

Estrategias de manejo y control de plantas parásitas

Angel Rolando Endara Agramont
Miriam Alejandra Rosas Sánchez
Alma Abigail Luna Gil



CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL



CONAHCYT



ALDVS

*Estrategias de manejo
y control de plantas parásitas*

E558e Endara Agramont, A.R., Rosas Sánchez, M.A., Luna Gil, A. A.
2023 *Estrategias de manejo y control de plantas parásitas*
1a edición – Ciudad de México: Aldus, 2023
64 pp., 17 x 23 cm
Texto para nivel superior.
ISBN: 978-607-99873-1-2
Materia: 580-Plantas
Clasificación Thema: PSTB - Biología vegetal

Este libro fue financiado por el Fondo Sectorial CONAFOR-CONAHCYT, bajo el proyecto titulado “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: noroeste (Durango), centro-occidente (Michoacán y Jalisco), oriente (Puebla y Veracruz), centro-sur (Estado de México y Tlaxcala) 130105”.

Estrategias de manejo y control de plantas parásitas

Primera edición: 13 de noviembre de 2023

D.R. © Angel Rolando Endara Agramont, Miriam Alejandra Rosas Sánchez y Alma Abigail Luna Gil

D.R. © 2023, Aldus
Cerrada Mártires de Tacubaya 1 Bis, Col. Escandón
C.P. 11800, Ciudad de México

ISBN: 978-607-99873-1-2

El contenido de esta publicación es responsabilidad de los autores.

Impreso y hecho en México

ESTRATEGIAS DE MANEJO Y CONTROL DE PLANTAS PARÁSITAS



Angel Rolando Endara Agramont
Miriam Alejandra Rosas Sánchez
Alma Abigail Luna Gil



ALDVS

México, 2023

CONTENIDO

Presentación, 9

Introducción, 11

1. Bosques y plantas parásitas, 15

1.1. Parásitos y su dinámica en los bosques, 15

1.2. Plantas parásitas, 17

1.3. Muérdagos, 19

2. Métodos de evaluación, 23

2.1. Métodos de evaluación para muérdagos enanos y verdaderos, 23

2.2. Determinación de niveles de infestación de muérdagos, 26

2.3. Nivel de infestación para muérdagos verdaderos, 29

2.4. Establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPM), 31

3. Métodos de tratamiento y control, 35

3.1. Control silvícola, 37

3.2. Control genético, 43

3.3. Control biológico, 44

4. Actividades de prevención, 53

4.1. Identificación de rodales y árboles resistentes, 53

4.2. Obtención de semillas, 53

4.3. Inducción a la regeneración natural, 54

Bibliografía, 57

PRESENTACIÓN

El presente documento “Estrategias de manejo y control de plantas parásitas” es un producto derivado del proyecto CONAFOR-CONACYT 130105: Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noroeste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala).

El objetivo es identificar las posibles estrategias de manejo aplicables de acuerdo con los niveles de infestación de muérdagos enanos y verdaderos en bosques naturales, para proporcionar herramientas prácticas y oportunas que influyan en la toma de decisiones dirigidas a la sanidad de los bosques afectados por estos patógenos.

Angel Rolando Endara Agramont
Miriam Alejandra Rosas Sánchez
Alma Abigail Luna Gil

INTRODUCCIÓN

México posee una extensión de bosques aproximada de 4,059 millones de ha (CONAFOR, 2021) sujetas a grandes presiones que amenazan su salud. Las condiciones ecológicas en algunas zonas han sido alteradas de tal manera que los bosques han perdido la capacidad de renovación y restauración ecológica (USDA, 2013) y son altamente susceptibles a diferentes perturbaciones; particularmente insectos, plantas parásitas e incendios forestales (USDA, 2003).

CONAFOR (2007) menciona que en México se tienen registradas más de 200 especies de insectos y patógenos que provocan daños en los ecosistemas forestales (Figura 1). Estas afectaciones son cuantiosas en términos económicos y ambientales, debido a la pérdida directa de productos forestales, así como de cobertura arbórea y el consecuente impacto a los distintos hábitats (CONAFOR, 2021).



Figura 1. Bosque de *Pinus hartwegii* atacado por *Dendroctonus adjunctus*. Fuente: Propia.

CONAFOR (2021) reportó para México una superficie afectada de 52,164.37 ha, distribuidas en los siguientes agentes causales de daño: plantas parásitas 21,894.96 ha (41.97%), insectos descortezadores 13,840.46 ha (26.53%), insectos defoliadores 11,492.42 ha (22.03%), enfermedades como cancro resinoso, pudrición de raíz y roya 2,466.93 ha (4.73%), insectos barrenadores 1,717.84 ha (3.3%) y otras plagas 751.77 ha (1.44%); siendo las plantas parásitas el objeto de estudio de este documento.

En México se encuentran con mayor frecuencia plantas parásitas del género *Arceuthobium* (Santalaceae), conocido comúnmente como muérdagos enanos; estos constituyen una causa de daño a los bosques de coníferas (Hawksworth, 1983; Vázquez, 1993). Las áreas afectadas en los diferentes escenarios: bosques con o sin manejo, Áreas Naturales Protegidas, plantaciones con fines de restauración, arbolado urbano, entre otras, presentan diversos niveles de infestación, por tal razón es necesario implementar estrategias adecuadas de prevención, diagnóstico y manejo (CONAFOR, 2007).

En este sentido el presente documento pretende ofrecer una guía para implementar estrategias de control de estos patógenos y sus impactos, planteando métodos de regulación, prácticas de manejo y lineamientos operativos para la detección, evaluación, combate y control de los géneros *Arceuthobium*, *Psittacanthus*, *Phoradendron*, *Cladocolea* y *Struthanthus*, identificados en el proyecto: Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México. Noreste (Durango), Centro-occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala).



Bosques y plantas parásitas

1. BOSQUES Y PLANTAS PARÁSITAS

1.1. PARÁSITOS Y SU DINÁMICA EN LOS BOSQUES

Los bosques son sistemas biológicos dinámicos, es decir, cambian continuamente en respuesta a las perturbaciones, particularmente a patógenos (Figura 2. A, B y C) e incendios forestales (Figura 2. D). Los parásitos e insectos forman parte de los procesos de sucesión natural de los bosques (IFPC, 2010); cumplen un papel esencial en su estructura, dinámica, diversidad y evolución en las comunidades vegetales, facilitan los procesos de sucesión, aumentan la diversidad genética y la estructura de las poblaciones hospederas; reciclan nutrientes y proporcionan alimento a especies de fauna silvestre (Press y Phoenix, 2005).



Figura 2. A) *Arceuthobium globosum* en *Pinus hartwegii*; B) *Arceuthobium abietis religiosae* en *Abies religiosa*; C) Descortezador 1; D) Incendio forestal 2. Fuente: 1. Propia. 2. CONAFOR.

Los parásitos producen un profundo impacto en el crecimiento del huésped y su reproducción, afectando el equilibrio entre especies hospederas y no hospederas; como resultado, la estructura de la comunidad, diversidad, distribución de la vegetación y la dinámica de la población son afectadas (Cibrián y Cibrián, 1985).

La presencia de éstos suele estar relacionada con disturbios de tipo antrópico, tales como el cambio de uso de suelo y asentamientos humanos relacionados con afectaciones por estrés hídrico y alteraciones en la temperatura (Sáenz-Romero *et al.*, 2020). A su vez, la presencia de insectos descortezadores del género *Dendroctonus*, está relacionada directamente con los niveles de infestación de muérdago, esto implica que los árboles infestados por este último sean vulnerables a otras plagas y enfermedades (Endara *et al.*, 2023).

La competencia entre plantas vecinas influye en la población de árboles que coexisten en un espacio, además de otros factores como las plantas parásitas (Press y Phoenix, 2005). Éstas pueden provocar mortalidad, reducir la vitalidad de los individuos, disminuir rápidamente la población de una especie huésped y producir cambios en la estructura y/o composición de las comunidades vegetales (Gilbert, 2002).

1.2. PLANTAS PARÁSITAS

Taxonómicamente, las plantas parásitas son un grupo diverso de angiospermas que poseen estructuras especializadas llamadas haustorios (Figura 3. A) que penetran en la planta anfitrión (hospedero) y conectan con el xilema (tejido que conduce el agua y minerales), floema (tejido que conduce nutrientes inorgánicos, especialmente azúcares) o ambos (Press y Phoenix, 2005) (Figura 3. B); es a través de estas estructuras que obtienen el soporte y nutrientes necesarios para su desarrollo (CONAFOR, 2007).

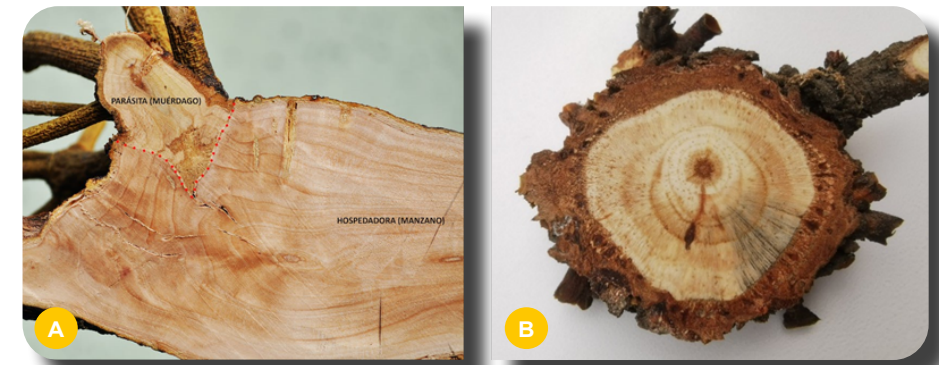


Figura 3. A) Haustorios del muérdago sobre manzano1. B) Haustorios del muérdago en pino2. Fuente: 1. Frey y Acebes (2021). 2. Propia.

