



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

APROVECHAMIENTO DE *Arceuthobium vaginatum* (MUÉRDAGO ENANO)
CON FINES MEDICINALES EN FUNCIÓN DEL MANEJO FORESTAL
EN BOSQUES DE *Pinus hartwegii* EN ALTA MONTAÑA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

ALMA INÉS SOTERO GARCÍA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Enero de 2018.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES

APROVECHAMIENTO DE *Arceuthobium vaginatum* (MUÉRDAGO ENANO)
CON FINES MEDICINALES EN FUNCIÓN DEL MANEJO FORESTAL
EN BOSQUES DE *Pinus hartwegii* EN ALTA MONTAÑA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

ALMA INÉS SOTERO GARCÍA

COMITÉ DE TUTORES

Dra. Tizbe Teresa Arteaga Reyes. Tutora Académica

Dr. Ángel Roberto Martínez Campos. Tutor Adjunto

Dra. Verónica Bunge Vivier. Tutora Adjunta

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Enero de 2018.

Resumen

En México, los muérdagos representan el segundo agente biológico de perturbación en los bosques templados; éstos proveen diversos servicios ecosistémicos como el agua, sin embargo, la provisión depende en gran medida de la conservación de los ecosistemas forestales que permiten la captación y filtración del agua pluvial. Por ejemplo, en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca, México, los bosques templados cubren cerca del 70 % de su territorio, representados por los géneros *Pinus* spp. (ocote) y *Abies religiosa* (oyamel). Los escurrimientos que nacen en las laderas de esta Área Natural Protegida aportan agua a dos de las cuencas hidrológicas más importantes del país, las de los ríos Lerma y Balsas que suministran agua en las ciudades de Toluca y la Ciudad de México. Estos ecosistemas forestales presentan problemas de sanidad por la presencia de plantas parásitas entre las que destaca el género *Arceuthobium* spp. (muérdago enano), con aprovechamiento en la medicina tradicional mexicana. En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue analizar el aprovechamiento de *Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum* con fines medicinales por comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca en función de las podas de saneamiento como una de las prácticas de manejo forestal y su efecto para el control de esta planta parásita en los bosques de pino (*Pinus hartwegii*). La investigación se realizó en dos etapas independientes pero complementarias; en la primera a través de entrevistas semi-estructuradas en cinco comunidades se documentó el conocimiento local/tradicional sobre el muérdago enano y en la segunda etapa, mediante el monitoreo en bosques de pino en dos ejidos donde se aplicaron podas de saneamiento, se evaluó su efecto sobre el muérdago enano. Se determinó que en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca el muérdago enano se aprovecha con diferentes fines medicinales: *A. vaginatum* “muérdago negro” para el tratamiento de la tos, la carraspera y los nervios, y *A. globosum* “muérdago amarillo” para aliviar la tos; y con fines lúdicos como juguete para ambas especies y como tinta para *A. vaginatum*. Así mismo, se determinó que las podas de saneamiento en los bosques de *Pinus hartwegii* del Área Natural Protegida Nevado

de Toluca reducen la incidencia de muérdago enano en menos del 12.1 % en los sitios con poda en comparación con sitios sin podas, donde la incidencia es mayor al 61.8 %. Se enfatiza que el aprovechamiento del muérdago enano con fines medicinales en bosques *Pinus hartwegii* del Área Natural Protegida Nevado de Toluca podría ser afectado por la reducción de la población de esta planta parásita en bosques tratados.

Palabras clave: control de plagas, muérdago enano (*Arceuthobium* spp.), podas de saneamiento, usos locales.

