Carpenter, 1998).

Se distinguen dos tipos de plantas parásitas según el tipo de nutrición: las plantas holoparásitas y las hemiparásitas, que se diferencian entre sí principalmente porque las primeras dependen totalmente de su hospedero, ya que no llevan a cabo la fotosíntesis, mientras que las segundas son plantas fotosintéticamente activas. Los dos tipos de plantas parásitas desarrollan un órgano de penetración del tejido del hospedero, llamado haustorio. El punto de unión en el hospedero puede ser en la raíz, o como parásitos aéreos, cuando penetran en ramas y tallos (Muselman y Press, 1995).

La importancia de las plantas parásitas radica en que tienen un impacto positivo considerablemente alto dentro de las comunidades que habitan, ya que incrementan la diversidad de asociaciones bióticas (Callaway y Pennings, 1998; Watson, 2001; Watson y Herring, 2012; Chávez-Salcedo, 2013), además de influir ciertos procesos ecosistémicos, como la dinámica del ciclaje de nutrientes (March y Watson, 2007). Es decir, son especies clave (Watson, 2001). Sin embargo, el tema más evaluado es el estudio de las pérdidas económicas causadas por las plantas parásitas.

En México se estima que la superficie de bosque infestada por plantas parásitas (por ejemplo el muérdago enano) es de 1,800,000 ha, con pérdidas anuales de 2,000,000 m³ de madera en rollo (Vázquez, 1993). Otros casos son las plantas de las familias Lauraceae (en particular el género *Cassytha* que parasita viñedos), Santalaceae (que incluye el sándalo, *Santalum* sp., que generalmente parasita árboles de *Acacia* sp.), Scrophulariaceae (que es un grupo taxonómico grande, con cerca de 100 géneros y 1500 especies), Loranthaceae (donde se ubican los muérdagos verdaderos y es la de más amplia distribución mundial), y Viscaceae (a la cual pertenecen los muérdagos enanos) (Molau, 1995).

1.2. Los muérdagos

Los muérdagos son un grupo diverso de plantas arbustivas del orden Santalales, hemiparásitas de tejidos aéreos, cuyas semillas tienen una capa de viscina (Kuijt, 1969). Se agrupan principalmente en las familias Loranthaceae, con 73 géneros y más de 900 especies, y Viscaceae, con siete géneros y 540 especies aproximadamente, aunque también existen las familias Eremolepidaceae (con tres géneros y 12 especies) y Misodendraceae (con un único género, *Misodendron* sp., y ocho especies), pero son poco representativas (Der y Nickrent, 2008).

A los muérdagos de la familia Loranthaceae se les conoce también como muérdagos verdaderos o injertos. Son arbustos, herbáceos o leñosos, que parasitan principalmente angiospermas y ocasionalmente a algunas gimnospermas (como *Pinus*, *Cupressus* y *Juniperus*) (Vázquez *et al.*, 2006). Tienen una amplia distribución mundial, pero se encuentran principalmente en el hemisferio sur, especialmente en las zonas

tropicales y subtropicales, y están poco representados en las regiones áridas (Heiden-Jørgensen, 2008). La familia Viscaceae presenta organismos herbáceos y arbustivos; es una familia cosmopolita, ya que se distribuye en casi todos los ecosistemas, pero se encuentra mejor representada en regiones tropicales y áridas (Killeen *et al.*, 1993).

Los muérdagos tienen un fuerte impacto en las actividades forestales; en México se han identificado cinco géneros de muérdago económicamente importantes, que son: *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus* (Cibrián, 2007). Estos muérdagos han sido estudiados debido a los efectos negativos que tienen sobre sus hospederos, que en ocasiones son árboles de importancia frutícola y forestal. Estos efectos varían en función no sólo de su capacidad de tomar agua y nutrientes, sino que también depende de las condiciones ambientales en las que se desarrolla el hospedero, el tamaño, la edad y la densidad (Knutson, 1983); así como del tamaño, la tasa de crecimiento y la actividad metabólica de la planta parásita (Musselman y Press, 1995). Generalmente las infecciones severas por muérdago afectan a los hospederos en gran variedad de formas, como son: la reducción en la altura, el diámetro a la altura del pecho, el crecimiento del follaje, el éxito reproductivo y predisponen al hospedero al ataque de agentes secundarios como insectos y hongos de pudrición, causando una mortalidad prematura (Hawksworth, 1983).

Vázquez *et al.* (2006) revisaron la ecología de los muérdagos; señalan que debido a que son hemiparásitos, generalmente requieren de luz solar para realizar fotosíntesis, por lo que se encuentran en árboles aislados, en claros de bosque o en bosques poco densos. En bosques menos abiertos, los muérdagos son más frecuentes

en la parte superior de la copa de los árboles dominantes, por lo que su incidencia es escasa o nula en árboles jóvenes o en renuevo.

Además, su distribución sobre el hospedero depende de la dispersión de las semillas, que generalmente es zoócora, aunque en el muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) es balistócora. Principalmente el vector de dispersión son las aves que se alimentan de los frutos maduros; sin embargo las aves no son los únicos vectores para la dispersión de semillas, también lo hacen algunos mamíferos, como ardillas, que se alimentan de los tallos, frutos y semillas (Mathiasen *et al.*, 2008).

Otro factor importante que influye en la distribución de los muérdagos, es la edad del hospedero, ya que aquellos hospederos de mayor edad y por ende mayor tamaño, son los más susceptibles a una infestación ya que tienen una mayor superficie de recepción de semillas, así como un mayor tiempo de exposición a la infección por muérdago (Hernández-Benítez *et al.*, 2005). Además, estos árboles grandes representan un mejor recurso para la percha, anidación y forrajeo de las aves, ya que éstas perchan frecuentemente en la punta de los árboles más altos (Aukema, 2003) y por lo tanto se incrementa la probabilidad de que se depositen semillas de muérdago en las ramas. Por su parte, los individuos de menos tamaño o juveniles, no son resistentes a ser parasitados (Musselman y Press, 1995).

Debido a que la abundancia de muérdago depende de la distribución y disponibilidad de los hospederos y de su tamaño (Mathiasen *et al.*, 2008) y a que la dispersión por aves favorece la infestación en los árboles más altos (Aukema y Martínez del Río, 2002), los patrones de infestación suelen ser agregados tanto a nivel del hospedero como de la población (Aukema, 2003).

1.3. Los bosques urbanos

Las áreas verdes urbanas, en el Distrito Federal, están definidas como toda superficie cubierta de vegetación natural o inducida que se localice en el territorio del Distrito Federal (LADF, 2012). Estas áreas brindan diversos beneficios tanto ecosistémicos como de paisaje y de salud, entre los que destacan: captura de bióxido de carbono, mejora en la calidad del aire, recargo en los mantos acuíferos, disminución de la escorrentía pluvial, reducción de los niveles de ruido y hábitat de flora y fauna silvestre dentro de la ciudad (Cantón *et al.*, 2003).

Debido a la influencia que tiene la urbanización, las características de las áreas verdes varían comparadas a las que se encuentran en zonas rurales. Además de que el efecto de la urbanización es proporcional al tamaño de la población y al área geográfica que ocupa. Entre las principales diferencias están, que en las áreas urbanas, los ecosistemas, comunidades y la diversidad de especies se ven disminuidos; por lo que en general se observan paisajes heterogéneos y de escasa riqueza biológica, predominando las especies cultivadas y domesticadas. Otra diferencia es que en las zonas urbanas los servicios ambientales son disminuidos o inclusive eliminados (Romero *et al.*, 2004).

Dentro de las áreas verdes urbanas se encuentran los bosques urbanos (bosque dentro o en la periferia de la ciudad; H. Benavides, com. pers.). La importancia de conservar un bosque urbano se debe al mantenimiento de los servicios ecosistémicos que brindan a los habitantes de las grandes urbes, lo que contribuye a incrementar la calidad de vida de sus habitantes.

En los bosques urbanos bajo manejo se pueden presentar problemas de salud forestal, asociados a dos causas, que son: las actividades humanas, como incendios y extracción de especies y los organismos patógenos, como enfermedades de raíz, royas, pudriciones de tallo y plantas parásitas (Cibrián y Cibrián, 2007). Los planes de manejo varían en complejidad y comprensibilidad y cada plan debe considerar el ambiente local físico y social, y desarrollar estrategias para optimizar las necesidades del sitio con los beneficios específicos deseados de los árboles (Nowak *et al.*, 1997).

1.4. Antecedentes

En la Ciudad de México se han realizado diversos estudios sobre las enfermedades del arbolado urbano, en particular aquellas causadas por muérdagos. García Ortiz (2009) evaluó la infestación por *Cladocolea loniceroides* en de las áreas verdes de avenida Reforma y encontró que el 28% de los árboles presentaban infección, donde el álamo temblón *Populus tremuloides* fue el principal hospedero al presentar un mayor número de individuos infestados. Adicionalmente reportó que los árboles maduros presentaron un mayor grado de infestación. Por otro lado, Alvarado *et al.* (2005) encontraron que en México existen 19 especies del género *Cladocolea*, con una incidencia importante en zonas urbanas como la Ciudad de México, por ejemplo en la zona de Xochimilco donde el sauce *Salix* spp. es muy afectado.

La Dirección de Reforestación Urbana Parques y Ciclovías (2010) identificó siete especies de muérdago dentro de las áreas verdes urbanas del centro de la Ciudad de México, entre las cuales se encuentran *Cladocolea loniceroides* y *Phoradendron brachystachyum* como las más abundantes. Registró que *C. loniceroides* presenta una

tendencia hacia el suroeste de la ciudad, y que entre los hospederos más frecuentes están árboles de los géneros *Fraxinus* (fresnos), *Populus* (álamos), *Ulmus* (olmos) y *Ligustrum* (truenos).

En las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez, González (2006) realizó un estudio en el cual encontró 63 especies de árboles infestadas por *Strutanthus quercicola*, entre las cuales destacan como los hospederos más frecuentes *Fraxinus uhdei*, *Jacaranda mimosaeifolia* y *Ulmus parvifolia*.

Como se ha mencionado, las áreas verdes urbanas y en especial los bosques urbanos, como es el caso del BT, son espacios de gran importancia para los habitantes de la Ciudad de México. Este bosque presenta zonas de vegetación muy distintas, las cuales se distinguen principalmente por terrenos con vegetación introducida a través de programas de reforestación, y comunidades de vegetación natural de matorral xerófilo y de bosque de encino (SMA, 2010). En varias de estas áreas, recientemente se detectó la presencia de muérdago (R. Pompa, com. pers.), aunque no se tienen registros de su incidencia ni de las especies parasitadas.