Las plantas parásitas son comunes en bosques tropicales, templados y hasta el ártico (Press y Graves, 1995), de las cuales se conocen cerca de 4,100 especies que pertenecen a 19 familias y 227 géneros de angiospermas (APS, 2004) y se presentan en diversas formas de vida, incluyendo especies anuales y perennes (*Rhinanthus* spp.), maleza (*Cuscuta* spp.), arbustos (*Olex* spp. y muérdagos) y árboles (Press y Phoenix, 2005).

Existen dos tipos principales de plantas parásitas: parásitos de tallo (Figura 4. A) y parásitos de raíces (Figura 4. B). Los parásitos de tallo se fijan al tallo del anfitrión (WAYNE'S WORD, 1999) e in-

cluyen algunos muérdagos. Los parásitos de raíz son más comunes, se encuentran en diversos grupos taxonómicos; algunos de mayor importancia económica que pertenecen a la familia Orobanchaceae (Galán, 2020).



Figura 4. A) Planta parásita de tallo (*Phoradendron reichenbachianum*) y B) Planta parásita de raíz (*Conopholis alpina*). Fuente: propia.

Por otra parte, se distinguen las plantas holoparásitas (Figura 5. A) que carecen de clorofila (no fotosintéticas), por lo tanto, dependen totalmente del contenido del xilema y floema del anfitrión; mientras que las plantas hemiparásitas (Figura 5. B) contienen clorofila (fotosintéticas) y obtienen el agua y nutrientes del anfitrión.



Figura 5. A) Planta holoparásita (*Cuscuta* sp.) y B) Planta hemiparásita (*Psittacanthus calyculatus*). Fuente: propia.

1.3. MUÉRDAGOS

Muérdago es el nombre común mediante el cual se designa a las plantas hemiparásitas de tallos aéreos (Figura 6), cuya característica distintiva es que presentan una cubierta de mucílago (viscina) alrededor de su semilla, que les permite adherirse a las ramas del hospedero (Aukema, 2003).

Consideradas plantas hemiparásitas ya que realizan su propia función clorofílica (Hawksworth y Wiens, 1996; Zuber, 2004). Infestan árboles y arbustos para obtener de ellos agua y sales minerales, ya que son incapaces de absorberlas directamente del suelo, tomando los recursos que requiere en perjuicio del árbol que parasita (Marchal, 2009).

El muérdago es uno de los principales agentes biológicos de perturbación en los bosques de clima templado; se estima que anualmente provocan pérdidas mayores a 2 millones de m³ (Vázquez *et al.*, 2006), así mismo tiene efectos negativos en el crecimiento de diámetro y altura de su hospedero, debilitamiento, infestaciones se-

veras e incluso la muerte del hospedero (CONAFOR, 2018). Dentro del grupo de muérdagos hay dos tipos: muérdagos enanos (Figura 6. A) y verdaderos (Figura 6. B). Los primeros pertenecen al género *Arceuthobium* y son específicos de las coníferas. Los muérdagos verdaderos corresponden a los géneros: *Phoradendron*, *Struthanthus*, *Psittacanthus*, *Oryctanthus*, *Phthirusa*, *Antidaphne*, *Cladocolea*, *Gaiadendron* y *Dendrophthora* (Vázquez y Geils, 2002).

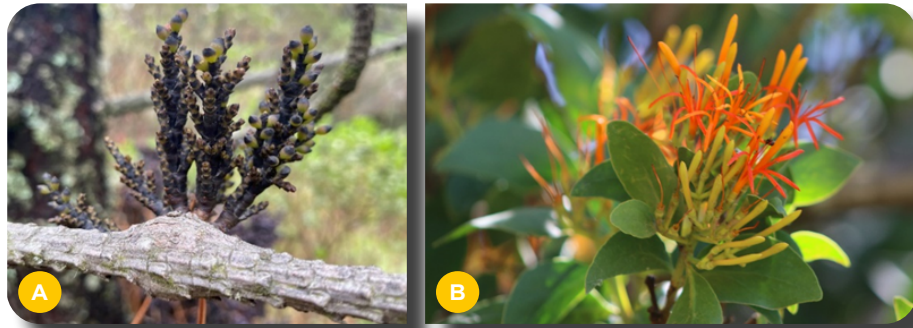


Figura 6. Plantas hemiparásitas. A) *Arceuthobium vaginatum* en *Pinus hartwegii* y B) *Psittacanthus calyculatus* en *Quercus rugosa*. Fuente: propia.

Métodos
de evaluación

2. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

El manejo de sitios infestados por muérdago involucra la oportuna detección y evaluación del patógeno (Hawksworth y Johnson, 1989). Estas acciones y la aplicación de medidas de control deben incorporarse a los planes de manejo desde sus primeras etapas, recibiendo una alta prioridad en los rodales infestados, al mismo tiempo debe darse seguimiento para prevenir mayores infestaciones tanto a nivel de individuo como de rodal.

2.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA MUÉRDAGOS ENANOS Y VERDADEROS.

Para evaluar un área forestal específica es importante realizar en gabinete la delimitación de las zonas a estudiar, así como un estudio previo de las variables bióticas y abióticas.

De acuerdo con lo antes mencionado, se recomienda hacer una evaluación del estado fitosanitario del bosque para establecer sitios de muestreo circulares (Figura 7) de 0.1 ha (17.86 m de radio), distribuidos de forma sistemática sobre transectos o curvas de nivel con una separación altitudinal de 100 m, esto debido a la variabilidad climática y los cambios de vegetación asociados a la altitud (Mayer y Ott, 1991), y a una determinada equidistancia (200 a 500 m), dependiendo de la superficie de muestreo. Este método aplica para zonas de montaña; sin embargo, también pueden ser muy útiles, dependiendo la superficie, fisiografía y densidad del arbolado, los muestreos dirigidos (superficies pequeñas < 200 ha), censos (arbolado urbano) y, hasta el propio inventario forestal de reconocimiento (en programas de manejo forestal > 200 ha).

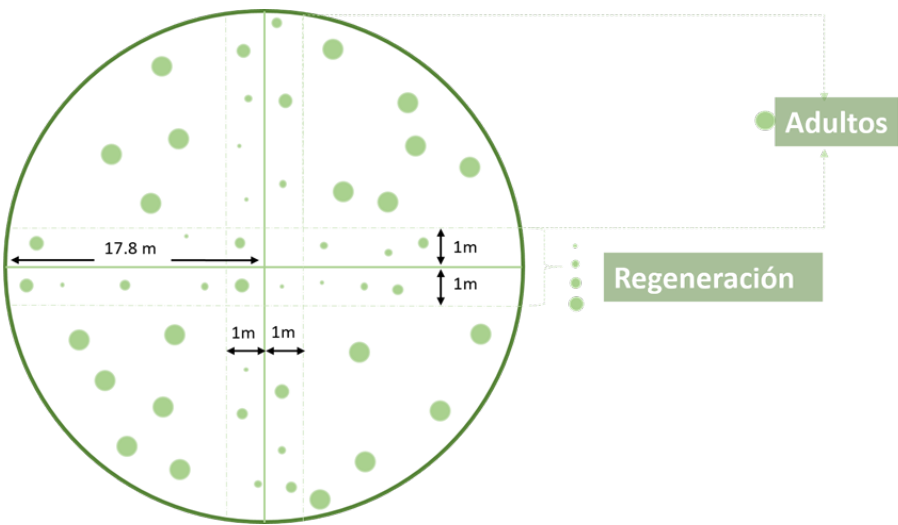


Figura 7. Diseño del sitio de muestreo. Elaboración propia.

Para el levantamiento de la información se utilizan formatos de campo: de sitio (Cuadro 1 y 2) y de individuo (Cuadro 3 y 4) que permiten conocer a detalle la información de las características específicas de cada rodal.

Cuadro 1. Formato de sitio

Sitio	Datos de referencia: Juvenil, pastizal, semillero, senil, transición, reforestado					Fisiográficos: Barranca, peña, ladera							
∫	Fecha:	Asociación arbórea:						%Roca					
	X	Y	z	Exposición	Pendiente	% Copa		Incendio					
% herbáceo								% musgo					
% arbustivo								% suelo desnudo					
Perturbación: Cacería, camino, cerca, extracción, pastoreo, reforestación, tina ciega, zanja de infiltración, etc.													
Observación del sitio: Actividades silviculturales, obras de conservación. Otra (especificar):													
Especies	Plantulas				Brinzales				Latizales				
Pino	Sanos	Enfermos	Promedio	Muerto	Sano	Enfermos	Promedio	Muertos	Sanos	Enfermos	Promedio	Muertos	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Variables del formato de sitios para las características físico-geográficas

Variables del sitio	Descripción
Datos de referencia	Descripción del sitio: juvenil (mayor número de individuos de > 2.5 cm < 7.5 cm DAP, pastizal, semillero (individuos con presencia de conos), senil o transición.
Datos fisiográficos	Ubicación del sitio: barranca, peña, ladera, pie, cima.
Fecha	dd/mm/aaaa.
Asociación	Descripción de comunidad forestal i.e. Bosque de <i>Pinus hartwegii</i> , Bosque de <i>Abies-Pinus</i> .
Sitio	Identificador que refiera área de estudio y número sitio.
Incendios	Ausencia o presencia y/o histórico o reciente.
% herbáceo y % arbustivo	Porcentaje, dominancia y especies del estrato herbáceo y arbustivo.
%Roca	Dominancia de roca en el sitio.
Coordenadas	UTM.
Exposición y pendiente	En grados.
Perturbación	Características o presencia de obras de conservación de suelos, excretas, senderos, caminos, entre otros.
Plántulas	< 30 cm de altura.
Brinzales	≥ 30 cm < 1.5 m de altura.
Latizales	≥ 1.5 m de altura < a 2.5 cm de diámetro a la altura de pecho (DAP), 1.3 metros.
Juveniles	≥ 2.5 cm < 7.5 cm DAP.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3. Propuestas de formato por individuos

Colecta de datos por individuo														
Sitio	E s - p e - cie	DN	AT	Acc	Muérdago enano						Muérda- go verda- dero	Descor- tezador (1, 2 o 3)	Obser- vaciones	
					E s - p e - cie	1ºT	F/R	2ºT	F/R	3ºT	F/R	E s - p e - cie	%	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4. Variables del formato de individuos

Variables de individuos	Descripción
Fustales	≥ 7.5 cm de DAP.
Especie	Del hospedero.
DN	Diámetro a la altura de 1.30 cm.
AT	Altura total de individuo, desde la base hasta la última rama de la copa.
Acc	Altura de la caída de la primera rama viva.
Sanidad	En relación con la infestación del muérdago, descortezador y enfermedades. Muérdago enano: Especie, Nivel de infestación en el 1°, 2° y 3° tercio, ubicación del brote, es decir, fuste y/o rama (F/R). Muérdago verdadero: Especie y porcentaje de afectación en copa.
Observaciones	Característica o presencia de algún agente externo a la sanidad. i.e.: sin ápice, presencia o descortezado por ardilla, incendio, entre otros.