Abstract

In Mexico, mistletoe represent the second biological agent of disturbance in temperate forests; these provides diverse ecosystem services such as water; however, the provision depends greatly on the conservation of forests ecosystems that allow to capture and the infiltration of rain water. For example, in the Natural Protected Area Nevado de Toluca, Mexico, temperate forests cover near 70 % of their territory, represented by the genders *Pinus* spp. (pine) and *Abies religiosa* (fir). The runoffs that are originated on the hillsides of this Natural Protected Area provide water for two of the most important hydrological basins in the country, the Lerma and Balsas rivers that supply water for Toluca and Mexico City. These forest ecosystems represent health problems due to the presence of parasitic plants, standing out the gender *Arceuthobium* spp. (dwarf mistletoe), with use in traditional Mexican medicine. In this context, the objective of the present research was to analyse the use of *Arceuthobium vaginatum* and *Arceuthobium globosum* for medicinal purposes in the Natural Protected Area Nevado de Toluca according to the sanitation pruning as one of the forest management practices and its effect for the control of this parasitic plant in pines forest (*Pinus hartwegii*). The research was carried out in two independent but complementary stages; in the first one through semi-structured interviews in five communities the local/traditional knowledge about dwarf mistletoe was documented and in the second stage through monitoring in pine forests of two *ejidos* where sanitation pruning was applied, its effect on dwarf mistletoe was evaluated. It was determined that in the Natural Protected Area Nevado de Toluca the dwarf mistletoe is used for different medicinal purposes: *A. vaginatum* “black dwarf mistletoe” is used for the treatment of cough, hoarseness and nerves, and *Arceuthobium globosum* “yellow dwarf mistletoe” to relieve cough; and for playful purposes as a toy for both species and as an ink for *Arceuthobium vaginatum*. Likewise, it was determined that sanitation pruning in *Pinus hartwegii* forests of the Natural Protected Area Nevado de Toluca reduces the incidence of dwarf mistletoe by less than 12.1 % in sites with pruning compared to sites without it, where the

incidence is greater than 61.8 %. It is emphasized that the use of dwarf mistletoe for medicinal purposes in *Pinus hartwegii* forests of the Natural Protected Area Nevado de Toluca could be affected by the reduction of the population of this parasitic plant in treated forests.

Key words: pest control, dwarf mistletoe (*Arceuthobium* spp.), sanitation pruning, local uses.

Dedicatoria

A mis padres T y R

A mis hermanos T y R

Los Amo

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada para realizar los estudios de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la SEP por el financiamiento del Proyecto de la Red Ibero-Latinoamericana para el Aprovechamiento y Conservación de Recursos Bióticos (RILACREB), intitulado Aprovechamiento y Protección del Conocimiento Etnobotánico Tradicional y de la Agrodiversidad: estudios de caso “zona centro del estado de Veracruz” y “Parque Nacional Nevado de Toluca”.

Al Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), por las facilidades brindadas para realizar este trabajo de investigación.

A la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), por su apoyo con la información referente a las podas de saneamiento en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca.

A la Dra. Tizbe Teresa Arteaga Reyes por la dirección, apoyo y dedicación a este trabajo.

A la Dra. Verónica Bunge Vivier, por sus comentarios y apoyo en el desarrollo del trabajo.

Al Dr. Ángel Roberto Martínez Campos, por su paciencia y disposición en el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Leopoldo Galicia Sarmiento por compartir sus conocimientos para el enriquecimiento de este trabajo.

A la Dra. Laura White Olascoaga por su apoyo para identificar las especies del muérdago enano.

Al Dr. Yves-François Le Lay por su apoyo y hospitalidad brindada durante mi estancia de investigación en la École Normale Supérieure, Francia.

Al Dr. Samuel Depraz por su tiempo y apoyo brindado durante mi estancia de investigación en la Université Jean Moulin, Francia.

A Alicia, Alma, Graciela, Iván, Jenny, Laura, Rosalba; por su apoyo para llevar a cabo diversas actividades en las instalaciones del ICAR.

A la Técnico Laboratorista Laura y la Técnico Académica Lourdes, por su amistad y por el apoyo que me brindaron para llevar a cabo los procedimientos de laboratorio en el ICAR.

A los habitantes de las comunidades La Peñuela, Agua Blanca, Loma Alta, Raíces y Las Jaras, así como al Comisariado Ejidal de San José Contadero y Santa María del Monte, por las facilidades brindadas para lograr exitosamente este trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos: Carlos Rubén, Ángel, Alejandro, Jacob, Carlos Alberto, Nadinne, Paola, Karen, Noé, Jocelyn Isabel, Tizbe, Alma Patricia, Sergio, Luis Ángel y Laura, por su apoyo para realizar los muestreos forestales.