1.5. Justificación

Dado que el BT es un área natural protegida que brinda importantes servicios ecosistémicos a la Ciudad de México y debido a la reciente detección de muérdago parasitando el arbolado dentro del Bosque de Tlalpan, es necesario diagnosticar los niveles de infestación, así como detectar las especies de árboles susceptibles, para implementar un plan de manejo y control de éstas plantas parásitas.

1.6. Objetivos e hipótesis

El objetivo general de este trabajo es diagnosticar la relación entre los muérdagos y sus árboles hospederos dentro del Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan (BT), Tlalpan, D.F. Los objetivos particulares, derivados del anterior, son los siguientes: (a) conocer cuántas y cuáles especies de muérdago parasitan al arbolado del BT, (b) conocer la incidencia (porcentaje de árboles infectados) y severidad (número de muérdagos por árbol) de la infestación por muérdago, (c) determinar el tamaño de hospedero que presenta mayor susceptibilidad a la infestación, y (e) conocer las preferencias de hospedero para cada especie de muérdago.

Debido a que los muérdagos tienden a encontrarse con mayor frecuencia en los árboles de tallas mayores (Aukema, 2003), se espera que los hospederos de mayor tamaño sean los que presenten una mayor incidencia y severidad de muérdago, y que sean los más susceptibles a la infestación. Además, ya que los muérdagos tienen un patrón de distribución agregada por su tipo de dispersión, se espera que se observen más frecuentemente árboles con una severidad de infestación baja y que sean pocos los hospederos que presenten una severidad alta.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Sitio de estudio

El sitio donde se realizó el estudio es el Área Natural Protegida “Bosque de Tlalpan” (BT). Se localiza en la Delegación Tlalpan, colinda al norte con la avenida Camino a Santa Teresa, la unidad habitacional Villa Olímpica, la colonia Miguel Hidalgo y el fraccionamiento Jardines de la Montaña; al sur con la colonia Ampliación Miguel Hidalgo; al este con las colonias Miguel Hidalgo y la Fama; y al oeste con las colonias Lomas de Padierna, Ejidos de Padierna y el parque recreativo SixFlags (GODF, 2011). Tiene una extensión de 252.9 ha; se ubica en la zona sur del Pedregal de San Ángel y forma parte de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y de la Subprovincia Lagos (Rzedowski, 1983).

La GODF (2011) describe en detalle los rasgos del BT, según se expone a continuación.

Su intervalo altitudinal va desde los 2310 hasta los 2488 m; presenta una temperatura media anual entre 15.0 y 15.4 °C y una precipitación total anual de 850 a 911 mm. Tiene una estacionalidad bien marcada, donde su temporada de lluvias va de mediados de mayo hasta octubre y presenta un clima templado húmedo intermedio. La mayor parte de los suelos del BT corresponden a los del tipo Litosol como unidad edáfica primaria; en general, en todos los suelos del área la textura más frecuente es media o limosa.

Para los fines de manejo del BT, se logran reconocer tres tipos de vegetación de acuerdo a su fisionomía, composición florística y origen: matorral xerófilo, bosque de encino y bosque cultivado, los cuales se describen a continuación.

El matorral xerófilo tuvo su origen en el derrame del Xitle, por lo que forma parte del ecosistema del Pedregal de San Ángel; en temporada de secas predomina un matorral abierto y durante la temporada de lluvias, debido a que el estrato arbóreo recupera su follaje, el dosel es notoriamente más cerrado. Entre las especies predominantes del matorral xerófilo se encuentran *Senecio praecox*, *Agave* spp., *Sedum oxypetalum* y *Echeveria gibbiflora*.

El bosque cultivado es una zona del BT en la cual se llevó a cabo reforestación por lo que las especies presentes son introducidas al sitio. Carece generalmente de estratos arbustivos, observándose frecuentemente una cubierta de pasto *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), generando una exposición a la erosión hídrica. Entre las especies cultivadas están *Eucalyptus* spp., *Pinus* spp., *Cupressus* spp., *Ligustrum lucidum*, *Fraxinus uhdei* y *Acacia longifolia*.

La zona de encinar está distribuida hacia el oeste del bosque, se caracteriza por tener una comunidad vegetal de árboles entre tres y doce metros de altura asociada con el tepozán y en ocasiones con madroño. En el bosque de encino se encuentran las especies *Quercus rugosa*, *Q. laurina*, *Q. mexicana* y *Q. crassipes*.

2.2. Métodos

Se llevó a cabo un recorrido por el BT con el personal de la administración y se localizaron las zonas con presencia de muérdago. Se colectaron ejemplares de las distintas especies de muérdago encontradas y se identificaron a nivel de especie.

Con ayuda del programa Arcview GIS 3.2, se seleccionaron 20 parcelas de 30 × 30 m al azar en las zonas previamente mencionadas, donde se tomaron distintas mediciones, de abril a octubre de 2012, que se describen a continuación.

2.2.1 Intensidad de la infestación. Para estimar la intensidad de la infección, se tomaron en cuenta dos variables, la incidencia y la severidad. La **incidencia** se obtuvo a partir del porcentaje de individuos infestados (para cada especie de hospedero), por cada especie de muérdago. Para obtener la **severidad**, se cuantificó el número de muérdagos sobre cada hospedero; a su vez, se le asignó una categoría de tamaño a cada muérdago (Tabla 1), según el número de ramas que presentaban y una categoría de severidad a cada árbol, de acuerdo a la proporción de ramas infestadas en el hospedero (Tabla 2). La categoría de tamaño fue asignada ya que no fue posible estimar el volumen de los muérdagos individuales sin un alto error de paralaje. Para obtener la **severidad promedio** por parcela, se dividió el número total de muérdagos entre el número de hospederos totales (infestados + no infestados) de la parcela. También se contó el número de árboles de especies no hospederas dentro de cada parcela, para identificar las especies potencialmente no susceptibles.

Tabla 1. Categorías de tamaño de los individuos muérdago.

Categoría de tamaño	Característica
1	Sólo una rama
2	Entre 2 y 4 ramas
3	Entre 5 y 10 ramas
4	Entre 11 y 15 ramas
5	Más de 15 ramas

Tabla 2. Categorías de infestación de los muérdagos presentes en cada hospedero.

Categoría de infección	Porcentaje de ramas del hospedero infectado
1	1 – 20%
2	21 – 40%
3	41 – 60%
4	61 – 80%
5	81 – 100%

2.2.2. *Tamaño del hospedero más susceptible.* Para conocer el tamaño del hospedero más susceptible a la infestación por muérdago, se obtuvo para cada árbol el diámetro a la altura del pecho (DAP; a 1.30 m), la altura total y la longitud de la copa, que va desde el punto en que el tronco comienza a ramificar hasta la punta del árbol (Figura 1), cabe mencionar que sólo se tomaron medidas de los árboles con DAP mayor a 5cm. Éstas dos últimas variables se obtuvieron calculando el ángulo (α) del suelo a la punta del árbol con ayuda de un clisímetro, y la distancia del observador al árbol (d); se estimó la altura (h) con la fórmula $h = d \times \tan \alpha$. También se obtuvo la cobertura de la copa, midiendo el diámetro más largo y el perpendicular. Se obtuvieron categorías de tamaño de altura, determinando el número de categorías a través de la regla de Sturges, $c=1+3.322 \log N$, donde N es el número de árboles.

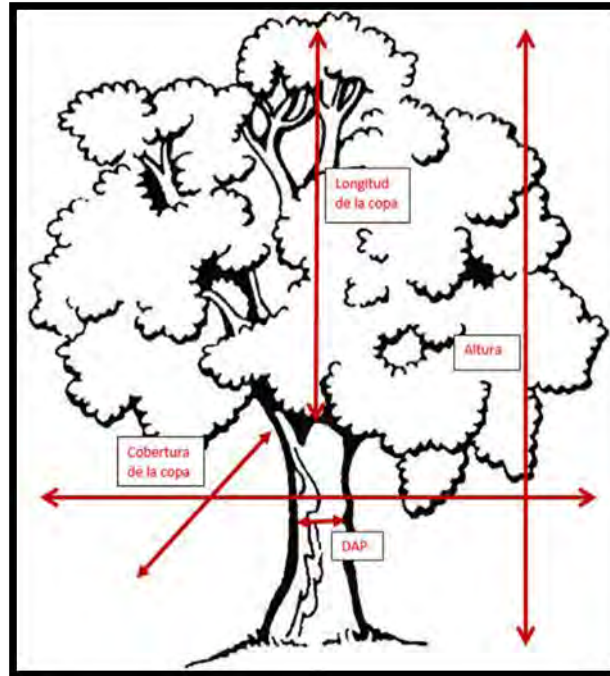


Figura 1. Variables que fueron medidas en los hospederos.

2.2.3. Preferencia de hospedero. Se identificaron todas las posibles especies de hospederos para cada especie de muérdago, así como las especies no susceptibles al parasitismo por muérdago.

2.2.4. Análisis estadístico. Para conocer los factores que influyen sobre la incidencia (porcentaje de árboles infestados por parcela), se realizó un modelo lineal generalizado (por especie de muérdago), con distribución de error de tipo binomial y función de enlace logit, donde se tomaron como factores el número de hospederos disponibles y el número de árboles no hospederos por parcela, la altura, el DAP, la cobertura y la longitud de la copa. Para los últimos cuatro factores se utilizó el promedio por parcela. También se realizó un modelo lineal generalizado, con distribución de error de tipo Poisson y función de enlace log, para la severidad

(número de muérdagos por árbol) con los mismos factores mencionados anteriormente. Estos análisis se realizaron con los datos de todos los árboles, ya que se consideró que agruparlos haría que el número de datos disminuyera la variación de los mismos. Se corroboró que no hubiera correlación entre las variables predictoras por medio de una correlación de Spearman y, en caso de que existiera correlaciones significativas, se utilizó el método de eliminación por pasos para escoger el mejor modelo (Zar, 2010).

Para conocer el tamaño de hospedero más susceptible, se realizaron pruebas de χ^2 de independencia, tanto para el total de árboles como por especie de hospedero, de: a) las categorías de tamaño de altura del hospedero contra árboles infestados y no infestados (tabla de 9×2); b) categoría de tamaño de altura del hospedero contra la categoría de tamaño del muérdago, incluyendo los árboles no infestados (tabla de 9×6); y c) categoría de tamaño de altura del hospedero contra el número de muérdagos (tabla de 9×4).

Se determinó la preferencia de las especies de hospedero con pruebas de χ^2 de independencia de: a) la categoría de infestación contra las especies de hospedero (tabla de 3×7); b) el número de muérdagos contra las especies de hospedero (tabla de 4×7) y c) la categoría de tamaño del muérdago contra las especies de hospedero (tabla de 5×7). En caso de resultar significativas las pruebas de χ^2 , se realizaron pruebas *post-hoc* de residuos estandarizados de Haberman.