Fuente: elaboración propia.

2.2. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE INFESTACIÓN DE MUÉRDAGOS

Con base en las características del sitio e identificación de individuos con muérdago enano o verdadero, según sea el caso, se evaluarán los hospederos y se asignará un nivel de infestación.

Para determinar el nivel de infestación de muérdago enano se aplican los principios del sistema de evaluación de seis clases planteado por Hawksworth (1977) y el principio del sistema de evaluación de cuatro clases de Vázquez (1993) para muérdagos verdaderos.

2.2.1. NIVEL DE INFESTACIÓN PARA MUÉRDAGOS ENANOS

La presencia de plantas parásitas en individuos se registra de acuerdo con Hawksworth (1977) para asignarle un nivel de infestación:

1. Dividir al individuo en tercios.
2. Evaluar cada tercio por separado, asignando una calificación de 0, 1 o 2, (Figura 8), con base en el cuadro 5 según sea el caso.
3. Sumar los valores de clasificación de cada tercio para obtener su nivel de infestación (Figura 9).
4. Con los valores de infestación por tercios se obtendrá el promedio de los individuos con y sin infección para obtener el nivel de infestación de todo el rodal.

Cuadro 5. Valores para la evaluación de muérdagos enanos

Valor de infestación	Características
0	No muestra rasgos de infestación.
1	Infestación ligera (1/2 o menos de las ramas infestadas).
2	Infestación severa (más de 1/2 de las ramas infestadas o en el fuste).

Fuente: elaboración propia con base en Hawksworth, 1977.

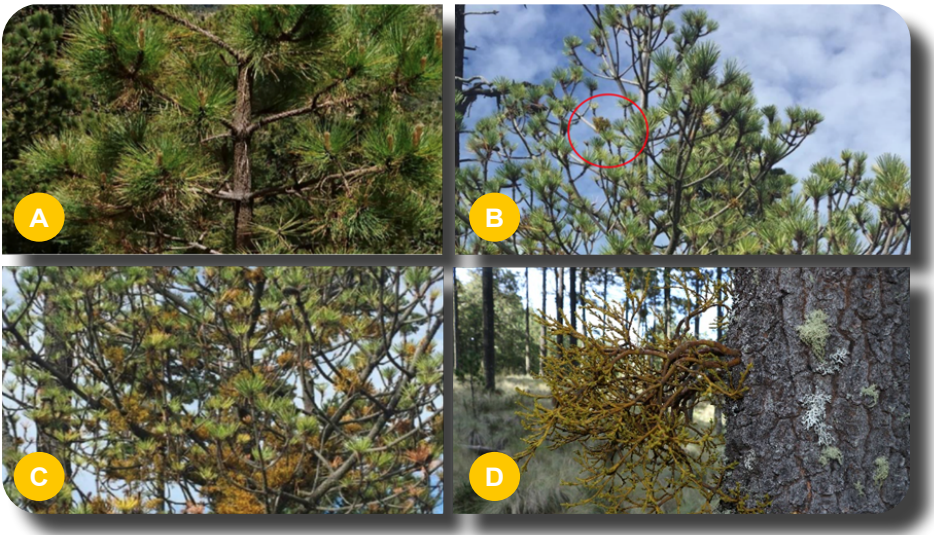


Figura 8. Ejemplo de calificación para evaluación de muérdago enanos. A) 0-Tercio sin muérdago. B) 1-menos de ½ del tercio infectado. C) 2-más de ½ del tercio infectado. D) 2-presencia de muérdago en el fuste. Fuente: propia.

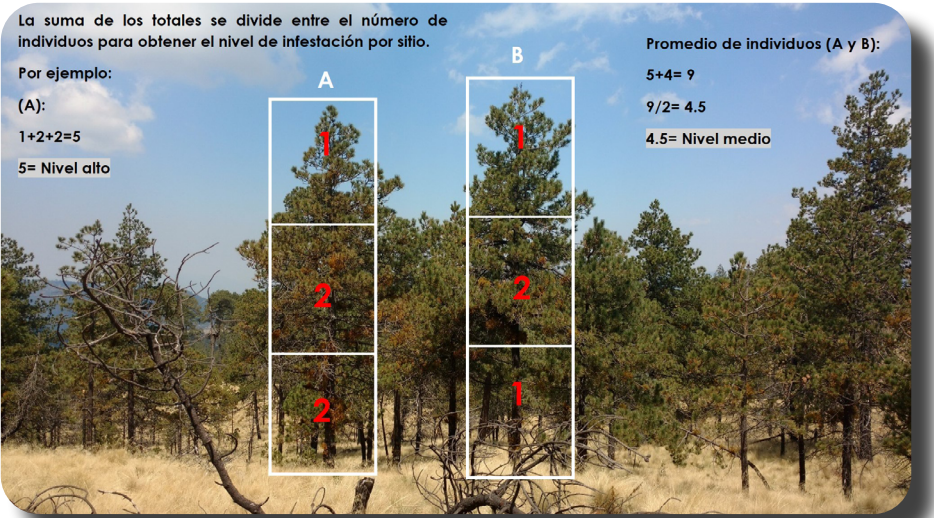


Figura 9. Clasificación del árbol en tercios y asignación de niveles de infestación. Fuente: propia.

2.3. NIVEL DE INFESTACIÓN PARA MUÉRDAGOS VERDADEROS

Para muérdagos verdaderos se clasifican a los individuos infestados con base en el método de Vázquez (1993). Se determina el nivel de infestación de la copa de 0 a 90%, según la presencia de plantas en el hospedero, de la siguiente manera:

1. Delimitar de forma precisa la copa del árbol y considerarla como el 100%.
2. Contar el número de brotes de muérdago en la copa (Figura 10) y asignar el porcentaje de acuerdo con la ocupación de este sobre el hospedero (Cuadro 6).

Cuadro 6. Valores para la evaluación de muérdagos verdaderos

Valor de infestación	% volumen infectado de la copa
0	Sin infección aparente
1	1-30%
2	31-60%
3	61-90%

Fuente: elaboración propia con base en Vázquez, 1993.



Figura 10. Ejemplo de calificación para evaluación de muérdago verdadero. A) 0- sin infección aparente; B) de 0 a 30%; C) 2 -del 31 a 60%; D) 3- del 61 al 90% del volumen de la copa ocupado por muérdago. Fuente: propia.

Cabe mencionar que la asignación del porcentaje de afectación por muérdago debe considerarse aun cuando estas se encuentren agrupadas en un área determinada de la copa o dispersa por todo el árbol (Figura 11).

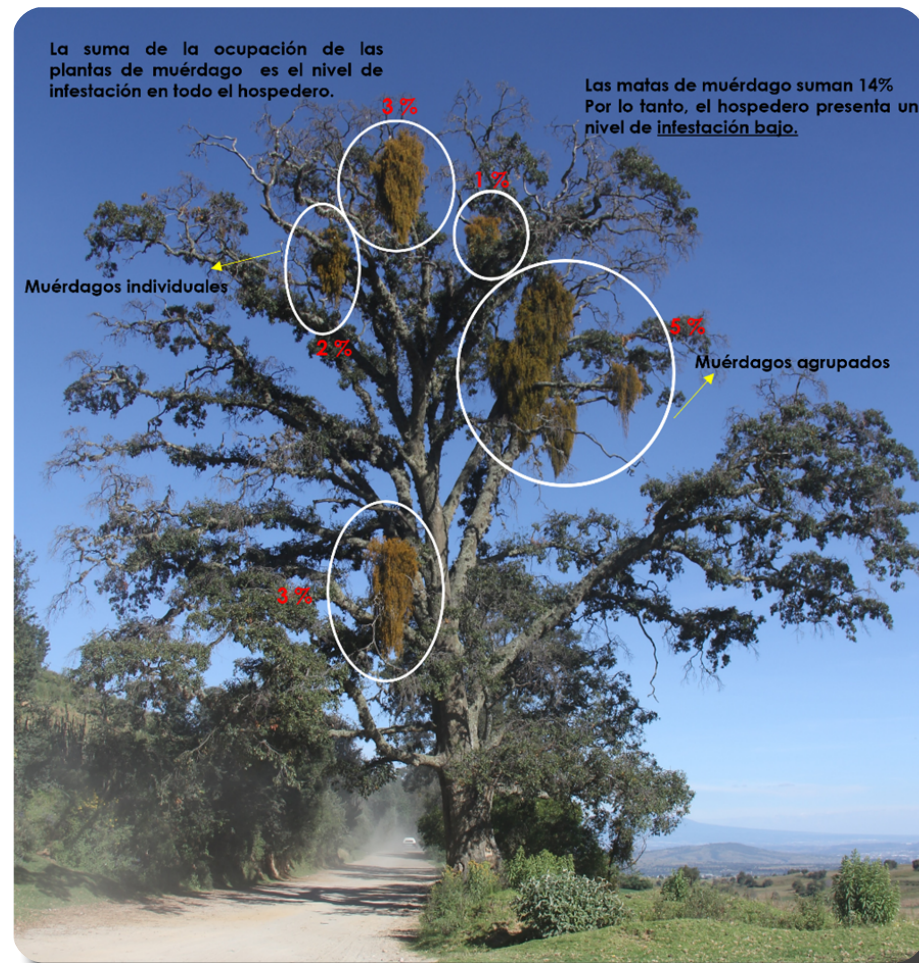


Figura 11. Ejemplo de evaluación de muérdago verdadero.
Elaboración propia, con base en Vázquez (1993).