CONTENIDO

Resumen.....	i
Abstract.....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Lista de figuras.....	x
Lista de cuadros.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1. Aprovechamiento de la flora.....	15
2.1.1. Conocimiento local/tradicional de la flora y su estudio.....	15
2.1.2. Conocimiento local/tradicional sobre plantas medicinales.....	16
2.1.3. Usos medicinales de plantas parásitas.....	17
2.2. Manejo forestal.....	18
2.2.1. Manejo de plagas.....	19
2.2.2. Plantas parásitas.....	19
2.2.3. Muérdago enano (<i>Arceuthobium</i> spp.).....	20
2.2.4. Prácticas para el control de muérdago enano.....	22
2.2.5. Control de plantas parásitas en México.....	25
2.2.6. Control de plagas en ANP.....	26
2.3. Área Natural Protegida Nevado de Toluca.....	27
2.3.1. Bosques templados.....	28
2.3.2. Conservación de bosques.....	29
2.3.3. El muérdago enano en el Nevado de Toluca.....	29
2.4. Programa de Sanidad Forestal de PROBOSQUE.....	31
3. JUSTIFICACIÓN.....	33
4. HIPÓTESIS.....	34
5. OBJETIVOS.....	35
5.1. General.....	35
5.2. Específicos.....	35
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
6.1. Sitos de estudio.....	36

6.2.	Trabajo de campo	38
6.2.1.	Colecta de material botánico	38
6.2.2.	Entrevistas	38
6.2.3.	Unidades de muestreo.....	39
6.2.4.	Monitoreo de variables	41
6.3.	Trabajo de gabinete	41
6.3.1.	Identificación de especies.....	42
6.3.2.	Análisis estadístico	42
7.	RESULTADOS	43
7.1.	Aprovechamiento del muérdago enano (<i>Arceuthobium vaginatum</i> y <i>Arceuthobium globosum</i>) con fines medicinales en comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca.....	43
7.1.1.	Conocimiento local del género <i>Arceuthobium</i> en un Área Natural Protegida del centro de México (Artículo Científico)	44
7.1.2.	Conocimiento medicinal de una planta parásita (<i>Arceuthobium vaginatum</i> y <i>Arceuthobium globosum</i>) en el Nevado de Toluca, México (Capítulo de Libro).....	62
7.2.	Efecto de las podas de saneamiento en el control del muérdago enano (<i>Arceuthobium</i> spp.) en bosques de pino (<i>Pinus hartwegii</i>) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca.....	78
7.2.1.	Efecto de las podas sobre <i>Arceuthobium</i> spp. en bosques densos y semidensos de <i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.) (Artículo Científico)	79
8.	DISCUSIÓN GENERAL	99
9.	CONCLUSIONES GENERALES	101
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
11.	ANEXOS	111

Lista de figuras¹

Figura 1. Comunidades seleccionas en bosque de pino infestado por muérdago enano en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca.	37
Figura 2. Rodales de bosque de pino infestado por muérdago enano.....	39

Lista de cuadros²

Cuadro 1. Ejidos del Área Natural Protegida Nevado de Toluca donde se han llevado a cabo saneamientos forestales para el control del muérdago enano.	38
Cuadro 2. Parcelas de los ejidos del Área Natural Protegida Nevado de Toluca donde se evaluó el efecto de las podas de saneamientos para el control del muérdago enano.	40

¹ No se enlistan las figuras contenidas en los artículos científicos / capítulo de libro de la sección de “resultados” de esta tesis.

² No se enlistan los cuadros contenidos en los artículos científicos / capítulo de libro de la sección de “resultados” de esta tesis.

1. INTRODUCCIÓN³

Las plantas parásitas obtienen los recursos y nutrimentos necesarios de la planta hospedera; como consecuencia hay una menor eficiencia en el desarrollo normal del hospedero afectando su desarrollo y reproducción (Pennings & Callaway, 2002). Uno de los géneros de plantas parásitas más importantes es *Arceuthobium* comúnmente conocido como muérdago enano; incluye 41 especies que parasitan a las familias Pinaceae y Cupressaceae (Nickrent & Musselman, 2004). La diversidad de especies más grande de este género se encuentra en el continente americano en la parte noreste y oeste de los Estados Unidos. Para México se tiene registro de 24 taxa (Hawksworth & Wiens, 1996) que parasitan exclusivamente a los géneros *Pinus* (29 especies), *Pseudotsuga* y *Abies* (2 especies, respectivamente) (Smith, 1985; Vázquez, Villa & Madrigal, 2006).