III. RESULTADOS

3.1. Identificación de áreas con presencia de muérdagos

Se encontró que el muérdago está presente en la zona de vegetación cultivada y la zona limítrofe con el bosque de encino, pero que no se distribuye dentro de las zonas de matorral xerófilo (Figura 2).

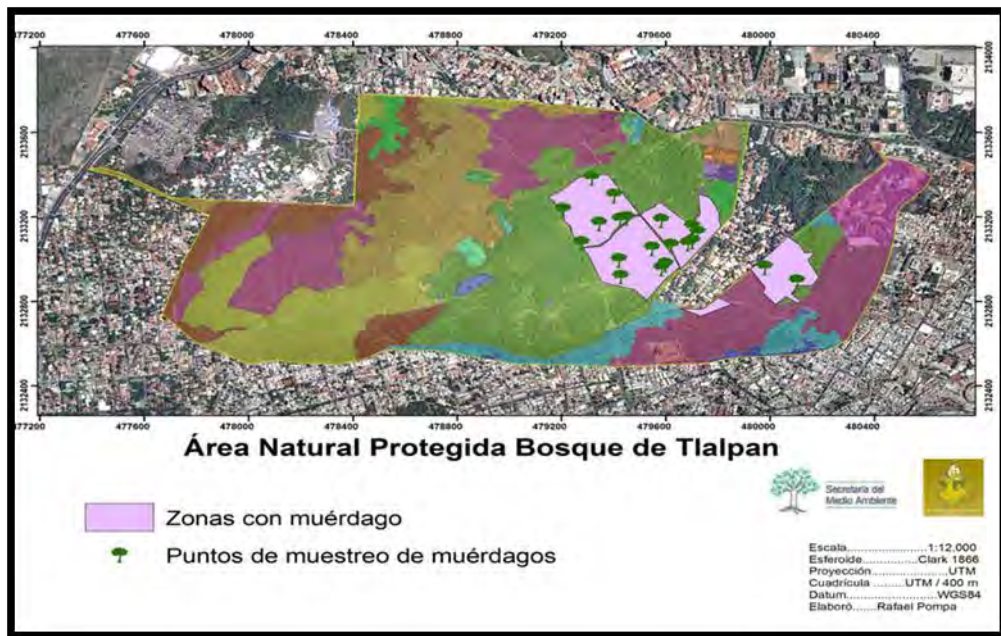


Figura 2. Zonas del BT de vegetación cultivada con muérdago.

Se encontraron dos especies de muérdago parasitando a los árboles del BT: *Cladocolea loniceroides* (Figura 3) y *Phoradendron brachystachyum* (Figura 4). *Cladocolea loniceroides* se encuentra presente en 17 de las 20 parcelas muestreadas, coexistiendo con *P. brachystachyum* sólo en una parcela. Por su parte, *P. brachystachyum*

sólo estuvo presente en cuatro parcelas. A continuación se describen las características biológicas de las especies.

Cladocolea loniceroides (van Tieghem) Kuijt (Loranthaceae), de acuerdo con Calderón de Rzedowski (2001), es un arbusto dioico con pubescencia velutina, erecto de 30 cm a 1 m de alto; hojas alternas u opuestas, subsésiles, ovadas a lanceoladas o elípticas, de 2 a 5 cm de largo y de 0.5 a 2.5 cm de ancho, ápice agudo a acuminado; inflorescencias axilares de 3 a 10 flores, dispuestos sobre pedúnculos de 0.3 a 2 cm de largo; flores masculinas de 6 a 10 por inflorescencia blanco-amarillentas, tépalos oblongo-lanceolados, de 3 a 3.5 mm de largo, gineceo rudimentario; flores femeninas con cálculo de poco menos de 1mm de largo, tépalos lineares, de 2 a 3.5 mm de largo; fruto rojo oscuro, elipsoide, de 6 a 8 mm de largo. Los muérdagos del género *Cladocolea* se distribuyen principalmente en Centro y Sudamérica. En México se encuentran 25 especies distribuidas principalmente en la Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos y Oaxaca.



Figura 3. *Cladocolea loniceroides*. Tomado de CONABIO.

Phoradendron brachystachyum Nutt (Viscaceae), de acuerdo también con Calderón de Rzedowski (2001), es un arbusto dioico, de 20 a 40 cm de alto, más o menos amarillento, poco pubescente o casi glabro; ramas desprovistas de catafilos; peciolo cortos, hojas de forma variable, pero frecuentemente oblongo-oblancoadas u oblongo-lanceoladas, de 1.5 a 5 cm de largo por un centímetro de ancho; inflorescencias casi siempre solitarias en las axilas, cortas, algo pubescentes, las masculinas tienen de 10 a 40 flores, las femeninas de 6 a 15 flores cada una; fruto blanco de unos 4 mm de diámetro. Parasita principalmente leguminosas; se ha observado también en *Prunus*, *Tecoma* y *Casimiroa*. El género cuenta con más de 200 especies; su distribución en México va de Sonora y Tamaulipas a Oaxaca; en el Distrito Federal se ha registrado en Xochimilco y Milpa Alta.



Figura 4. *Phoradendron brachystachyum*. Tomado de CONABIO.

3.2. Especies de hospederos

Se midieron en total 448 individuos, de ocho especies de hospederos; de estas especies todas fueron susceptibles a la infestación de *C. loniceroides* y sólo una especie fué susceptible a la infestación de *P. brachystachyum* (Tabla 3). También se reportan a las especies no susceptibles; es decir, las que no presentaron ningún árbol infestado dentro de las parcelas (Tabla 4).

Tabla 3. Especies de hospederos susceptibles a cada especie de muérdago. La nomenclatura de las familias está basada en Rzedowski y Calderón de Rzedowski (2001).

Especie de muérdago	Hospedero Especie	Familia	Estado
<i>Cladocolea loniceroides</i>	<i>Fraxinus uhdei</i>	Oleaceae	Introducida
	<i>Ulmus parvifolia</i>	Ulmaceae	Introducida
	<i>Buddleia cordata</i>	Loganiaceae	Nativa
	<i>Acacia melanoxylon</i>	Fabaceae	Introducida
	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	Introducida
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	Nativa
	<i>Quercus rugosa</i>	Fagaceae	Nativa
	<i>Quercus laeta</i>	Fagaceae	Nativa
<i>Phoradendron brachystachyum</i>	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	Nativa

Tabla 4. Especies no susceptibles a cada especie de muérdago. La nomenclatura de las familias está basada en Rzedowski y Calderón de Rzedowski (2001).

Especie	Familia	Estado
<i>Cupressus lusitanica</i>	Cupressaceae	Introducida
<i>Pinus patula</i>	Pinaceae	Introducida
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae	Introducida
<i>Ligustrum lucidum</i>	Oleaceae	Introducida
<i>Prunus sp.</i>	Rosaceae	Introducida
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarinaceae	Introducida

De las ocho especies de hospederos susceptibles, *F. uhdei* y *Q. rugosa* presentaron el mayor número de individuos del total de árboles (Figura 5a), además de ser los más representativos por parcela (Figura 5b).

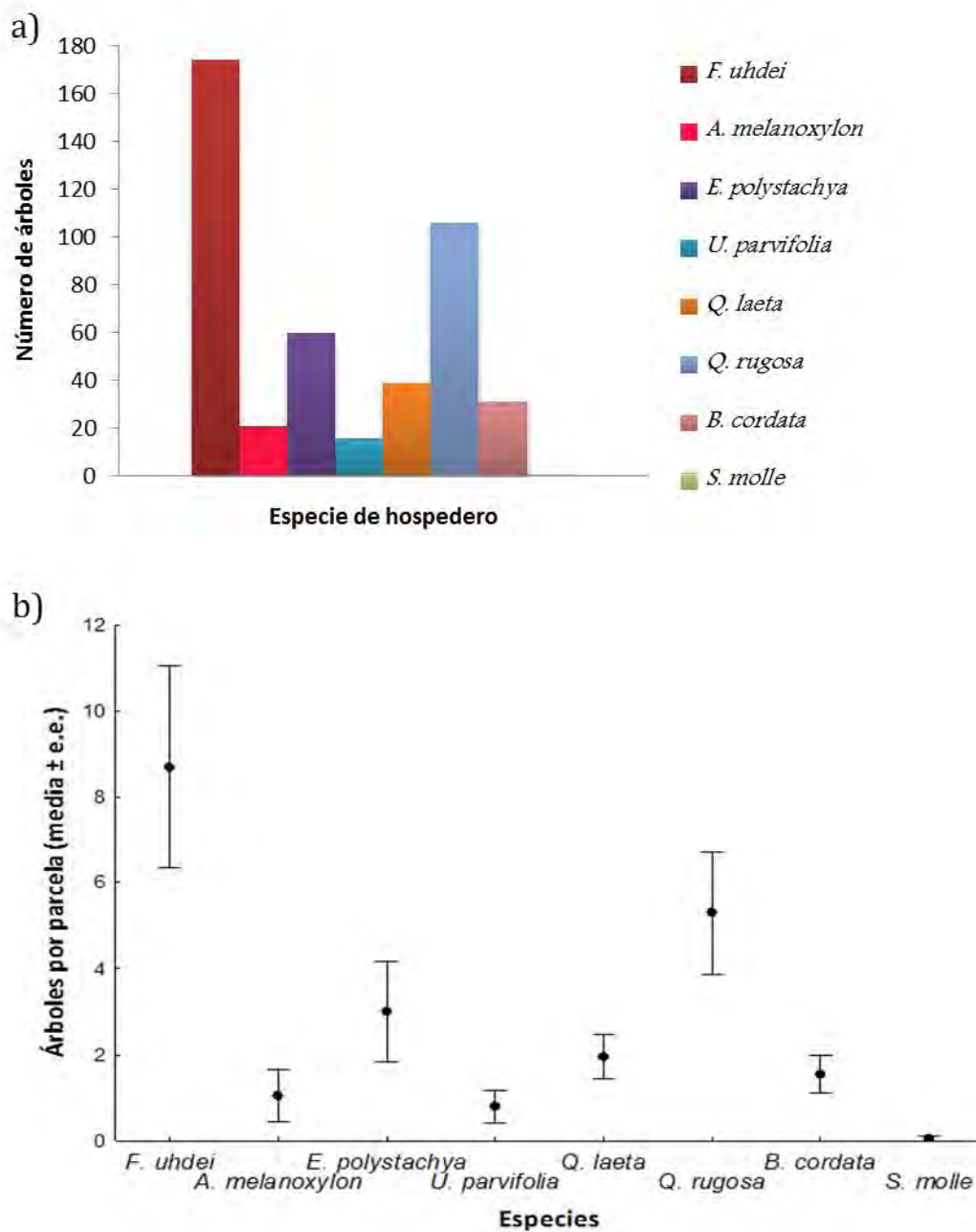


Figura 5. a) Número de individuos por especie de hospedero y b) promedio de individuos por especie por parcela.