2.4. ESTABLECIMIENTO DE PARCELAS PERMANENTES DE MUESTREO (PPM)

Las parcelas permanentes de muestreo (PPM) son una herramienta para el manejo e investigación de la dinámica de los bosques (naturales y bajo manejo) a diferentes escalas espaciales y temporales (Phillips *et al.*, 2009; Brien *et al.*, 2015). Su propósito es conocer su dinámica a través del tiempo (Brenes, 2002) y, a su vez, obtener información esencial que permita tomar decisiones futuras para su manejo y/o control (BOLFOR y PROMABOSQUE, 1999).

Para el muestreo se instalan sitios circulares (Figura 7) de 0.1 ha (17.86 m de radio) mencionados anteriormente. Con base en las mediciones del nivel de infestación, seleccionar sitios con presencia de muérdago.

En estas se selecciona a un individuo en el centro de la parcela (árbol con el mayor diámetro y altura) de donde partirán las mediciones y recolección de datos. Posteriormente se aplica el método del punto-centro-cuadrado (Figura 12) propuesto por Mostacedo y Fredericksen (2000), donde se seleccionan a los individuos candidatos a remediciones (recomendado: 10 a 20 individuos por PPM), que presenten las siguientes características: árboles con muérdago, con una o diferentes especies en el mismo hospedero; es importante seleccionar individuos de diferentes categorías diamétricas y con presencia de diferentes niveles de infestación y, si es el caso, considerar las diferentes etapas fenológicas del muérdago, estos criterios permitirán realizar un monitoreo más adecuado.

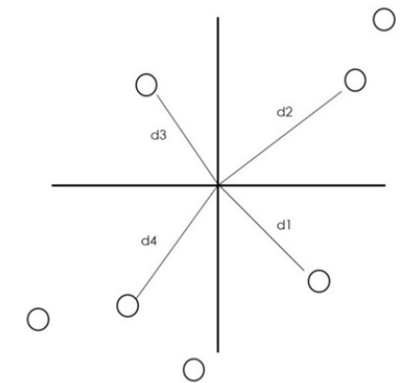


Figura 12. Esquema de método de muestreo "punto-centro-cuadrado".
(Mostacedo y Fredericksen, 2000).

En estas se registra información del sitio con lo mencionado anteriormente (Cuadro 1, 2, 3 y 4), así como del individuo central y los candidatos (Cuadro 7). Específicamente para datos de individuos se registra diámetro, altura, azimut y distancia de cada uno, partiendo del árbol central y se identifican datos de la planta parásita, donde se encuentra dentro del hospedero (fuste y/o ramas), la fase fenológica (desarrollo vegetativo, floración, fructificación y dispersión de semillas), F/M (planta femenina/planta masculina), observaciones y toma de fotografías.

Cuadro 7. Valores de remediciones para individuos candidatos

Remedición (individuos candidatos)								Fecha
Nº PPM	Nº de árbol	Azimut (°)	Distancia (m)	Etapafenológica	F/M	Cambios	Observaciones	Nº fotografía

Fuente: elaboración propia.

Métodos de
tratamiento y control

3. MÉTODOS DE TRATAMIENTO Y CONTROL

El manejo de sitios infestados por muérdago enano involucra detección, evaluación, prevención y control del patógeno (Hawksworth y Johnson, 1988).

El control del muérdago requiere un manejo forestal integral; considerando el estado fitosanitario del bosque, por ello, es necesario plantear objetivos claros, orientados a la mejora de la estructura, composición, crecimiento y establecimiento del renuevo. Cabe mencionar que la prevención y el control son las estrategias más importantes para reducir el impacto del muérdago (Rietman *et al.*, 2005).

Debido a que los muérdagos una vez que se han establecido no pueden ser erradicados, se aplican estrategias de control silvícola, genético, biológico y/o químico con el fin de reducir la infestación (Parmarter y Uvanholt, 1976). Estas acciones deben seguir una secuencia cuidadosamente planeada para la reducción exitosa a niveles permisibles. El control silvícola es considerado el mejor medio para controlar los muérdagos mediante la eliminación física del parásito, a través de podas y derribos (Geils y Hawksworth, 2002). El control genético se lleva a cabo mediante la selección de árboles cuyas características permitan resistir la infestación por muérdago (Hernández, 2015). El control biológico se emplea mediante organismos patógenos o depredadores del muérdago, estos pueden ser aves, insectos y hongos (Hawksworth y Wiens, 1972). Por último, el control químico a través de productos químicos: aspersión de desecantes con base en roca fosfórica y nitrógeno (Alvarado y Cibrián, 1991). Cabe destacar que el control químico es la estrategia con mayor efecto residual sobre el estrato herbáceo y arbustivo.

Las acciones de control del muérdago enano y verdadero se desarrollan en función de la afectación. Una vez identificado el nivel de infestación del rodal, se determina qué estrategia es la más viable

(Cuadro 8) y posteriormente realizar monitoreos pertinentes, esto mediante la instalación de parcelas permanentes de monitoreo que permitirán identificar si el tratamiento tuvo algún efecto sobre el muérdago enano.

Cuadro 8. Tratamiento para el muérdago enano y verdadero

Nombre común	Nivel de infestación	Estrategia
Muérdago enano	0	Ninguno
	1, 2, 3 y 4	Poda de saneamiento (en ramas de los dos primeros tercios) o aplicación de productos químicos y biológicos autorizados (en fuste y ramas de los dos primeros tercios) en árboles menores a 10 metros.
	4	Derribo de árbol bajo lineamientos de algún programa de manejo aplicado sólo cuando la afectación sea en el 2 y 3 tercio y altura mayor a 10 m.
	5 y 6	En árboles menores a 10 metros, se recomienda poda de saneamiento (en ramas de los dos primeros tercios) o aplicación de productos químicos y biológicos autorizados. En árboles mayores a 10 m se recomienda derribo bajo los lineamientos del Programa de manejo.
Muérdago verdadero	1 y 2	Poda de saneamiento o aplicación de productos químicos y biológicos autorizados.
	3	Derribo bajo lineamientos del Programa de manejo.

Fuente: Hawksworth (1977).

3.1. CONTROL SILVÍCOLA

Las prácticas silviculturales son económica y ecológicamente más eficientes, con mayor factibilidad de aplicación debido a la propagación lenta del muérdago (Rodríguez, 1985). En este sentido, la poda, cosecha para aprovechamiento (como forraje y uso farmacológico) y el control mediante la eliminación de individuos infestados son las prácticas tradicionales y más recomendables para el control.

3.1.1. PODA DE RAMAS EN ÁRBOLES INFESTADOS

La poda se define como la corta selectiva de las partes del árbol con un propósito específico. Esta tiene diversas connotaciones y se aplica a tejido muerto o vivo. Este último contempla la erradicación de ramas y ramillas terminales para eliminar brotes de plantas parásitas (Figura 13) (SEDEMA, 2000).



Figura 13. Ejemplo de poda de rama lateral de encino. Fuente: propia.

Este método es ampliamente utilizado en casos específicos de especies de coníferas y latifoliadas parasitadas por muérdagos para redu-

cir la propagación (Franco *et al.*, 2010). La poda se debe efectuar bajo los siguientes lineamientos:

1. La poda de ramas de los árboles afectados se realizará sólo en el primer y segundo tercio, contando de abajo hacia arriba.
2. Para el arbolado que presente infestación en el tercer tercio se deberá remover solo el muérdago de forma manual o con tijeras para evitar la poda de ramas.
3. Para un buen control, cortar las ramas por lo menos 30 cm más abajo de donde está adherido el muérdago. Si sólo se poda el muérdago de los árboles se reduce su propagación, pero no se controla.
4. Utilizar herramienta adecuada (serrotes curvos, motosierras y tijeras de podar).

Debido a que el sistema radicular de la planta parásita es sistémico, es importante eliminar la parte reticular del muérdago, debido a que, si queda un rastro mínimo de este vuelve a brotar en un término no mayor a 6 meses (CONAFOR, 2018), por lo que, es necesario eliminar una parte de la rama, aun cuando una porción de esta no presente síntoma del muérdago (Cuadro 9 y Figura 14).

Cuadro 9. Tratamiento para el muérdago enano y verdadero

Diámetro de la rama en la zona de infección (cm)	Distancia mínima entre el tronco y el muérdago (cm)
< 5	10
5 a 10	20
> 10	30

Fuente: elaboración propia.

Nota: Se puede podar hasta un 50% de la copa total del árbol, el producto resultante se pica, entierra o quema para evitar la maduración de los frutos y con ello la dispersión de semillas hacia áreas sanas (CONAFOR, 2018).

Es importante efectuar las podas cuando el muérdago se encuentre en desarrollo vegetativo, debido a que en esta etapa aun no llega a la fase reproductora que es la más susceptible a infecciones futuras.



Figura 14. Poda de muérdago con sierra curva. Fuente: propia.

3.1.1.1. HERRAMIENTAS PARA PODAS

Para realizar la poda se debe utilizar herramienta apropiada, bien afilada y limpia, acorde con el tipo y tamaño de la rama que se va a podar (Cuadro 10).

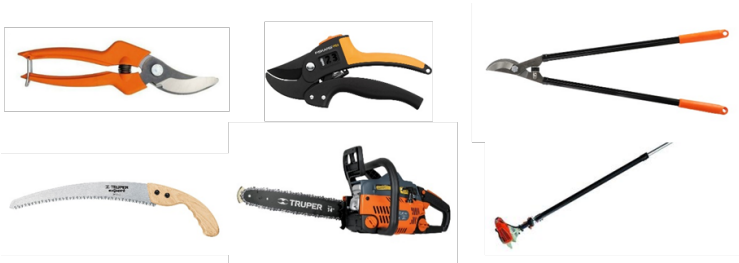


Figura 15: 1) Tijera manual, 2) Tijera tipo Anvil, 3) Tijeras con mango, 4) Serrucho manual de arco, 5) Motosierra de motor de gasolina con seguro y soporte arriba, 6) Motosierra con mango telescópico.