Los muérdagos enanos se encuentran entre los parásitos forestales que tienen mayor impacto biológico y económico en los bosques templados (Queijeiro-Bolaños & Cano-Santana, 2015). Causan importantes pérdidas económicas por ser patógenos altamente destructivos de productos madereros (Hawksworth, Wiens & Geils, 2002); en términos de volumen de madera las pérdidas anuales en el oeste de los Estados Unidos y el oeste de Canadá se han estimado en 11.3 y 3.8 millones de m³ de madera, respectivamente (Worral & Geils, 2006⁴). Para México se estiman pérdidas anuales de aproximadamente 2 millones de m³ de madera en rollo a nivel nacional (Vázquez *et al.*, 2006) a causa de los muérdagos, sin considerar la muerte del arbolado y la predisposición al ataque de otras enfermedades, por lo que son

³ En esta sección de introducción se enfatiza para aquellos lectores no familiarizados con las modalidades de tesis en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) que de acuerdo a los requisitos especificados en el Artículo 60 de su Reglamento de los Estudios Avanzados, los resultados se muestran conforme al modelo de presentación de “tesis por artículos especializados o capítulos de libro”, que consiste en incluir en la sección de resultados al menos un artículo de investigación original aceptado por una revista especializada arbitrada e indexada de reconocimiento internacional, o un capítulo de libro producto de la investigación aceptado por una editorial reconocida así como un artículo de investigación original o capítulo de libro enviado; en todos los casos con sus respectivos acuses de aceptación o de envío.

⁴ De acuerdo a la revisión de literatura de la autora no se identificaron datos vigentes, por tal motivo se retoman los últimos datos disponibles.

considerados el segundo agente de perturbación en los bosques templados, después de los incendios (Queijeiro-Bolaños & Cano-Santana, 2015).

Los bosques templados son comunidades forestales dominadas por pinos y encinos acompañados por especies que habitan en zonas montañosas con clima templado a frío. México posee la mayor riqueza de pinos (*Pinus*) con 55 especies (85 % endémicas) y encinos (*Quercus*) con 138 especies (70 % endémicas) (Mittermeier & Goettsch, 1992), representan el 16 % del territorio (3,233 km²) (Velázquez *et al.*, 2002) desde la Sierra Madre Oriental y Occidental, y cubriendo parte del Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Norte de Oaxaca y Sur de Chiapas. Al igual que otros ecosistemas, destaca la relevancia de conservar los bosques templados por los diversos servicios ecosistémicos que brindan como son: la conservación de la biodiversidad, la captación de agua, la retención de suelo, los sumideros de carbono, entre otros. Además de ser fuente de materias primas y productos naturales de gran importancia económica, tal es el caso de: la madera y celulosa (pinos y abetos), el carbón (encinos), la resina (pino), las plantas medicinales (sotobosque) y ornamentales (bromelias y orquídeas) (Challenger, 1998).

El aprovechamiento de la flora por los diferentes grupos humanos en el mundo ha dejado como legado el conocimiento tradicional acerca del uso y manejo de las plantas, en especial el de las medicinales que constituyen la base del cuidado primario de la salud en las comunidades rurales (López-Gutiérrez, Pérez-Escandón & Villavicencio, 2014). En la medicina tradicional mexicana se tiene registro de los usos medicinales para distintas especies de muérdago enano provenientes de bosques templados. Por ejemplo, se ha reportado el uso de *Arceuthobium cryptopodium* para el tratamiento de la tos (Martínez, 1954; Waizel & Waizel, 2005); *Arceuthobium globosum* es usado para el tratar el dolor pulmonar, el reumatismo y los nervios (González, López, González & Tena, 2004); *Arceuthobium oxycedri* se emplea para tratar desórdenes inflamatorios e infecciosos del tracto superior respiratorio, molestias gastrointestinales y como remedio hipotensor (Yesilada *et al.*, 1999; Küpeli, Orhan, Kartal & Yesilada, 2010); mientras que *Arceuthobium vaginatum* se utiliza en infusión para el tratamiento de la tos (Hawksworth & Wiens,

1996; Sotero-García, Gheno-Heredia, Martínez-Campos & Arteaga-Reyes, 2016) y la diabetes (Hawksworth & Wiens, 1996; Andrade-Cetto & Heinrich, 2005), también se ha reportado su uso con fines forrajeros (Rzedowski & Calderón de Rzedowski, 2011) para animales domésticos como cabras y borregos (Heiden-Jørgensen, 2008).