En la zona de bosque cultivado, la mayoría de los hospederos son especies introducidas, excepto *Buddleia cordata*, las dos especies de *Quercus* y *E. polystachya*. A pesar de que en la zona de encinar la especie dominante es *Quercus rugosa*, no se encontró presencia de muérdago dentro de esta zona.

3.3. Intensidad de la infestación

Se observó que *C. loniceroides* presenta una mayor incidencia con respecto a *P. brachystachyum* (Tabla 5), ya que infesta hasta un 86% de los árboles dentro de las parcelas; mientras que *P. brachystachyum* tiene un máximo de 43% de incidencia dentro de una parcela. La prevalencia (es decir, la incidencia de todas las parcelas juntas) para *C. loniceroides* es de 31% mientras que para *P. brachystachyum* es de 13%.

En cuanto a la severidad, *C. loniceroides* también presentó un número mayor de muérdagos por árbol por parcela (el promedio más alto fue de 6.60 muérdagos en una parcela; $N=20$), mientras que para *P. brachystachyum* presentó como máximo un promedio de 1.29 muérdagos por árbol.

Para conocer los factores que influyen sobre la incidencia (porcentaje de árboles infestados) de *C. loniceroides*, primero se realizó una correlación de Spearman, donde se encontró que las variables predictoras (árboles no hospederos, altura total, DAP, cobertura de la copa y longitud de la copa) están correlacionadas entre sí a nivel parcela; sólo el número de árboles no hospederos no estuvo correlacionado (Tabla 6). Debido a esto, se realizó una regresión logística (glm; tipo de error binomial, función de ligamiento logit) por el método de eliminación por pasos, donde el modelo que

mejor explicó la variación es el que incluye a la longitud de la copa ($\chi^2=101.779$, g.l.=14, $P<0.001$), mientras que la abundancia de los árboles no hospederos no fue significativa (Tabla 7):

$$\text{Incidencia de } C. \textit{loniceroides} = -1.686 + 0.149 (\text{Longitud de la copa})$$

Es decir, que la longitud de la copa es la variable que mejor determina la proporción de árboles infestados por muérdago.

Tabla 5. Datos de incidencia y severidad de cada muérdago, así como altura, DAP y número de árboles susceptibles y no susceptibles en cada parcela muestreada del Bosque de Tlalpan.

Sitio	Especie de muérdago	Incidencia (%)	Severidad $\pm ee$	Altura $\pm ee$ (m)	DAP $\pm ee$ (cm)	Núm. de árboles susceptibles	Núm. de árboles no susceptibles
1	<i>C. loniceroides</i>	30.56	1.64 \pm 0.31	13.66 \pm 1.67	15.21 \pm 1.99	36	10
2	<i>C. loniceroides</i>	72.73	5.18 \pm 0.59	10.34 \pm 1.58	12.38 \pm 1.45	11	41
3	<i>C. loniceroides</i>	85.71	5.82 \pm 0.35	6.63 \pm 0.51	7.85 \pm 0.99	28	28
4	<i>C. loniceroides</i>	43.75	0.88 \pm 0.47	6.47 \pm 0.90	8.92 \pm 1.14	16	36
5	<i>C. loniceroides</i>	73.33	6.60 \pm 0.49	7.44 \pm 0.71	8.44 \pm 1.50	15	29
6	<i>C. loniceroides</i>	5.88	0.65 \pm 0.46	9.96 \pm 1.38	19.77 \pm 2.41	17	14
7	<i>C. loniceroides</i>	0.00	0.00 \pm 0.52	8.46 \pm 1.24	17.50 \pm 2.12	13	29
8	<i>C. loniceroides</i>	13.04	0.74 \pm 0.39	4.26 \pm 0.44	4.06 \pm 0.59	23	46
9	<i>C. loniceroides</i>	42.50	1.78 \pm 0.29	8.21 \pm 0.73	7.85 \pm 1.14	40	17
10	<i>C. loniceroides</i>	16.95	1.46 \pm 0.24	5.22 \pm 0.39	6.52 \pm 0.68	59	21
11	<i>C. loniceroides</i>	30.43	1.22 \pm 0.39	3.15 \pm 0.23	5.03 \pm 0.56	23	23
	<i>P. brachystachyum</i>	10.53	1.47 \pm 0.39	3.15 \pm 0.25	5.03 \pm 0.63	19	27
12	<i>C. loniceroides</i>	25.00	1.69 \pm 0.47	6.76 \pm 0.80	12.41 \pm 2.37	16	33
13	<i>C. loniceroides</i>	23.26	0.63 \pm 0.28	8.08 \pm 0.53	15.85 \pm 1.24	43	22
14	<i>C. loniceroides</i>	9.38	0.47 \pm 0.33	5.65 \pm 0.64	9.33 \pm 1.45	32	23
15	<i>P. brachystachyum</i>	6.67	0.07 \pm 0.49	4.11 \pm 0.55	5.62 \pm 1.25	15	42
16	<i>C. loniceroides</i>	30.00	0.50 \pm 0.59	5.26 \pm 0.60	4.94 \pm 1.14	10	27
17	<i>C. loniceroides</i>	50.00	1.58 \pm 0.38	5.65 \pm 0.97	9.53 \pm 2.44	24	16
18	<i>P. brachystachyum</i>	6.25	0.06 \pm 0.47	4.95 \pm 0.33	10.63 \pm 0.90	16	9
19	<i>P. brachystachyum</i>	42.86	1.29 \pm 0.71	4.26 \pm 0.44	9.34 \pm 1.22	7	3
20	<i>P. brachystachyum</i>	7.69	0.08 \pm 0.52	4.95 \pm 0.49	10.40 \pm 1.42	13	9

Tabla 6. Correlación de Spearman de las variables predictoras con la incidencia. En la tabla se muestran los coeficientes de correlación, r , donde * indica que $P < 0.05$.

	No hospederos	Altura	DAP	Copa
Altura	0.019			
DAP	-0.338	0.653*		
Cobertura	0.007	0.951*	0.583*	
Longitud de la copa	-0.371	0.548*	0.523*	0.499*

Tabla 7. Modelo lineal generalizado de las variables predictoras de la incidencia.

	B	EE	χ^2	P
Intercepto	-1.690	0.528	10.915	0.001
Longitud de la copa	0.150	0.683	4.790	0.029
No. hospederos	0.004	0.013	0.077	0.781

Los factores que influyen en la severidad (número de muérdagos por árbol) también se encontraron correlacionados entre sí a nivel árbol (Tabla 8), por lo que mediante el método de eliminación por pasos se hizo una regresión tipo Poisson (glm; tipo de error Poisson, función de enlace log), donde el modelo que mejor explica el número de muérdagos por árbol es el que incluye a la longitud de la copa y cuatro especies de hospederos ($\chi^2=2393.170$, g.l.=439, $P < 0.001$; Tabla 9):

$$\text{Severidad de } Cladocolea = -0.64 + 0.79 (\text{altura copa}) + 1.05 (F. uhdei) + 0.70 (Q. rugosa) \\ - 1.12 (E. polystachya) - 0.83 (B. cordata).$$

Tabla 8. Correlación de Spearman de las variables predictoras de la severidad. En la tabla se muestran los coeficientes de correlación, r , donde * indica que $P < 0.05$.

	Altura	DAP	Cobertura
DAP	0.728*		
Cobertura	0.532*	0.692*	
Longitud de la copa	0.844*	0.556*	0.382*

Tabla 9. Modelo lineal generalizado de las variables predictoras de la severidad.

	B	SE	χ^2	P
Intercepto	-0.643	0.092	62.386	<0.0001
Longitud de la copa	0.080	0.006	137.920	<0.0001
<i>F. uhdei</i>	1.049	0.098	146.838	<0.0001
<i>Q. rugosa</i>	0.700	0.109	44.368	<0.0001
<i>E. polystachya</i>	-1.117	0.250	27.640	<0.0001
<i>B. cordata</i>	-0.834	0.281	11.646	0.0006

Para *P. brachystachyum* no se realizaron modelos lineales generalizados ya que sólo se encontró presente en ocho individuos de sólo cuatro parcelas; además de que se encuentra parasitando sólo a una especie de hospedero (*Eysenhardtia polystachya*).

3.4. Preferencia de hospedero

Los árboles infestados y no infestados presentan promedios de altura similares, excepto por dos parcelas (parcelas 1 y 6; Figura 6). Las probabilidades de infestación de *C. Ioniceroides* dependen del tamaño del árbol ($\chi^2=40.74$, g.l.=8, $P < 0.001$; Figura 7), siendo las categorías de menor altura las que presentan un número mayor de árboles infestados a los que se esperan.

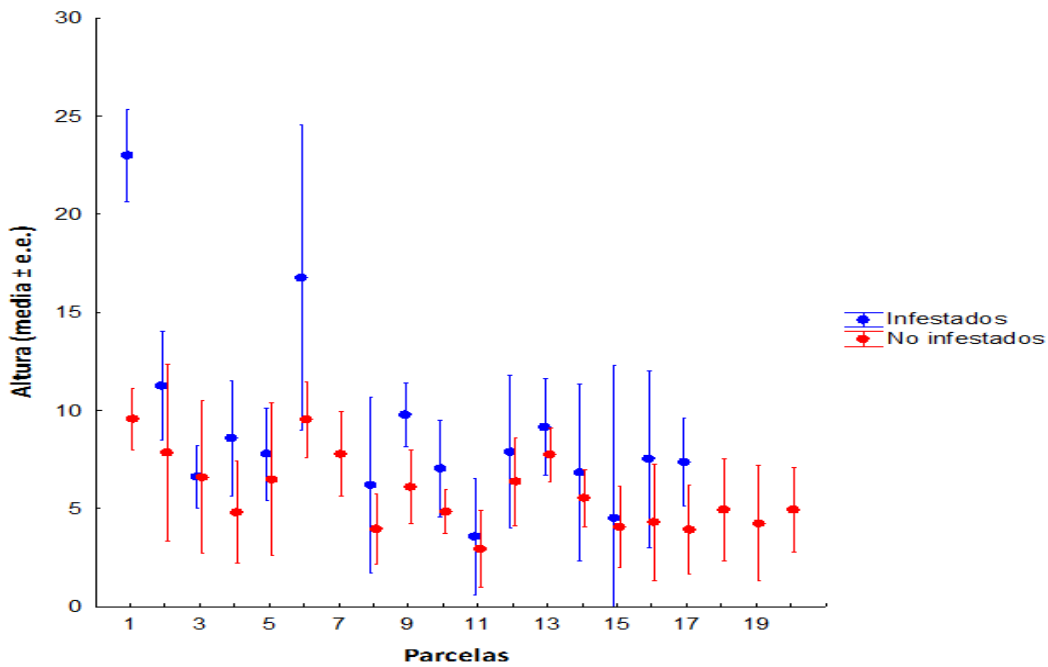


Figura 6. Altura promedio de árboles infestados y no infestados en cada una de las parcelas de estudio ($N=20$).