Cuadro 10. Herramientas para poda de acuerdo con el tipo de corte requerido

Herramienta	Tipo de corte
Manual-tipo tijeras.	Ramas verdes y delgadas menores a 3 cm.
Manual-tipo Anvil.	Ramas secas o tejido duro.
Tijeras con mango de 30 a 60 cm de largo.	Ramas de hasta 7 cm de diámetro.
Serrucho manual con dientes abiertos.	Ramas medianas hasta de 10 cm.
Serrote de arco o rectos especiales para poda de ramas verdes. Motosierras eléctricas o de motor de gasolina, ligeras con seguro y soporte arriba.	Ramas mayores de 10 cm.
Equipos telescópicos: Cortador con mango telescópico.	Ramas que se encuentran a alturas mayores.

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. DERRIBO ASOCIADO A PROGRAMAS DE MANEJO

Para llevar a cabo esta actividad se debe contar con un programa de aprovechamiento, el cual mencione detalladamente las características del rodal, la cantidad de arbolado infestado, así como las características dasonómicas de cada individuo (diámetro, altura, tipo de muérdago o enfermedad y niveles de infestación) para su correcta identificación, y posteriormente para llevar a cabo el tratamiento.

Según la SEDEMA (2020), los procedimientos a seguir para el derribo son los siguientes:

1. Elaborar el diagnóstico a nivel de predio (subrodalización), señalando el nivel de infestación.
2. El programa de manejo tendrá un ciclo de corta de 10 años.
3. En el programa de manejo se deberá considerar la extracción de arbolado severamente afectado, además de las podas para el arbolado con infestación de ligera a media.

4. Los volúmenes de extracción para el arbolado con niveles de infestación severa serán hasta de un 30% de la intensidad corta, priorizando a los árboles de mayor altura.
5. Los productos resultantes se deberán extraer, esto para eliminar focos de infección y material combustible para incendios; o, en su caso, se deberá picar esparcir en el sitio para acelerar su descomposición.
6. Una vez que se cuente con la autorización del programa de manejo, el personal técnico deberá supervisar los trabajos periódicamente durante el periodo que duren los trabajos de saneamiento.

3.1.3. COSECHA DE MUÉRDAGO ENANO

3.1.3.1. FORRAJE PARA PEQUEÑOS RUMIANTES

El uso del muérdago mediante la cosecha se puede utilizar como un complemento en la dieta para la alimentación de ovinos para engorda, representando una oportunidad en la reducción de costos de los sistemas de producción pecuarios, además de reducir la infestación en árboles afectados por un periodo de tiempo, mismo que concluye en el rebrote de la planta parásita (Hernández *et al.*, 2017).

La cosecha de muérdago enano se obtiene de las áreas infectadas (Figura 16), de forma manual y de todas las fases fenológicas que se presenten en el área de infección. Esta consiste en la remoción periódica de los brotes y/o tallos aéreos, para posteriormente secar, moler e incorporar a las dietas establecidas en el ganado.



Figura 16. Cosecha de muérdago. Fuente: propia.

Cabe mencionar que en la dieta para ovinos en engorda se puede incluir hasta un 30% de muérdago (Figura 17), debido a que, el muérdago por su contenido de metabolitos secundarios puede causar efectos negativos en los animales (Hernández *et al.*, 2019). El alto contenido de fenoles y taninos puede causar prolapso uterino en hembras gestantes, por lo que no se recomienda su alimentación en las mismas.



Figura 17. Alimentación de ganado ovino de engorda. Fuente: propia.

3.1.4. USO TRADICIONAL

Cobra especial interés el uso tradicional del muérdago en las comunidades indígenas y rurales, al estar en contacto directo con los recursos naturales han generado un profundo conocimiento sobre su uso (Gómez, 1985; Bermúdez *et al.*, 2005; Láres, 2007).

Cuatro géneros de muérdago se utilizan en la medicina tradicional: (i) *Psittacanthus* spp. para hipertensión, cicatrización de heridas y agente hipoglucémico en México (Martínez, 1954; Rodríguez *et al.*, 2003; Andrade-Cetto y Heinrich, 2005), prevención de infecciones bacterianas, reducción de los niveles de lípidos en las arterias (tratamiento de esclerosis) y anticancerígeno en Colombia (Luttge *et al.*, 1998); (ii) *Phoradendron* spp. como antifebril en México (Navarro y

Avendaño, 2002); (iii) *Struthanthus* spp. para el tratamiento de neumonía y tuberculosis en Brasil (Leitão *et al.*, 2013); (iv) *Arceuthobium* spp. para el tratamiento de la infección e inflamación del tracto respiratorio superior (gripa, bronquitis y tos), trastornos gastrointestinales (dolor gástrico y hemorroides) y remedio hipotensor en Turquía (Yesilada *et al.*, 1999; Küpeli *et al.*, 2010); y para el tratamiento de la tos, diarrea, remedio hipoglucémico, dolor de huesos, dolor pulmonar, reumatismo y los nervios en México (Martínez, 1954; García, 1981; González *et al.*, 2004; Andrade-Cetto y Heinrich, 2005; Waizel y Waizel, 2005; Alarcón y Román, 2006; Villavicencio y Pérez, 2006; Sotero *et al.*, 2016).

Así mismo, se han documentado otras características de *Arceuthobium* spp. como la presencia de fenoles superior a la de la dosis recomendada del antiséptico bucal Listerine® (eucaliptol, timol y mentol) (Sotero, 2012), así como la validación de la actividad antiinflamatoria y anticonceptiva (Küpeli *et al.*, 2010).

3.2. CONTROL GENÉTICO

Consiste en la selección de árboles infectados por muérdago y dejando aquellos cuyas características les permitan resistir o evitar la infección, teniendo como resultado la mejor proliferación de las especies (Hernández, 2015).

3.2.1. IDENTIFICACIÓN DE INDIVIDUOS GENÉTICAMENTE RESISTENTES

La resistencia genética del hospedero hacia el muérdago ha sido reportada para varias especies de pinos (Roth, 1978; Scharpf, 1984; Scharpf, 1987). Dicha resistencia, en el caso del muérdago como plaga, puede explicarse por el grosor de corteza del hospedero, ya que es en esta donde llegan sus semillas, dependiendo del grosor de la corteza se hace más o menos lenta su inserción, por lo que un hos-

pedero con carga genética de calidad puede producir una corteza de más grosor y así evitar o retardar el tiempo de infestación por muérdago (Arzate *et al.*, 2016).

Dentro de este control se proponen criterios de selección que permitan la identificación de árboles posiblemente resistentes (Figura 18).

- Árbol adulto semillero, con diámetro y altura significativos (dependiendo la especie).
- Con presencia de muérdago, pero sin daños aparentes.
- Copa vigorosa. Incluso podría ser un árbol sano rodeado de árboles que presenten infestación.



Figura 18. A) Árbol infestado con muérdago; B) Árbol con aparente resistencia a muérdago. Fuente: propia.

3.3. CONTROL BIOLÓGICO

El control biológico se define como la acción de parásitos, depredadores o patógenos que mantienen poblaciones de otros organismos en equilibrio (DeBach y Rosen, 1991).

El reto de esta estrategia de control es asegurar la reducción de los niveles de infestación (abundancia y distribución) de la planta parásita, ya que el sistema endofítico puede sobrevivir a pesar de la eliminación de la parte aérea (Shamoun y DeWald, 2002; Shamoun *et al.*, 2003).

Las opciones para este control son hongos, aves e insectos que actúan como enemigos naturales, tomando al muérdago como fuente de alimento, siendo un método alternativo de control para estos patógenos.

3.3.1. HONGOS E INSECTOS ASOCIADOS

El control biológico implica el uso de organismos bióticos (generalmente insectos y hongos) que serán considerados enemigos naturales de las plagas y que tengan la capacidad de combatir sus poblaciones y llevarlas al equilibrio (Pacheco *et al.*, 2019).

Los atributos de un efectivo agente microbiano de control son: especificidad (solo dañar al muérdago y no al hospedero), su actividad debe afectar el ciclo de vida del hospedero, producir abundante inóculo en el muérdago afectado, ser capaz de distribuirse y persistir en todo el rango de distribución del hospedero, así como presentar alta efectividad y virulencia (Shamoun *et al.*, 2003).

Es importante considerar que lo más viable es ubicar agentes de control naturales y nativos, que impacten directamente al muérdago, y así contribuir a la conservación del bosque (González *et al.*, 2016).

Es por ello que se hace una evaluación posterior a la aplicación de la estrategia, con el fin de identificar si los daños o efectos han sido causados por esta (Cuadro 11).

Cuadro 11. Escala para la evaluación del efecto de tratamientos de control biológico.

Nivel	Valoración	Descripción de los daños
1	Sin efecto	Sano, no hay presencia de daños, turgente, sin marchitamientos aparentes.
2	Incipiente	Se observan necrosis ligeras en las puntas o caídas de brotes. Representa puntos aislados dispersos en menos de 5% del área total del muérdago.
3	Ligera	Presencia de necrosis o pérdida de turgencia en ramas, brotes y/o frutos afectando todo el órgano (una o dos ramas) formando manchas definidas, mostrando la infección alrededor de 10 al 20%.
4	Media	Se observan manchas y marchitez entre el 25% y 40% de la superficie total del muérdago e inicia el declinamiento general.
5	Fuerte	Entre el 50 y 60% del muérdago se encuentra con marchitamiento, la planta muestra un daño extenso.
6	Severo	Solo un tercio del muérdago está sano o verde, el resto se encuentra marchito.
7	Muy severo	La mayoría de la parte aérea se encuentra necrosada (85% de afectación), solo hay pequeñas áreas verdes dispersas.
8	Muerte	Muerte y caída del muérdago, 100% de afectación.