El manejo de los ecosistemas forestales incluye la manipulación tanto de sus componentes bióticos como abióticos en función de una amplia escala de valores (Puettmann, Coates & Messier, 2009). Entre las amenazas más importantes que enfrentan los bosques templados en la actualidad se encuentran los muérdagos que son considerados como los agentes biológicos de mayor destrucción (Geils & Vázquez, 2002). El desarrollo del muérdago enano puede verse comprometido por acciones antropogénicas como el manejo forestal y la perturbación, las alteraciones naturales asociadas a factores ambientales e incendios forestales y por características propias del bosque como la edad y talla de los árboles, que limitan la captación de recursos obtenidos del hospedero (Watson, 2001). Se ha observado que prácticas silvícolas como los incendios prescritos (Conklin & Geils, 2008), los clareos (Trummer, Hennon, Hansen & Muir, 1998), y la combinación de quemas y clareo (Hessburg, Povak & Brion, 2008) disminuyen la propagación e intensificación del muérdago enano (Shaw & Agne, 2017) y las podas (Maffei, Filip, Grulke, Oblinger, Margolis & Chadwick, 2016) reducen el porcentaje de árboles infestados por muérdago hasta un 20 %.

En México los muérdagos representan la segunda causa de daño forestal después de los incendios (Hawksworth *et al.*, 2002). El diagnóstico fitosanitario y posterior tratamiento a través de las labores de sanidad forestal del PROCOREF (Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales), coordinado por la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) (SEMARNAT, 2012), incluyen detección y combate de plagas mediante podas de saneamiento. En el Estado de México las Áreas Naturales Protegidas como el Nevado de Toluca no han sido la excepción, puesto que en el periodo 2009-2013 la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) realizó la poda de ramas verdes en el Área Natural Protegida

Nevado de Toluca para el control de muérdago enano en 175 ha de bosques de *Pinus hartwegii* (Lindl.). Por tanto, en este contexto fue de interés explicar la pregunta de esta investigación sobre ¿Qué pasa con el aprovechamiento de muérdago enano (*A. vaginatum* y *A. globosum*) cuando hay podas de saneamiento como parte del manejo forestal en los bosques de pino (*Pinus hartwegii*) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca?

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aprovechamiento de la flora

El uso de la biodiversidad y la búsqueda de nuevos recursos originados de especies nativas es de gran importancia para la humanidad ya que el aprovechamiento va más allá de mejorar la economía privada y rural; busca promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales (FAO, 1995). El aprovechamiento de los recursos vegetales involucra diferentes formas de manipulación de las plantas por las poblaciones locales, entre las que se pueden reconocer tres categorías de plantas de acuerdo a la forma de manejo y el grado de manipulación por las poblaciones humanas: a) plantas recolectadas, b) plantas bajo manejo incipiente y c) plantas cultivadas (Casas, Vázquez, Viveros & Caballero, 1996; Caballero, Casas, Cortés & Mapes, 1998). Involucra el manejo directo de éstos en hábitats naturales, lo cual implica el diseño de sistemas de aprovechamiento dependientes del conocimiento tanto tradicional como científico referente a la biología de las especies y sus relaciones ecológicas (Becerra, 2003).

2.1.1. Conocimiento local/tradicional de la flora y su estudio

El conocimiento tradicional (Cotton, 1996) o local, definido como el conocimiento que la gente en las comunidades ha desarrollado a través del tiempo (FAO, 2004); es considerado como el conjunto de saberes y prácticas generadas, seleccionadas y acumuladas colectivamente a lo largo del tiempo y se transmiten de generación en generación (Burrola-Aguilar, Montiel, Garibay-Orijel & Zizumo-Villareal, 2012). Teniendo en cuenta que las plantas han formado parte fundamental en todos los aspectos de cualquier cultura humana, el trabajo etnobotánico suele centrarse en los grupos humanos cuya relación con la naturaleza es más directa; los más importantes son los pueblos indígenas y las culturas rurales (Pardo & Gómez, 2003). La etnobotánica es una útil herramienta para la recopilación, descripción y estudio de la cultura botánica popular (Toledo, 1982), además de ocuparse del estudio e interpretación del conocimiento, significación cultural, manejo y usos tradicionales