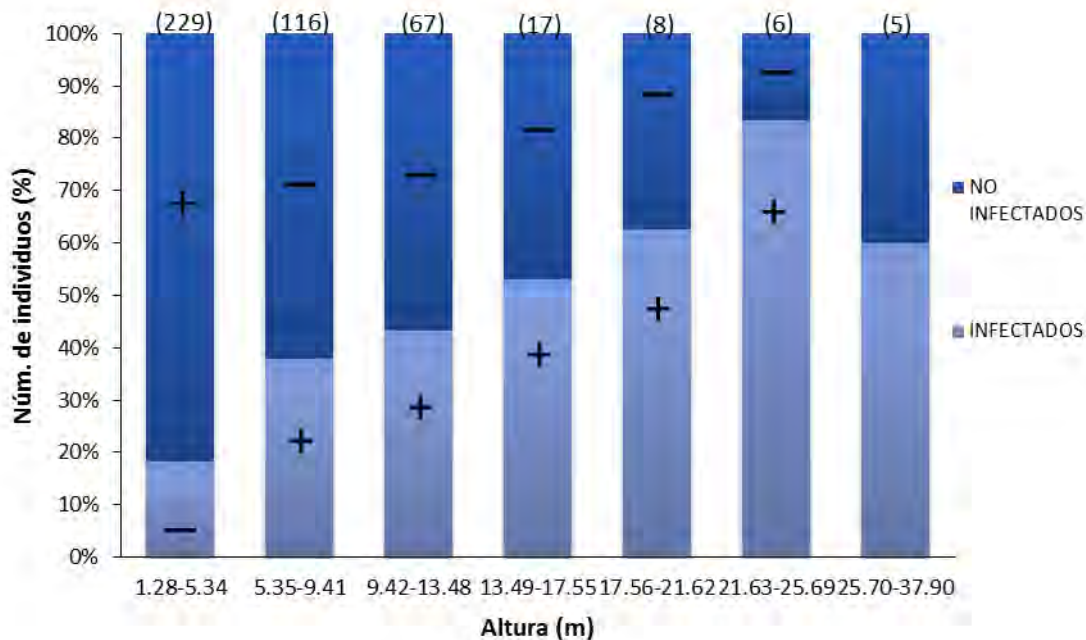


Figura 7. Número de árboles infestados y no infestados para cada categoría de altura. El signo + dentro de una columna indica que hay una frecuencia significativamente mayor a las esperadas, mientras que el signo - indica una frecuencia significativamente menor a la esperada con $P < 0.05$. Las últimas tres categorías se agregaron en una sola.

Asimismo, el número de muérdagos por árbol depende de las alturas del mismo ($\chi^2=64.78$, g.l.=18, $P<0.001$; Figura 8). Se notó que los muérdagos se concentran en las categorías más pequeñas de alturas; además, el número promedio de muérdagos por parcela es muy similar, aunque es más grande en las parcelas dos, tres y cinco (Figura 9).

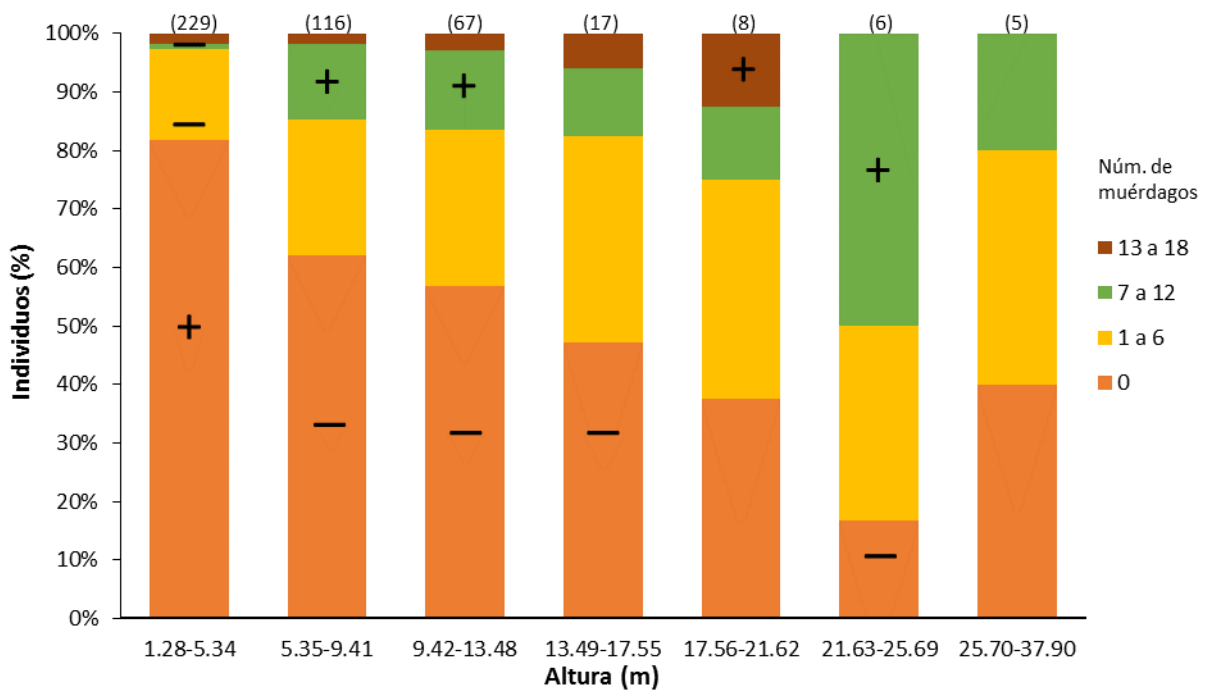


Figura 8. Número de muérdagos por cada categoría de altura. El signo + indica frecuencia significativamente mayor a la esperada, mientras que el signo - indica una frecuencia significativamente menor a la esperada con $P<0.05$.

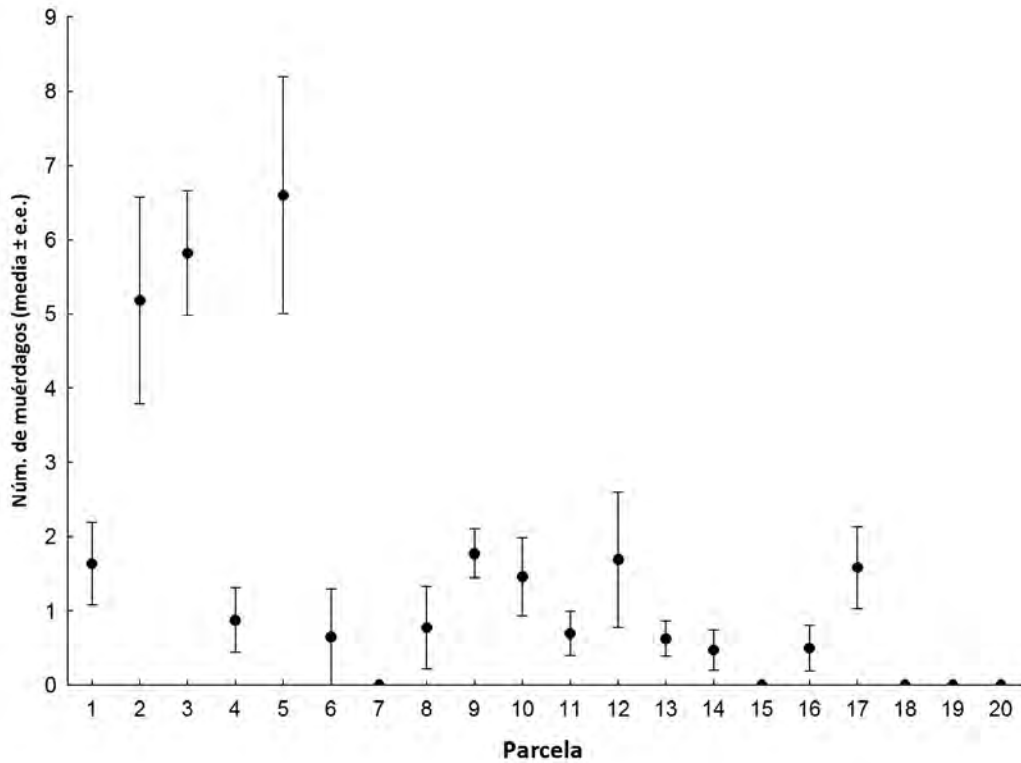


Figura 9. Número de muérdagos promedio por cada parcela de estudio ($N=20$).

El tamaño de los muérdagos por árbol también depende de la altura del hospedero ($\chi^2=197.339$, g.l.=32, $P<0.001$; Figura 10), donde todas las categorías de tamaño se concentran en los hospederos de no más de 19 m. En las parcelas, se muestra un promedio de tamaño similar y parece no haber diferencias en cuanto a éstas categorías (Figura 11).