Fuente: (González *et al.*, 2016).

3.3.2. HONGOS

Los agentes de control microbiano más promisorios son aquellos que destruyen la semilla, los brotes y el sistema endofítico de los muérdagos; sin embargo, es necesario incrementar su efecto mediante la selección de las cepas más virulentas, incrementar el potencial de producción de inóculo y los tiempos de inducción de la infección (Shamoun y De Wald, 2002).

Existen dos grupos de hongos que parasitan a los muérdagos: los generalistas que causan daños a los brotes aéreos y frutos (Hawksworth y Geils, 1996) provocando un sobre flujo de resinación en las ramas infectadas (Hawksworth, 1972); y los que atacan el sistema endofítico provocando canchros (Shamoun y De Wald, 2002) que pueden matar el tejido del hospedero y por ende al muérdago que vive en el tejido bajo estrés (Hawksworth, 1972) (Figura 19. A, B).

Dentro del grupo que ataca los brotes aéreos se encuentra *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz), *Cylindrocarpon gillii* (D.E. Ellis) J.A. Muir y *Caliciopsis* sp. (Peck), siendo comunes en el Oeste de América del Norte (Shamoun y DeWald, 2002). Otros hongos antagonistas asociados a daños en los tallos aéreos de muérdago enano son: *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud, *Coniothyrium* sp, *Metasphaeria wheeleri* (Linder), *Pestalotia maculiformans* (Guba et Zeller), *Pestalotia heteroerconis* (Gilbert) y *Phoma* sp. (Saccardo) (Gilbert, 1984; Hawksworth, 1977; Hawksworth y Wiens, 1996; Kope y Shamoun, 2000).

Por otro lado, Funk *et al.* (1973), observaron que *Neonectria neomacrospora* ocasiona en forma natural reducciones del 30% de la parte aérea.

Entre los hongos que causan cánceres se encuentran *Cytospora abietis* Sacc. (Hawksworth, 1972) y *Neonectria neomacrospora* (Booth & Samuels) Mantiri & Samuels (Mantiri *et al.*, 2001).



Figura 19.
A) Miscelio sobre tallo de muérdago.
B) Presencia de hongos en la parte aérea del muérdago.
Fuente: propia.

Por otro lado, se han identificado hongos promisorios para el control de muérdagos enanos, por ejemplo, *Pestalotiopsis* sp. (Figura 20. A) sobre *Arceuthobium duranguense* en *Pinus douglasiana* (Sierra de Quila, Jalisco); *Cladosporium* sp. (Figura 20. B) sobre *Arceuthobium vaginatum* en *P. hartwegii* (Nevado de Toluca, México), así como hongos asociados de los géneros *Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp. en *A. globosum* y *A. vaginatum* (Nevado de Toluca y Monte Tláloc, México).

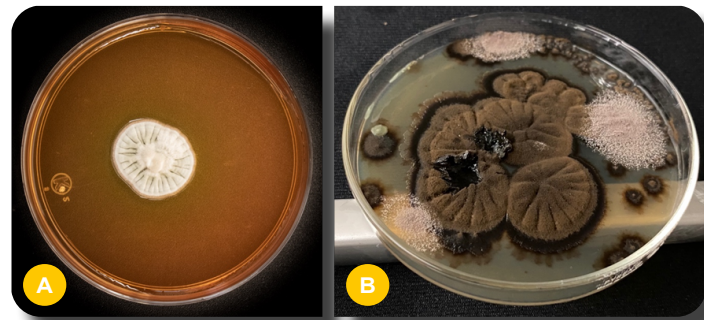


Figura 20. A) *Pestalotiopsis* sp. en caja petri sobre agar hierro y azúcares
B) *Cladosporium* sp. en caja petri sobre agar papa dextroza (PDA). Fuente: propia.

3.3.3. INSECTOS ASOCIADOS

Otra de las estrategias de control biológico son insectos herbívoros que se alimentan del muérdago, destruyendo la parte aérea, cabe mencionar que la presencia de estos organismos son una oportunidad de reducir su capacidad de dispersión (De la Paz, 1974).

Dentro de estos existen insectos que se alimentan de los tallos (Figura 21) ocasionando serios daños (Vega, 1976). Diversas especies de insectos se alimentan de brotes, frutos y semillas de muérdago enano (Hawksworth y Stevens, 1970). La mayoría se presentan de manera ocasional u oportunista, por ejemplo, hay reportes de algunas especies que usan al muérdago como alimento; Scharpf y Koerber (1986) mencionan que el saltamontes *Melanoplus devastato*, destruyó más del 90% de los brotes de *Arceuthobium campylopodium*

en una plantación de *Pinus jeffreyi* de California. Por otro lado, Nickrent (1988), menciona que la hormiga *Atta mexicana*, se alimentó de brotes de *Arceuthobium duranguense* en Sinaloa, México.

Ciertas especies de insectos, tales como los hemípteros (*Neoborella xanthenes* (Miridae) (Lattin, 1995) y *Clastoptera obtusata* (Cercopidae), coleópteros y *Thysanoptera*, se observan afectando de manera directa a los muérdagos verdaderos (Arriola *et al.*, 2012).

Sin embargo, la existencia de estos enemigos naturales no parece tener efectos considerados sobre el muérdago puesto que los daños causados son mínimos en relación con la magnitud de su distribución (De la Paz, 1974).

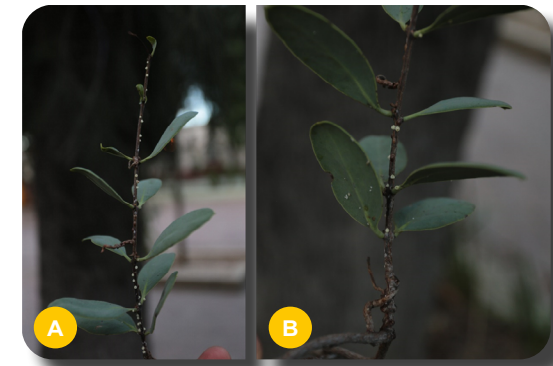


Figura 21. Insectos asociados al muérdago. Fuente: propia.

3.3.4. CONTROL QUÍMICO

Dentro de las estrategias, este tipo de control tiene como finalidad encontrar un producto químico que sea fácil de aplicar y que cause la muerte del muérdago sin provocar fitotoxicidad en el hospedante u otras especies arbóreas importantes, así como el sotobosque (Shamoun y DeWald, 2002).

En algunos de los casos de aplicación del control químico, se encuentran herbicidas que logran eliminar los tallos, pero no el sistema endofítico. Los mejores resultados han sido obtenidos con el uso

de 2, 4-D, MCP 4-2-metil-4-cloro-fenoxi y Ethephon; en arbolado joven y renuevo, este último con aplicaciones en los estados de México y Michoacán, en *Pinus hartwegii* y *P. pseudostrobus* parasitado por *Arceuthobium globosum* (Alvarado y Cibrián, 1991).

Cabe mencionar que los productos químicos al no ser selectivos en las áreas forestales pueden dañar las plantas que no son el objeto de control. A su vez, pueden filtrarse en los suelos y contaminarlos, así como causar daños a especies en peligro de extinción (Askew, 2007; Hernández, 2015).



Figura 22. Control químico sobre *Arceuthobium vaginatum* en *Pinus hartwegii*.
Fuente: propia.

Actividades
de prevención

4. ACTIVIDADES DE PREVENCIÓN

La prevención es el método más económico y eficiente para reducir el impacto de las plantas parásitas sobre sus hospederos, ya que son medidas orientadas a evitar la aparición de muérdagos y así reducir tiempo y costos de control.

4.1. IDENTIFICACIÓN DE RODALES Y ÁRBOLES RESISTENTES

Existe una interacción entre hospederos y plantas parásitas, por lo que los árboles han desarrollado defensas físicas y químicas para disuadir, evadir, repeler o minimizar el impacto de sus agresores bióticos (Zas y Sampedro, 2015). Por ello, es importante identificar árboles con aparente resistencia, ya que estos individuos serán los productores de semilla para las siguientes generaciones de arbolado con aparente resistencia al ataque de muérdagos.

4.2. OBTENCIÓN DE SEMILLAS

Según la CONAFOR (2018), la importancia de recolectar semillas radica en salvaguardar la diversidad genética de especies forestales, el objetivo de esto es asegurar el abasto de semilla para la reforestación de áreas degradadas. Los criterios para la recolección son los siguientes:

- Identificar un rodal semillero: conformado por al menos 50 árboles con características superiores a otros, como son, copa mejor conformada, fuste recto, con ramas delgadas en posición de inserción a 90° y con presencia de conos.
- La colecta de semillas se hace entre los meses de noviembre y febrero cuando los árboles han madurado.

El procedimiento consiste en el escalado del tronco hasta alcanzar

los conos, para después cortarlos con un gancho y colocarlos en bolsas de papel o yute, dependiendo de las características de cada fruto. Ya en el suelo, se verifica cada fruto y se obtiene la semilla (Figura 23), esta puede guardarse en alguna unidad productora de germoplasma forestal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).



Figura 23. Conos para colecta de semillas. Fuente: propia.

4.3. INDUCCIÓN A LA REGENERACIÓN NATURAL

Según varios estudios los incendios forestales, la erosión del suelo y la falta de regeneración natural han provocado una mayor incidencia de plagas y enfermedades en el bosque, entre ellos el muérdago (Carrillo, 2004). Por esto, la inducción a la regeneración natural en rodales con aparente resistencia se convierte en un factor importante a largo plazo para garantizar el establecimiento de poblaciones con menores niveles de infestación. Algunas prácticas para inducir la regeneración natural son la remoción de sotobosque y quema de carga combustible.

4.3.1. REMOCIÓN DE SOTOBOSQUE

La técnica de remoción se aplica a través de intervención antrópica solo para remover el sotobosque, esta técnica es aplicada en zonas donde anteriormente se han identificado árboles con aparente resistencia a muérdagos, este proceso consiste en:

Identificar árboles con aparente resistencia y presencia de conos. En caso de dos o más árboles, realizar la remoción de suelo al centro para que la semilla de ambos tenga oportunidad de establecerse (Figura 24).