de los elementos de la flora dentro de un grupo humano determinado. Se basa en la historia de cada grupo cultural tomando en cuenta el medio en que se desempeña, ya que representan una práctica a través de la cual se han conservado muchos de los recursos naturales que se siguen empleando en la actualidad; destaca el interés por la naturaleza del conocimiento, su origen y adquisición; de la tecnología, su generación e impacto; de los mecanismos de transmisión de conocimiento; de la búsqueda de las prácticas de aprovechamiento y de la taxonomía utilizadas por poblaciones humanas (Barrera, 1979).

2.1.2. Conocimiento local/tradicional sobre plantas medicinales

Las plantas medicinales en las comunidades rurales constituyen la base del cuidado primario de la salud, la recuperación del medio ambiente y el incremento en el ingreso familiar (WHO, 2002; Hamilton, 2004; Shengji *et al.*, 2010). Este conocimiento comprende la identificación de las especies, las partes utilizadas, la mejor época de cosecha, la preparación y la dosificación (Martínez, 1954). Reconocer y valorar la importancia que las plantas medicinales brindan a los pobladores en dichas comunidades es un punto de partida para promover la conservación y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad; puede ser la clave para conservar hábitats completos y contribuir a la disminución de la pobreza y mejorar la calidad de vida (Adams *et al.*, 2004).

El conocimiento local/tradicional puede ser una herramienta en el desarrollo y en la conservación de la diversidad biológica y cultural, además de utilidad para la elaboración de programas de conservación (Charnley, Fischer & Jhones, 2007; Reyes-García, 2007). Diversos estudios destacan que el mayor número de plantas útiles son aprovechadas con fines medicinales (Martínez-Pérez, López, Gil-Muñoz & Cuevas-Sánchez, 2012; Burgos-Hernández, Castillo-Campos & Vergara, 2014; Vázquez-Alonso *et al.*, 2014; Bello-González, Hernández-Muñoz, Lara-Chávez & Salgado-Garciglia, 2015; Martínez-Cortés, Manzanero-Medina & Lustre-Sánchez, 2017). Una de sus funciones más importantes en la biología de la conservación es su uso, manejo y aprovechamiento derivados de su importancia cultural (Cortés-

Rodríguez & Venegas-Cardoso, 2011; Montañez-Armenta, Valtierra-Pacheco & Medina-Torres, 2011; Valdés-Cobos, 2013). Por lo que es necesario que se incluyan nuevos aspectos como: i) documentación del conocimiento local/tradicional, ii) la determinación de las características ecológicas y iii) estrategias de conservación de las plantas y sus ecosistemas de origen (Bermúdez, Oliveira & Velázquez, 2005). No solo en el caso de especies amenazadas o en peligro de extinción, sino también para las plantas parásitas que además de tener usos principalmente medicinales también son agentes dañinos tanto para árboles frutales, impactando negativamente la economía de las familias campesinas (Pérez, 2016), como en árboles maderables (coníferas) afectando la obtención de productos maderables y los servicios ecosistémicos que brindan.

2.1.3. Usos medicinales de plantas parásitas

En el caso específico de las plantas parásitas, de las cuales existen aproximadamente 4,200 especies distribuidas en 18 familias (Nickrent, 2002), destacan los muérdagos para los cuales se tiene reporte de usos medicinales para cinco géneros:

- (i) *Cladocoea* spp. para el tratamiento de la diabetes, enfermedades dermatológicas y tumores en la piel (Waizel, Herrera, Alonso & Villareal, 1994)
- (ii) *Psittacanthus* spp. para la hipertensión, cicatrización de heridas, agente hipoglucémico (Martínez, 1954; Rodríguez-Cruz *et al.*, 2003; Andrade-Cetto & Heinrich, 2005), prevención de infecciones bacterianas, reducción de los niveles de lípidos en las arterias (tratamiento de esclerosis) y anticancerígeno (Lüttge *et al.*, 1998).
- (iii) *Phoradendro* spp. como anti febrífugo (Navarro & Avendaño, 2002), para el tratamiento del cáncer (Alonso-Castro, Villareal, Gómez-Sánchez, Domínguez & García-Carranca, 2011), anticonceptivo (Huaranca, Armas & Vigo, 2013) y en tratamientos periodontales (Waizel-Bucay & Martínez, 2011).