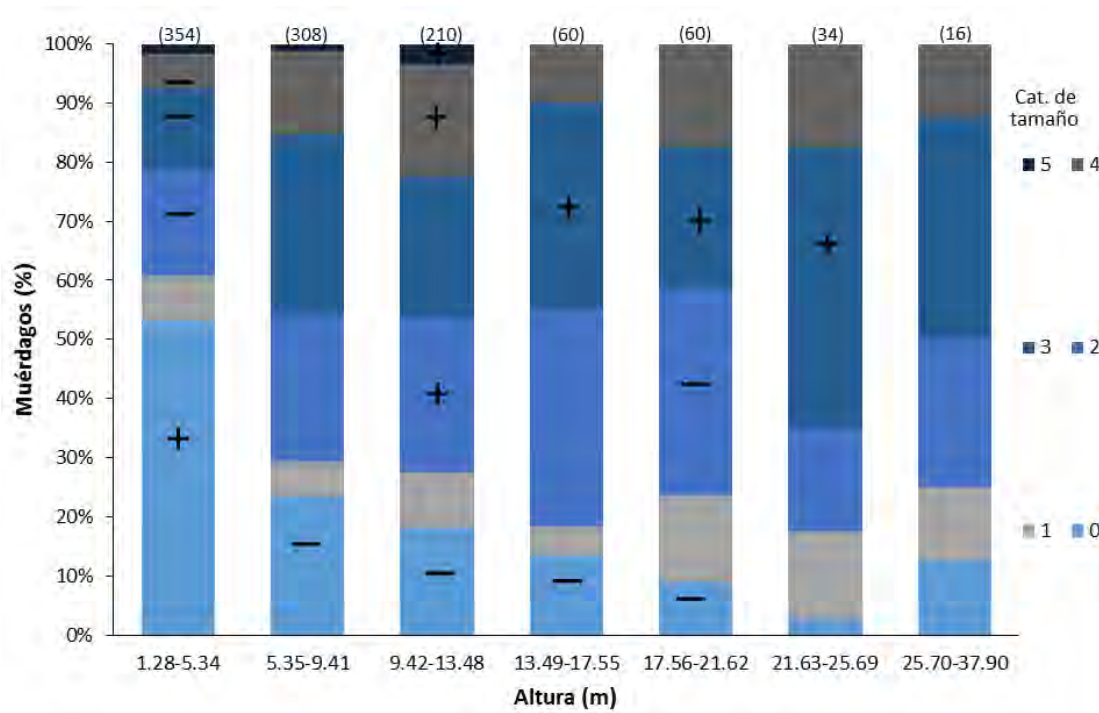


Figura 10. Tamaño de muérdago por cada categoría de altura. El signo + indica que hay una frecuencia significativamente mayor a la esperada, mientras que el signo - indica una frecuencia significativamente menor a la esperada con $P < 0.05$.

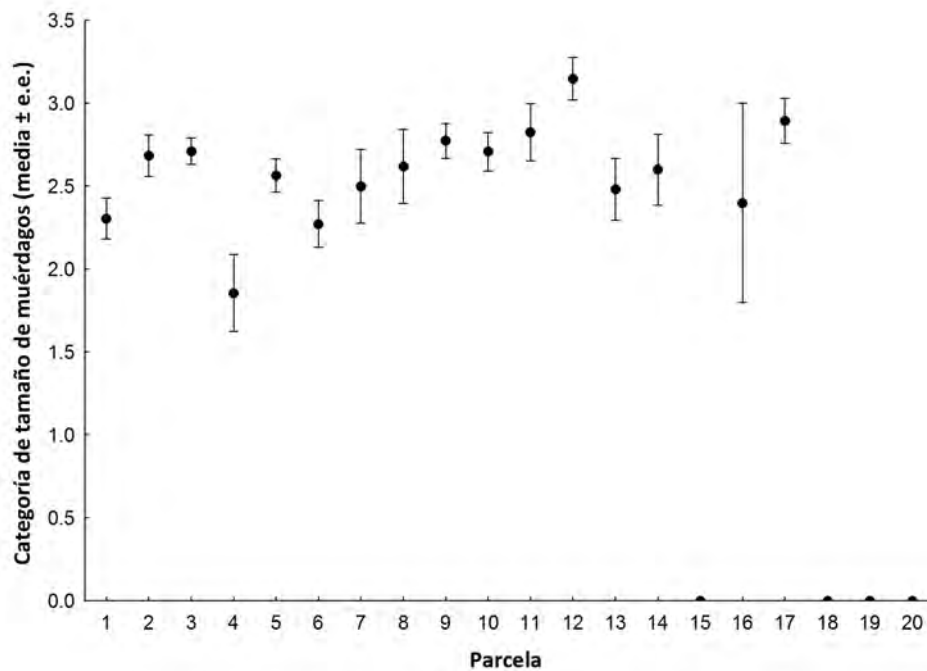


Figura 11. Tamaño (en categoría) promedio de muérdago por cada parcela de estudio ($N=20$).

En cuanto a la preferencia de especie de hospedero, se encontró que el número de muérdagos por árbol depende de la especie de hospedero parasitada ($\chi^2=57.54$, g.l.=21, $P>0.05$; Figura 12), presentándose un mayor número de muérdagos en el fresno *Fraxinus uhdei* (fresno) y en el encino *Quercus rugosa*. Cabe destacar que la especie *Schinus molle* no se incluyó en los análisis estadísticos ya que sólo se presentó un individuo hospedero.

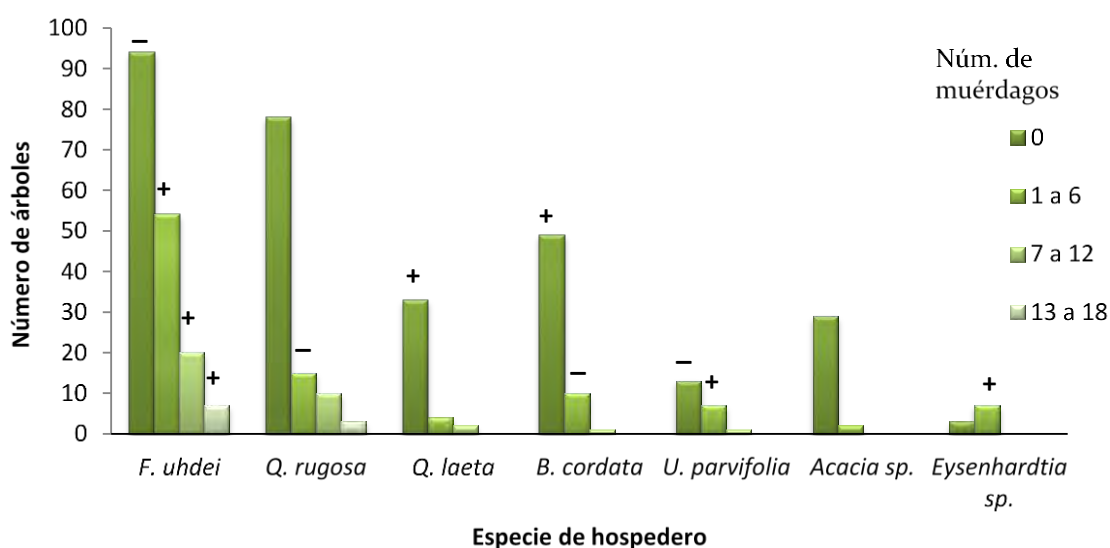


Figura 12. Número de muérdagos por árbol por especie de hospedero. El signo + indica que hay una frecuencia significativamente mayor a la esperada, mientras que el signo - indica una frecuencia significativamente menor a la esperada con $P<0.05$.

La categoría de infestación depende de la especie parasitada ($\chi^2=26.23$, g.l.=12, $P<0.05$; Figura 13). Debido a que no se encontraron las categorías de infestación 4 y 5 (60-80 y 80-100% de infestación, respectivamente), se agruparon las observaciones sólo en las primeras tres de las cinco categorías originales. Se notó que *F. uhdei* y *Q.*

rugosa tienen una mayor frecuencia de individuos en las tres categorías de infección con respecto a las otras especies.

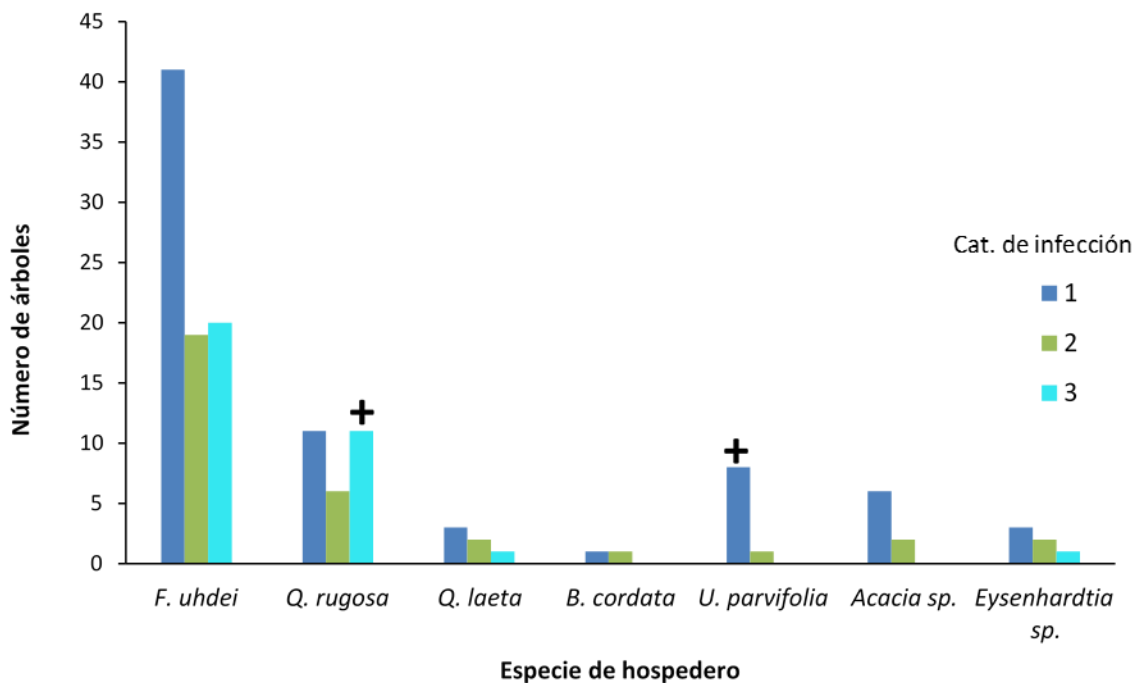


Figura 13. Número de muérdagos por árbol de cada categoría de infestación por especie de hospedero. El signo + indica que hay una frecuencia significativamente mayor a la esperada, mientras que el signo - indica una frecuencia significativamente menor a la esperada con $P < 0.05$.

La categoría de tamaño de muérdago no depende de la especie de hospedero ($\chi^2 = 25.60$, g.l. = 24, $P > 0.05$; Figura 14). Sin embargo, se notó que *F. uhdei* y *Q. rugosa* presentan todas las categorías de tamaño.