Figura 24. Árboles semilleros con posible resistencia genética. Fuente: propia.

La remoción se aplica únicamente a pastos, puesto que los arbustos reducen la velocidad del viento y funcionan como plantas nodrizas, es decir, aquellas que dan protección a las plántulas mientras crecen lo suficiente para enfrentar las condiciones del medio (Cavieres *et al.*, 2006). Al remover los pastos es importante acomodarlos en curvas de nivel para disminuir la erosión del suelo en época de lluvias, además de retener las semillas (Figura 25).



Figura 25. Remoción y acomodo de pastos. Fuente: propia.

4.3.2. QUEMA DE CARGA COMBUSTIBLE

Esta práctica se recomienda con especies adaptadas a la ecología del fuego, tal como *Pinus hartwegii*, dicha práctica consiste en la acumulación y quema de carga combustible (ramas y troncos secos de arbolado caído) debajo del árbol antes identificado como resistente, con la finalidad de que el calor producido por la flama induzca la apertura de los estróbilos y así iniciar la expulsión de semillas hacia los claros de suelo removido o bien hacia otros lugares cercanos. Algunos aspectos que considerar son:

La distancia de la fogata debe ser de 4 a 5 m del árbol, esto para evitar la quema de raíces.

Una vez iniciado el fuego, tratar que la flama llegue hasta los 2 m de altura para que el aire caliente tenga más oportunidad de subir y llegar de forma directa a los conos (Figura 26).

El fuego debe permanecer por al menos una hora para garantizar que el aire caliente llegue a la copa del árbol.

Al finalizar la práctica, apagar por completo el fuego (Figura 27).



Figura 26. Quema de carga combustible.
Fuente: propia. Figura 27. Término del fuego. Fuente: propia.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, F. y Román, R (2006). "Anti-diabetic plants in Mexico and Central America", en Soumyanath, A. (ed), *Traditional Medicines for Modern Times*, U.S.A., Taylor & Francis Group. 179-187 p.
- Alvarado, R. y Cibrián T. (1991). "Efecto del Ethephon sobre muérdago (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en arboles de *Pinus hartwegii*". *Resúmenes del VI Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal*. Soc. Mex. de Entomología. Chapingo, México. 78 p.
- Andrade-Cetto, A. y Heinrich, M. (2005), "Plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes". *Journal of Ethnopharmacology*, 3: 325-348.
- APS. (2004). "Introduction to Parasitic Flowering Plants". *The Plant Health Instructor*.
- Arriola, V., Reséndiz, F., Chaires, M., Medellín, R. y Pérez, M. (2012). "Insecta asociada a muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en los parques nacionales Izta-Popo y La Malinche". *Entomología mexicana*, 2 (2): 829-834.
- Arzate, A., Gutiérrez, G. y Heredia, R. (2016). "Diversidad genética de dos especies de coníferas en el Nevado de Toluca. Una alternativa de conservación". Universidad Autónoma del Estado de México. Primera edición. Toluca, Estado de México.
- Askew, E. (2007). "Assessment of *Colletotrichum gloeosporioides* as a biological control of hemlock dwarf mistletoe (*Arceuthobium tsugense*)". The University of British Columbia. 155 p.
- Aukema, J. (2003). "Vectors, viscin, and Viscaceae: mistletoes as parasites, mutualists, and resources". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(3): 212-219.
- Bermúdez, A., Oliveira, M. y D. Velázquez (2005). "La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: Una revisión de sus objetivos y enfoques actuales". *Interciencia*, 8: 453-459.
- BOLFOR y PROMABOSQUE. (1999). "Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs). Santa cruz de la sierra, Bolivia.
- Brenes, G. (2002). "Programa de Restauración y Silvicultura del Bosque Seco A.C.G". 88-94 p.
- Brienen, R., Phillips, O. y Feldpausch, T. (2015). "Long-term decline of the Amazon carbon sink". *Nature*, 519: 344-348.
- Carrillo L. (2004). "Pinos y encinos de la primavera enfermos". *Gaceta Universitaria*. Universidad de Guadalajara. 347: 21.
- Cavieres, L., Badano, E., Sierra A., Gómez G. y Molina M. (2006). "Positive interactions between alpine plant species and the nurse cushion plant *Laretia acaulis* do not increase with elevation in the Andes of central Chile". *New Phytologist*, 169: 59-69.
- Cibrián, T. y Cibrián, D. (1985). "Contribución al conocimiento de la biología *Lophodermella* sp., (Ascomycetes: *Hypodermataceae*) en plantaciones de *Pinus ayacahui-*

- te var. *Vertchii*". In *Memoria de los Simposios Nacionales de Parasitología Forestal II y III*. México, D.F. Publicación especial, 46: 319-324.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2007). "Manual de sanidad vegetal". Primera edición. México. 75 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2018). "Sanidad forestal". México.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2021). "Estado que guarda el sector forestal en México. Bosques para el bienestar social y ambiental 2021". Primera edición. México.
- De la Paz P. (1974). "Anatomía de la madera de cinco especies de encinos de Durango". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. *Boletín Técnico*. No. 43. 35 p. México.
- DeBach, P. y Rosen, D. (1991). "Biological control by natural enemies". 2nd edn. Cambridge: Cambridge University Press.
- Endara, A., Heredia, R., García, L., Luna, A., Aguirre, J. (2023). "Distribución espacial del descortezador *Dendroctonus adjunctus* Blandford, 1897 (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) en dos bosques de alta montaña del centro de México". *Acta zoológica mexicana*, 39. Xalapa, Veracruz.
- Franco, S., Endara A., Regil H. y Nava, A., (2010). "Estudio fitosanitario forestal del parque nacional nevado de Toluca". México: CONANP.
- Frey, C. y Acebes, A. (2021). Las plantas parásitas roban agua, nutrientes... y hasta genes. The conversation. Academic rigour, journalistic flair.
- Funk, A., Smith, R. B. y Baranyay, J. (1973). "Canker of dwarf mistletoe swellings on western hemlock dwarf caused by *Nectria fuckeliana* var *macrospora*". *Can. J. For. Res.*, 3: 71-74.
- Galán, P. (2020). "Tratamiento para los géneros *Castilleja* y *Lamoureauxia* (Orobanchaceae) en El Salvador, Centro América". *Bioma*, 54(5): 22-35.
- García, G. (1981). "Plantas Medicinales de la Vertiente sur de la Sierra de Pachuca, Hidalgo". Tesis de licenciatura en Biología, México, Instituto Politécnico Nacional.
- Geils, B. y Hawksworth, F. (2002). "Damage, Effects, and Importance of Dwarf Mistletoes". En Geils, B., Cibrián, J. y Moody, B. (Eds.), *Mistletoes of North American Conifers*. Ogden, EUA: USDA Forest Service General Technical Report. 57-66 p.
- Gilbert, A. (1984). "The biology of dwarf mistletoes (*Arceuthobium* spp.) in Manitoba". Winnipeg: University of Manitoba. 138 p.
- Gilbert, S. (2002). "Evolutionary ecology of plant diseases in natural ecosystems". *Annu Rev Phytopathol*, 40(1): 13-43.
- Gómez, Pompa, A. (1985). "Los recursos bióticos de México: reflexiones, México". *Alhambra Mexicana*. 122 p.
- González, E., Serrano, C., de Lira, R. y Sánchez, G. (2016). "Evaluación de hongos para el control microbiano de muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) y solicitud de protección". *Informe técnico parcial proyecto CONAFOR Sanidad Forestal*. INI-FAP-CEPAB, Aguascalientes. 18 p.

- González, M., López, L., González, S. y Tena, J. (2004). "Plantas medicinales del estado de Durango y zonas aledañas". Instituto Politécnico Nacional, Durango. 209 p.
- Hawksworth F. y Geils. B. (1996). "Biotic associates". In: Hawksworth, F. G. and Wiens, D. 1996. *Dwarf mistletoes: Biology, pathology and systematics*. Agriculture Handbook 709. United States Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC. U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 73-89 p.
- Hawksworth F., y Johnson, W. (1989). "Mistletoe control with ethephon". In: van der Kamp, B.J., comp. *Proceedings, 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference*; 1988 September 19-23; Park City, UT. Vancouver, BC: University of British Columbia, Department of Forest Sciences: 29-45 p.
- Hawksworth, F. (1972). "Biological control of the mistletoes". In: Nordin, V. J. (comp.) *Biological control of forest diseases*. Fifteenth Congress of the International Union of Forestry Research Organizations. Gainesville, Fl. Ottawa ON: Canadian Forestry Service. 83-92 p.
- Hawksworth, F. (1977). "The 6 class dwarf mistletoe rating system". USDA. Gen. Tec. Rep. RM-48. Fort Collins, CO. USA. 6 p.
- Hawksworth, F. (1983). "Mistletoes as forest parasites". In: Calder, M. y P. Bernhardt (eds.). *The biology of mistletoes*. Academic Press. Nueva York. 320-329 p.
- Hawksworth, F. y Johnson, W. (1988). "Mistletoe control with ethephon". In: van der Kamp, B.J., comp. *Proceedings 36th annual western international forest disease work Conference*. Park City, UT, September 19-23 p. Vancouver, BC: University of British Columbia, Department of Forest Sciences.
- Hawksworth, F. y Stevens, D. (1970). "New taxa and nomenclatural changes in *Arceuthobium* (Visceae)". *Brittonia*, 22: 265-269.
- Hawksworth, F. y Wiens, D. (1972). "Biology and classification of dwarf mistletoe (*Arceuthobium*)". USDA. Forest Service Department of Agriculture. Washington. 233 p.
- Hawksworth, F. y Wiens, D. (1996). "*Dwarf mistletoes: biology, pathology, and systematics*". *Agric. Handb.* 709 p. Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Hernández P. (2015). "Búsqueda de agentes de control biológico en muérdago del género *Arceuthobium*". Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, México. 88 p.
- Hernández, G., Endara, A., Gonzalez, M., Marrinez, J., Vilmar, G., Estrada, J. (2017). "La utilización del muérdago enano (*Arceuthobium globosum*) como forraje en la alimentación de rumiantes". En Perez, L., Gomez, D., Gutierrez, A., Salgado, L., Jaimes, E. (Primera edición). *Sustentabilidad agropecuaria. Experiencias de investigación para el desarrollo agropecuario, forestal y rural*. México. 49-60 p.
- Hernández, J., Hernández, G., Arriaga, C., Gonzalez, C., G_racia, R., Valdés, R., Endara, E., Gonzalez, M. y Estrada, J. (2019). "La producción y alimentación del ganado en el sistema de alta montaña: cano Nevado de Toluca". En Herrera, F., Arteaga, T., Estrada, J., Escobedo, J., Reyes, J. *Experiencias ganaderas, agrícolas y forestales en la conservación de los recursos naturales*. México. 58-67 P.