- (iv) *Struthanthus* spp. para el tratamiento de neumonía y tuberculosis (Leitão, de Lima, de Almeida & Guimarães, 2013), para aliviar la tos y como hipoglucémico (Lorenzana-Jiménez, Guerrero, García & Gijón, 2009).
- (v) (v) *Arceuthobium* spp. para el tratamiento de la gripa, bronquitis y tos, dolor gástrico y hemorroides y como remedio hipotensor (Yesilada *et al.*, 1999; Küpeli *et al.*, 2010), para el tratamiento de la tos, diarrea, remedio hipoglucémico, dolor de huesos, dolor pulmonar, reumatismo y los nervios (Martínez, 1954; García, 1981; Gonzáles *et al.*, 2004; Andrade-Cetto & Heinrich, 2005; Waizel & Waizel, 2005; Alarcón-Aguilar & Román-Ramos, 2006; Sotero-García *et al.*, 2016; Villavicencio & Pérez, 2006), enfermedades neurológicas (Ari, Temel, Kargioglu & Konuk, 2015), el tratamiento del insomnio (Zhang *et al.*, 2015). También se han documentado otras características de las especies *Arceuthobium vaginatum* como es la presencia de fenoles superior a la dosis recomendada del antiséptico bucal Listerine® (eucaliptol, timol y mentol) (Sotero, 2012), así como la validación de la actividad antiinflamatoria y anticonceptiva de *Arceuthobium oxycedri* (Küpeli *et al.*, 2010).

2.2. Manejo forestal

El manejo forestal puede definirse como un proceso social (realizado por organizaciones humanas y dirigido hacia los objetivos de éstas) en el cual existen intervenciones técnicas, institucionales y comunicativas para lograr el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales y la conservación a largo plazo, o en su caso la restauración de los ecosistemas forestales (bosques, selvas, matorrales, etc.), que además de proveer materias primas realizan funciones de regulación ambiental, fundamentales para la vida (Chapela, 2012). La silvicultura es la teoría y práctica de controlar el establecimiento, composición, constitución, crecimiento y desarrollo de los ecosistemas forestales para la continua producción de bienes y servicios mediante un plan de actividades (tratamientos); se promueve la regeneración arbórea alterando las variables abióticas y bióticas que la afectan

(luz, nutrientes, agua, cama de semillas, etc.) (O'Hara, 2001); con el fin de regenerarlo, mantenerlo y protegerlo.

2.2.1. Manejo de plagas

Entre las amenazas más importantes que enfrentan los bosques templados está la conversión en tierras agropecuarias (ritmo acelerado en la actualidad) y el aprovechamiento forestal irracional y no sustentable (SEMARNAT, 2000). Los bosques de pino son los más afectados por el fuego y la resinación excesiva, en comparación con los ataques por plagas y enfermedades (FAO, 2015). No obstante, los muérdagos son el segundo agente biológico más dañino en las zonas forestales de México, ya que de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) durante el periodo 1990-2011 el promedio de la superficie afectada anualmente por plagas y enfermedades fue de 38,640 hectáreas, la mayor superficie correspondió a los muérdagos con el 36 %, seguidos de los descortezadores con 33 % (SEMARNAT, 2012).

2.2.2. Plantas parásitas

La fitopatología estudia las causas y desarrollo de las enfermedades de las plantas (Urbina, 2011), para una detección más precisa de las enfermedades y posteriormente generar métodos de control, partiendo del reconocimiento de los agentes causales (Agrios, 2005). Las enfermedades en las plantas se presentan cuando una o varias de sus funciones son alteradas por determinadas condiciones del medio ambiente (no infecciosas) como: temperaturas muy altas o muy bajas, falta o exceso de humedad y luz, falta de oxígeno, contaminación atmosférica, deficiencias de nutrientes por toxicidad mineral, acidez o alcalinidad del suelo, toxicidad por plaguicidas y prácticas agrícolas inadecuadas; o de acuerdo al tipo de agente patógeno que las ocasiona (infecciosas): hongos, procariontes (bacterias y micoplasmas), virus y viroides, nematodos, protozoarios y plantas superiores parásitas (Arauz, 1998).