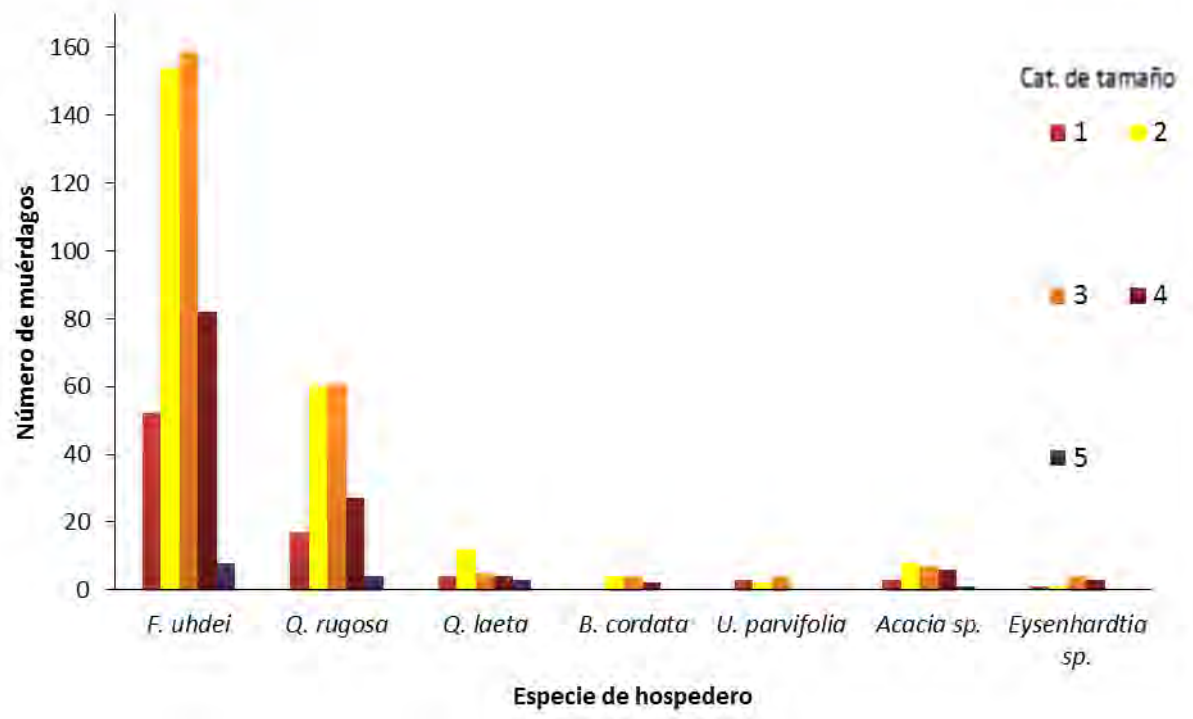


Figura 14. Número de muérdagos de cada categoría de tamaño, por árbol por especie de hospedero.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Las especies de muérdago *Cladocolea loniceroides* y *Phoradendron brachystachyum* parasitan el arbolado del BT y muestran una preferencia según el tamaño y la especie de hospedero que afectan. *Cladocolea loniceroides* fue la especie de muérdago que presentó la distribución más general, ya que se encontró en 17 de las 20 parcelas muestreadas; mientras que *P. brachystachyum* se encontró en sólo cuatro parcelas. Estos muérdagos coexistieron sólo en una parcela.

Ambas especies presentes en la zona con vegetación cultivada y en zonas de vegetación cultivada con relictos de matorral y vegetación secundaria; sin embargo, *C. loniceroides* estuvo mayormente en zonas donde hay disturbio (obs. pers.). Los resultados apoyan lo dicho por Rzedowski (1978) y Olivia (1983), que mencionan que los muérdagos se ven beneficiados por la presencia de disturbios; además de que existen estudios que indican que la abundancia de los muérdagos se incrementa cuando el disturbio es más intenso (Burgess *et al.*, 2006; Kelly *et al.*, 2008; Bowen *et al.*, 2009; Norton y Atkins, 1995).

La fragmentación del hábitat favorece la reproducción de los muérdagos de forma indirecta, dado que los bordes de los bosques presentan tasas de visita de aves más altas que en el interior de los fragmentos, ocasionando que haya una mayor dispersión de semillas del muérdago (Burgess *et al.*, 2006).

Dentro de la problemática que se ha reportado en el BT se encuentran los siguientes disturbios: apertura de senderos clandestinos, extracción de flora y fauna, plantación de especies exóticas en encinares y matorrales, introducción de fauna doméstica y presencia de fauna nociva, deterioro de suelos y flujo de agua pluvial

descontrolado, incendios forestales provocados accidental o intencionalmente por los visitantes (SMA, 2010). Aunque no se tiene una medida del impacto de estos disturbios sobre la comunidad vegetal del BT y las plantas parásitas que ahí habitan, es posible pensar que la incidencia y la severidad de la infestación esté correlacionada indirectamente con estos factores ya que, de acuerdo a la literatura, favorece la reproducción (Burgess *et al.*, 2006), tal como se explicó anteriormente y, además, perjudica el desempeño de los hospederos (Mathiasen *et al.*, 2008).

La gran cantidad de visitantes hacen del BT una zona altamente expuesta a los disturbios antropogénicos. Esto puede influir en la cantidad de muérdago observada debido al efecto perjudicial que este disturbio tiene sobre las poblaciones de hospederos, además de que las poblaciones de aves y mamíferos, que son los principales dispersores de este muérdago, se establecen en estas zonas ya que son alimentadas por los visitantes (obs. pers.) favoreciendo a su vez la dispersión de muérdago en esta misma zona.

Las dos especies de muérdago encontradas en el BT son nativas de México; sin embargo, de acuerdo con Calderón de Rzedowski (2001), *C. loniceroides* fue introducida en el Valle de México muy probablemente en plantas de vivero desarrolladas fuera de esta zona. Los primeros registros de este muérdago en la Ciudad de México fueron realizados por Rzedowski en 1976. *Phoradendron brachystachyum*, por su parte, ha sido reportado en numerosas ocasiones en el Valle de México, principalmente en zona de matorral (Castillo *et al.*, 2007). Se sabe que *P. brachystachyum* es común en hospederos de diferentes especies típicas de matorrales xerófilos, así como de algunos encinares y de bosques tropicales caducifolios y sobre

todo de la vegetación secundaria correspondiente (Rzedowski *et al.*, 2011). Suele tener infestaciones muy abundantes en leguminosas (Cibrián *et al.*, 2007), lo cual podría explicar su presencia en las zonas de relictos de matorral y que su único hospedero fuera la leguminosa *Eysenhardtia polystachya*, el cual tiene una gran capacidad para crecer en terrenos degradados (CONABIO, 2012).

Se notó una mayor especificidad de hospedero por parte de *P. brachystachyum*, en el BT, mientras que *C. loniceroides* resultó más generalista. Se conoce que la especificidad de los muérdagos hacia los hospederos responde tanto a condiciones fisiológicas y químicas de los hospederos (Aukema, 2003), como a la abundancia (por lo tanto, disponibilidad) de éstos (Norton y Carpenter, 1998). Los resultados muestran que *C. loniceroides* tiene como hospederos principales al fresno y a *Quercus rugosa*, que son las especies que presentan el mayor número de muérdagos por árbol y todas las categorías de infestación. Esto se debe a que son las especies más abundantes dentro del bosque cultivado y, por lo tanto, son capaces de mantener a la población de muérdagos. Se ha visto que el patrón de distribución más común en los muérdagos es agregado, donde son muy frecuentes en una o pocas especies muy abundantes dentro de su zona de distribución, y que un cierto número de otras especies son infestadas con menor frecuencia (Norton y Carpenter, 1998; Aukema, 2003). Esto último ocurre ya que las especies menos comunes no son capaces de mantener por sí solas a la población de muérdagos (Norton y Carpenter, 1998).

Además, la infestación por *C. loniceroides* no sólo depende de la especie de hospedero, sino también de la longitud de la copa de éstos. *Fraxinus uhdei* y *Q. rugosa* son los árboles de mayor porte dentro de la zona, con una copa amplia, y presentan

una gran abundancia de individuos en todas las categorías de altura, lo que explica también una mayor infestación en estas dos especies. La mayor incidencia y severidad se presentó en árboles con altura menor a 13.5 m; los muérdagos más grandes se encontraron dentro de este mismo intervalo de altura siendo la categoría dos (2-4 ramas) y tres (5-10 ramas) la más abundante.

Martínez del Río *et al.* (1996) y Aukema (2003) discuten que los principales factores que influyen en los niveles de infestación son la altura, la arquitectura del hospedero y una infestación previa del mismo. Ellos encontraron que el hospedero más alto y el que tiene una mayor carga de parásitos es el que recibe la mayor cantidad de semillas, ya que la respuesta de las aves ante los individuos ya parasitados lleva a una retroalimentación positiva en la infección, la cual podría llevar a una agregación espacial del parasitismo y una autocorrelación en la prevalencia. Las aves pueden ser atraídas por árboles de gran porte así como por el mismo muérdago, dado que las aves dispersoras del muérdago usan a los hospederos infestados como señal para perchar en ellos (Larson, 1996; Van Ommeren y Whitham, 2002), ya que tienen mayor disponibilidad de recursos. En el caso del BT, fue el fresno el que presentó una mayor altura e inclusive una preferencia por el muérdago sugiriendo que los sitios que tienen fresno como especie más abundante actualmente podrían causar una reinfestación lo que daría lugar a una fuerte agregación y a la formación de metapoblaciones (Overton, 1994; Aukema, 2003), es decir, se sugiere que la infestación en las zonas de bosque cultivado dentro del BT difícilmente se extenderá a otras zonas.

De acuerdo con la DRUPC (2010), las aves que dispersan los frutos de *C. loniceroides* son *Passer domesticus* (gorrión común), *Turdus migratorius* (zorzal), *Turdus rufopalliatus* (mirlo), *Psaltriparus minimus* (sastrecillo), *Contopus pertinax* (pibí tengofrío), *Seiurus noveboracensis* (chipe charquero) y *Sciurus vulgaris* (ardilla común). Estas especies son residentes del BT (GODF, 2006), excepto el chipe charquero que es una especie de ave migratoria; sin embargo, no se conoce sobre qué árboles perchan o anidan estas aves.

4.1. Consideraciones para el manejo

Se encontró que de los 448 árboles hospederos disponibles para *C. loniceroides*, 139 estaban infestados (31%). De acuerdo con Áreas Sevilla *et al.* (2008), este porcentaje ya es considerado como una infestación alta. Por su parte, de los 60 posibles hospederos de *P. brachystachyum*, ocho están infectados (13%), por lo que puede considerarse como una infestación leve. No se observó mortalidad ocasionada por los muérdagos.

Debido a lo anterior y a que *P. brachystachyum* es una especie nativa de la zona y que *C. loniceroides* no lo es, se considera que sólo ésta última requiere atención dentro del plan de manejo del BT. Con base en los resultados, se propone poner atención especial en los hospederos menores a 19 m de altura, debido a que se encuentran mayormente afectados por éste muérdago.

Dado que *C. loniceroides* se localizó en las zonas de bosque cultivado y no en conservadas, se recomienda que el manejo en estas áreas no sea erradicar por completo la infestación ya que se pierde un recurso valioso para sus dispersores;

además de que el aclareo puede estimular el rebrote de la infestación debido al aumento de la incidencia de luz (Bickford *et al.*, 2005). Lo que se sugiere es disminuir la abundancia de los hospederos preferidos (*F. uhdei* y *Q. rugosa*) y hacer más equitativa la abundancia de otras especies (no hospederas y preferentemente nativas) para evitar que la infestación se concentre e incremente (Cibrián, 2007; Shaw *et al.*, 2009).