- IFPC. (2010). "Insects and Disease". Idaho Forest Products Commission.
- Kope, H. y Shamoun, S. (2000). "Mycoflora associates of western hemlock dwarf mistletoe plants and host swellings collected from southern Vancouver Island". British Columbia. *Can. Plant Dis. Surv.* 80: 144-147.
- Küpeli, E., Orhan, I., Kartal, M. y Yesilada, E. (2010), "Bioactivity guided evaluation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Arceuthobium oxycedri* (D.C.) M. Bieb". *Journal of Ethnopharmacology*, 1: 79-84.
- Láres, A. (2007), "La sabiduría popular como fuente para investigaciones fotoquímicas". En *memorias del XVII Congreso Venezolano de Botánica, Sociedad Botánica de Venezuela*, 20 al 25 de mayo.
- Lattin, D. (1995). "The Hemiptera:Heteroptera of the Columbia River Basin, Western United States". Corvallis, OR. 56 p.
- Leitão, F., de Lima, D., De Almeida, M. y Guimarães, S. (2013). "Secondary metabolites from the mistletoes *Struthanthus marginatus* and *Struthanthus concinnus* (Loranthaceae)". *Biochemical Systematics and Ecology*, 48: 215-218.
- Luttge, U., Haridasan, M., Fernandez, G.W., Mattos, E.A., Trimborn, P., Franco, A.C., Caldas, L.S., Ziegler, H. y De Mattos, E.A. (1998). "Photosynthesis of mistletoes in relation to their hosts at various sites in tropical Brazil". *Trees-Structure and Function*, 3: 67-174.
- Mantiri, F. R., Samuels, H. G. J., Rahe, J. E. y Honda, B. M. (2001). "Phylogenetic relationships in *Neonectria* species having *Cylindrocarpon* anamorphs inferred from mitochondrial ribosomal DNA sequences". *Can. J. Bot.* 79: 334-340.
- Marchal, D. (2009). "El muérdago en la ciudad de México". *Revista Arbolama*. Asociación Mexicana de Arboricultura. 10 p.
- Martínez, M. (1954). "Las plantas medicinales de México". México, Editorial Botas. 656 p.
- Mayer, H. y Ott, E. (1991). "Gebirgswaldbau, Schutzwaldpflege. Ein waldbaulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz". Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. (2000). "Manual de métodos básicos de muestreo y análisis de ecología vegetal". Santa Cruz de la sierra. Bolivia.
- Navarro, C. y Avendaño, S. (2002), "Flora útil del municipio de Astacinga, Veracruz, México". *Polibotánica*, 14: 67-84.
- Nickrent, L. (1988). "Ant-dwarf mistletoe relationships". *The Golden Bough Royal Botanic Gardens, Kew*, 10: 1-4.
- Pacheco, M., Reséndiz M. y Arriola, V. (2019). "Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión". *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10 (56): 4-32.
- Parmater y Uvanholt. (1976). "In dwarf mistletoe control through forest management". In: *Proceeding of the symposium Gen. Tech. Rep. Psw.* 31. 1975. April 11-13., Berkeley, CA. Departament of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forestal and range Experiment Station. 188-190 pp.

- Phillips, O., Aragão, L., Lewin, S., Fisher, J. y Torres, A. (2009). "Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest". *Science*, 323: 1344-1347.
- Press, M. y Graves, J. (1995). "*Parasitic plants*". Chapman and Hall. London. 292 p.
- Press, M. y Phoenix, G. (2005). "Impacts of parasitic plants on natural Communities". *New Phytologist*, 166 (3): 737-751.
- Rietman, M., Shamoun, S. y Vander Kamp, B. (2005). "Assessment of *Neonectria neomacrospora* (anamorph *Cylindrocarpon cylindroides*) as an inundative biocontrol agent against hemlock dwarf mistletoe". *Canadian Journal of Plant Pathology*, 27: 603-609.
- Rodríguez, A. (1985). "Infestación del muérdago enano *Arceuthobium vaginatum* (Hill) Presl., en el repoblado de *Pinus hartwegii* Lindl. del Parque Nacional Zoquiapan, Estado de México". *Biol. Téc. Núm.* 122. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH, México.
- Rodríguez, M., Pérez, L., Serrato, B., Juárez, M., Mascher, D. y Paredes, C. (2003). "Endotheliumdependent effects of the ethanolic extract of the mistletoe *Psittacanthus calyculatus* on the vasomotor responses of rat aortic rings". *Journal of Ethnopharmacology*, 2 (3): 213-218.
- Roth, F. (1978). "Genetic control of dwarf mistletoe". En: Proceedings of the symposium on dwarf mistletoe control through forest management. Technical Coordinators: Scharpf, R. F. y Parmeter, Jr. J. R. usda For. Serv. Gen. Tech. Rep. Vol. 31. 69-72 p.
- Sáenz-Romero, C., Mendoza-Maya, E., Gómez-Pineda, E., Blanco-García, A., Endara-Agramont, A., Lindig-Cisneros, R., López-Upton, J., Trejo-Ramírez, O., Wehenkel, C., Cibrián-Tovar, D., Flores-López, C., Plascencia-González, A. y Vargas-Hernández, J. (2020). Recent evidence of Mexican temperate forest decline and the need for ex situ conservation, assisted migration, and translocation of species ensembles as adaptive management to face projected climatic change impacts in a megadiverse country. *Canadian Journal of Forest Research*, 50 (9): 843-854.
- Scharpf, R. (1984). "Host resistance to dwarf mistletoe". *American Journal of Botany*, 71 (5). Part 2.
- Scharpf, R. (1987). "Resistance of Jeffrey pine to dwarf mistletoe". En: Proceedings of the 4th International Symposium on Parasitic Flowering Plants. 745-753 p.
- Scharpf, R. y Koerber, T. (1986). "Destruction of shoots, flowers, and fruits of dwarf mistletoe by grasshoppers in California". *Canadian Journal of Forest Research*, 16: 166-168.
- SEDEMA. (2000). "Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la Ciudad de México". Distrito Federal, México.
- Shamoun S., y Dewald. L. (2002). "Management Strategies for Dwarf Mistletoes: Biological, Chemical and Genetic Approaches". USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98.
- Shamoun, S., Rainsfield, T., y Vander Kamp, B. (2003). "Biological control approach for management of dwarf mistletoes". *New Zealand Journal of Forestry Science*, 33 (3): 373-384.

- Sotero, A. (2012), "Conocimiento de plantas medicinales empleadas para el tratamiento de afecciones respiratorias en el Parque Nacional Nevado de Toluca: caso de estudio Loma Alta, México". Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Sotero, A., Gheno, Y., Martínez, A. y Arteaga, T. (2016). "Plantas medicinales usadas para las afecciones respiratorias en Loma Alta, Nevado de Toluca, México". *Acta Botánica Mexicana*, 114: 51-68.
- USDA. (2003). "Strategic plan for forest health protection 2003-2007". Washington: United States Department of Agriculture.
- USDA. (2013). "Forest Service. National strategy framework for invasive species management". Washington: United States Department of Agriculture.
- Vázquez, I. y Geils, B. (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. 1-8 p.
- Vázquez, I., (1993). "Contribución al conocimiento del muérdago verdadero (*Psittacanthus* spp.) en México". SARH. INIFAP. CIPAC. *Boletín Técnico* No. 11. Uruapan, Mich. México.
- Vázquez, I., Villa, R. y Madrigal, H. (2006). "Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán". *Libro Técnico* No. 2. Mich. México: CIRPAC, INIFAP Uruapan, Michoacan. México.
- Vega R. (1976). "El muérdago enfermedad en bosques de coníferas y hojosas, bosques y fauna". Departamento de divulgación forestal. S.A.R.H. México. Vol. XII. Núm. 1. 49 p.
- Villavicencio M. y Pérez, B. (2006). "Plantas útiles del estado de Hidalgo, México". Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 237 p.
- Waizel, J. y Waizel S. (2005), "Algunas plantas utilizadas popularmente en el tratamiento de enfermedades respiratorias. Parte I". *Anales de Otorrinolaringología Mexicana*, 4: 76-87.
- WAYNE'S WORD. (1999). "Parasitic Flowering Plants". Wayne's word.
- Yesilada, E., Sezik, E., Honda, G., Tanaka, T., Takeda, Y. y Takaishi Y. (1999). "Traditional medicine in Turkey IX. Folk medicine in Northwest Anatolia; Skarya, Kocaeli, Bolu, Zondulda, Bartin, Karabuk Provinces". *Journal of Ethnopharmacology*, 3: 199-206.
- Zas, A.R. y Sampedro, L. (2015). "Resistencia de los pinos a plagas y enfermedades: nuevas oportunidades de control fitosanitario". *Cuadernos de la sociedad española de ciencias forestales*, 39: 259-273.
- Zuber, D. (2004). "Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L." *Flora. Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199: 181-203.

La primera edición de *Estrategias de manejo y control de plantas parásitas*, de Angel Rolando Endara Agramont, Miriam Alejandra Rosas Sánchez y Alma Abigail Luna Gil se terminó de imprimir el 13 de noviembre de 2023. La impresión consta de 200 ejemplares.