También se sugiere hacer podas de ramas muy infestadas para disminuir la severidad en árboles cuya supervivencia se ve amenazada; sin embargo, una poda mal realizada podría llevar al árbol a la declinación en su salud y hacerlo más susceptible a la entrada de diferentes patógenos (DGBUyEA y DRUPC, 2008).

Por último, se considera que se deben conservar las zonas de bosque de encino y de matorral xerófilo, evitando el disturbio antropogénico para prevenir futuras infestaciones; mientras que en las zonas que ya presentan disturbios (como el bosque cultivado), evitar que éstos sigan o se incrementen.

LITERATURA CITADA

- Áreas Sevilla, F. del C. y L. S. González L. 2008. Estudio de la composición florística y sanidad forestal de la arboleda del sector sur del campus principal de la Universidad Nacional Agraria, Managua. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Nicaragua. 66 pp.
- Alvarado, R., D. y L. de L. Saavedra. 2005. El género *Cladocolea* (Loranthaceae) en México: muérdago verdadero o injerto. *Chapingo*, **11**: 5-9.
- Aukema, J. E. y C. Martínez del Río. 2002. Variation in mistletoe seed deposition: effects on intra- and interspecific host characteristics. *Ecography*, **25**:139-144.
- Aukema, J. E. 2003. Vector, viscin and Viscaceae: mistletoes as parasites, mutualists and resources. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **1**:212-219.
- Bickford, C. P., T. E. Kolb y B. W. Brian. 2005. Host Physiological condition regulates parasitic plant performance: *Arceuthobium vaginatum* subsp. *cryptodum* on *Pinus ponderosa*. *Oecologia*, **146**:89-179.
- Burguess, V. J., D. Kelly, A. W. Robertson y J. J. Landley. 2006. Positive effects of forest edges on plant reproduction: literatura review and a case study of bee visitation to flowers of *Peraxilla tetrapetala* (Loranthaceae). *New Zealand Journal of Ecology*, **30**:179-190.
- Cantón, M. A., C. De Rosa y H. Kasperidus. 2003. Sustentabilidad del bosque urbano en el Área Metropolitana de la Ciudad de Mendoza. Análisis y Diagnóstico de la Condición de las Arboladas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **7**(1):29-34.

- Calderón de Rzedowski, G. 2001. Loranthaceae en: Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México, 2a. ed. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 98-102.
- Callaway, R. M. y S. C. Pennings. 1998. Impact of a parasitic plant on the zonation of two salt marsh perennials. *Oecologia*, **114**:100-105.
- Castillo-Argüero, S., Y. Martínez O., A. Romero R., P. Guadarrama Ch., O. Nuñez C., I. Sánchez G. y J. A. Meave del Castillo. 2007. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Aspectos Florísticos y Ecológicos. Depto. Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 293 pp.
- Chávez-Salcedo, L. F. 2013. Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a dos especies de muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) parásitos de *Pinus hartwegii* (Lindl.) en el Parque Nacional "Zoquiapan y Anexas". Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 94 pp.
- Cibrián, T. D., S. Koch e I. Vázquez. 2007. Muérdago *Phoradendron* en: Cibrián, T. D., R. D. Alvarado y D. S. García (eds). Enfermedades Forestales en México. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo Edo. de México, pp. 355-441.
- Cibrián, T. D. y J. Cibrián. 2007. Escenarios Forestales y Enfermedades en: Cibrián, T. D., R. D. Alvarado y D. S. García (eds.). Enfermedades Forestales en México. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Edo. de México, pp. 4-9.

- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. *Eysenhardtia polystachya*. En: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/28-legum18m.pdf. Consultada el 7 de abril de 2013.
- Der, J. P. y D. L. Nickrent. 2008. A molecular phylogeny of *Santalaceae* (Santalales). *Systematic Botany*, **33**: 107-116.
- DRUPC, Dirección de Reforestación Urbana, Parques y Ciclovías. 2010. Estudio base para el manejo de arbolado urbano infestado por muérdago. En: <http://www.sma.df.gob.mx/drupc/index.php?opcion=15>>. Consultada el 9 de mayo de 2012.
- DGBUyEA, Dirección General de Bosques Urbanos y Educación Ambiental; y DRUPC, Dirección de Reforestación Urbana, Parques y Ciclovías. 2008. Manual Técnico de Poda. Secretaría del Medio Ambiente, México. 54 pp.
- ESRI. Arcview Gis 3.2. Nueva York.
- García, O. y N. M. 2009. Evaluación de la infección por el muérdago *Cladocolea loniceroides* (Van Tieghem) Kuijt (Loranthaceae) en el arbolado de Av. Reforma, D.F. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes, Edo. de México. 63 pp.
- González-Arévalo. 2006. Identificación del arbolado parasitado por muérdago e identificación de las especies de muérdago en el Parque de los Venados de la Delegación Benito Juárez y la zona del Hospital Siglo XXI en la delegación Cuauhtémoc. Informe final de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana, México.

- GODF, Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2011. Acuerdo por el cual se expide el programa de manejo del Área Natural Protegida "Bosque de Tlalpan". No. 1120, pp. 10-111.
- Hawksworth, F. G. 1983. Mistletoes as forest parasites. En: Calder M. y P. Bernhardt (eds.). *The Biology of Mistletoes*. Academic Press, San Diego, pp. 320-329.
- Heide-Jørgensen, H. S. 2008. *Parasitic Flowering Plants*. Brill, Boston. 438 pp.
- Hernández-Benítez, R, Z. Cano-Santana e I. Castellanos-Vargas. 2005. Incidencia de infestación de *Arceuthobium globosum grandicaule* (Hawks. y Wiens) en *Pinus hartwegii* (Lindl.). *Revista Ciencia Forestal en México*, **30**:79-86.
- Kelly, D., J. J. Landley, A. W. Robertson y L. Crowfoot. 2008. Flower predation by *Zelleria maculate* (Lepidoptera) on *Peraxilla* mistletoes: effects of latitude and fragmentation, an impact on fruit set. *New Zealand Journal of Ecology*, **32**:186-196.
- Killen, T. J., E. E. García y S. G. Beck. 1993. *Guía de árboles de Bolivia*. Missouri Botanical Garden y Herbario Nacional de Bolivia, La Paz. 958 pp.
- Kuijt, J. 1969. *The Biology of Parasitic Flowering Plants*. University of California Press, Berkeley, California. 246 pp.
- Knutson, D. M. 1983. Physiology of mistletoe parasitism and disease responses in the host. En: Calder M. y P. Bernhardt (eds.). *The Biology of Mistletoes*. Academic Press, San Diego, pp. 295-316.
- LADF, Ley Ambiental del Distrito Federal. 2012. *Asamblea Legislativa del Distrito Federal, México*. 131 pp.

- Larson, D. 1996. Seed dispersal by specialist versus generalist foragers: the plant's perspective. *Oikos*, **76**: 113–120.
- March, W. A. y D. M. Watson. 2007. Parasites boost productivity: effects of mistletoe on litterfall dynamics in a temperate Australian forest. *Oecologia*, **154**:339-347.
- Martínez del Río, C., A. Silva, R. Mendel y M. Hourdequin. 1996. Seed dispersers as disease vectors: bird transmission of mistletoe seeds to plant host. *Ecology*, **77**:912-921.
- Mathiasen, R. L., D. L. Nickrent, D. C. Shaw y D. M. Watson. 2008. Mistletoes. Pathology, systematic, ecology and management. *Plant Disease*, **92**:988-1006.
- Molau, U. 1995. Reproductive ecology and biology. En: Press, M.C. y J.D. Graves (eds.). *Parasitic Plants*. Chapman & Hall, Londres, pp. 141-176.
- Musselman, L.J. y M.C. Press. 1995. Introduction to parasitic plants. En: Press, M.C. y J.D. Graves (eds.). *Parasitic Plants*. Chapman & Hall, Londres, pp. 1-13.
- Norton, D. A. y L. Atkins. 1995. Fragmentation, disturbance and plant distribution: Mistletoes in woodland remnants in the Western Wheatbelt. *Conservation Biology*, **9**:426-438.
- Norton, D. A. y M. A. Carpenter. 1998. Mistletoes as parasites: host specificity and speciation. *Trends in Ecology and Evolution*, **13**(3):101-104.
- Nowak, D. J., J. F. Dwyer y G. Childs. 1997. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. En: L. Krishnamurty y J. Rente Nascimento (eds.). *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo, México, pp. 17-38.

- Olivia, R. H. 1983. Contribución al estudio de la familia Loranthaceae del Centro de Veracruz y zona limítrofe con el Estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Veracruz.
- Overton, J. M. 1994. Dispersal and infection in mistletoe metapopulations. *Journal of Ecology*, **82**: 711–723.
- Romero, H., G. Azócar, F. Ordenes, A. Vázquez y X. Toledo. 2001. Ecología urbana y sustentabilidad ambiental de las ciudades intermedias Chilenas. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, **4**:45-51.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. 2da reimpresión. Ed. Limusa, S. A. México. 432 pp.
- Rzedowski J. y G. Calderón de Rzedowski. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 98-102. 2a. ed. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 1406 pp.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2011. Viscaceae en: Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, **170**:1-57.
- Shaw, D. C., P. T. Oester y G. M. Filip. 2009. Managing Insects and Diseases of Oregon Conifers. Oregon State University. Extension Service Press, Corvallis. 98 pp.
- SMA, Secretaría del Medio Ambiente. 2010. Bosque de Tlalpan. En: http://www.sma.df.gob.mx/avu/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=88. Consultada el 21 de noviembre de 2012.
- Van Omeren, R. J. y T. G. Whitham. 2002. Changes in interactions between juniper and mistletoe mediated by shared avian frugivores: parasitism to potential mutualism. *Oecologia*, **130**:281-288.

- Vázquez, C. I. 1993. Contribución al conocimiento del muérdago verdadero (*Psittacanthus* spp.) en México. Boletín Técnico No. 11. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Uruapan, Michoacán. 41 pp.
- Vázquez, C. I., A. Villa y S. Madrigal. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Boletín Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Uruapan, Michoacán, México. 93 pp.
- Watson, D. M. 2001. Mistletoe. A keystone resource in forest and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **32**:219-249.
- Watson, D. M. y M. Herryng. 2012. Mistletoe as a keystone resource: an experimental test. *Proceedings of the Royal Society* **B 279**(1743):3853-3860.
- Zar, H. J. 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River. 944 pp.