Las enfermedades infecciosas se caracterizan por la capacidad que tiene el patógeno de crecer y reproducirse con gran rapidez en las plantas, así como por su habilidad para difundirse de éstas a otras plantas sanas. Los patógenos atacan a las plantas debido a que, durante su desarrollo evolutivo, adquirieron la capacidad de prescindir de las sustancias producidas por sus hospederos. Para que un patógeno infecte una planta, debe inicialmente introducirse para abrirse paso al interior de la misma, obtener sus nutrientes y neutralizar sus reacciones de defensa secretando diversos compuestos químicos que afectan ciertos componentes o mecanismos metabólicos de los hospederos (Agris, 2005). Un parásito es un organismo que vive, ya sea dentro o fuera de otro organismo, para poder desarrollarse y reproducirse. Necesita asociarse de manera estrecha con su hospedero para obtener los nutrientes y agua necesarios, disminuyendo la eficiencia en el desarrollo normal y la reproducción de la planta hospedera (Pennings & Callaway, 2002). Sin embargo, el daño ocasionado con frecuencia es mucho mayor que el que podría esperarse de la simple absorción de los nutrientes por el parásito.

Las plantas superiores parásitas aplican una presión de tipo mecánico sobre la superficie que intentan penetrar; esta fuerza de presión varía de acuerdo al grado de “preablandamiento” que ejercen las secreciones enzimáticas del patógeno sobre la superficie de la planta. Los órganos serán incapaces de realizar sus funciones de manera normal por la invasión de estructuras del patógeno y con sustancias que secreta éste o el hospedero; por ejemplo, se observa destrucción de los tejidos en las partes verdes, los estomas permanecen parcialmente cerrados inhibiendo el proceso de fotosíntesis, la translocación del agua a través del tallo sufre alteraciones teniendo como consecuencia que sus productos o usos serán deficientes para el resto de la planta (Agris, 2005).

2.2.3. Muérdago enano (*Arceuthobium* spp.)

Entre los géneros más importantes de la familia Santalaceae se encuentra *Arceuthobium* spp. conocido comúnmente como muérdago enano que parasita principalmente a especies de las familias Pinaceae y Cupressaceae (Nickrent,

2002). El interés sobre este género se ha centrado en su biología, debido a que es uno de los más evolucionados y especializados, capaz de producir sus propios carbohidratos mediante fotosíntesis (Sarangzai, Khan, Wahab & Kakari, 2010). Presentan diversas coloraciones (rojo, negro, verde, amarillo), tallos ramificados con nudos engrosados, hojas opuestas y escuamiformes con muy poca actividad fotosintética debido a sus bajos contenidos de clorofila (actividad esencialmente reproductiva). El fruto es ovoide y al desprenderse lanza la semilla al exterior en forma explosiva, que llega a alcanzar distancias de hasta 17 m, con una velocidad inicial de 100 km/h, aunque también pueden ser transportadas a distancias mucho mayores por aves, mamíferos e insectos (Hawksworth & Wiens, 1996).

Arceuthobium globosum Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule*: las plantas maduras alcanzan una altura de 18-50 cm, con color amarillo verdoso; generalmente la base es oscura en los brotes maduros. Parasita al menos 12 especies de pino, entre las que destacan *Pinus durangensis*, *P. laesonii*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. rudis*, *P. pseudostrubus*, *P. teocote* y *P. hartwegii* (Hawksworth & Wiens, 1972). *Arceuthobium vaginatum* (Willd) Presl. sp. *vaginatum*: son plantas de 20-50 cm de altura con tallos café oscuro o negros, ramificados. Sus principales hospederos son: *Pinus montezumae*, *P. hartwegii*, *P. rudis*, *P. lawsonii*, *P. pseudostrubus*, *P. patula* y *P. teocote* (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2010).

El ciclo de vida de este patógeno se divide en cuatro fases: 1) dispersión, 2) establecimiento, 3) incubación y 4) reproducción (Mathiasen, Nickrent, Shaw & Watson, 2008). Las semillas son descargadas explosivamente al final del verano con una velocidad de 27 m/s a una distancia de 10-16 m (Hinds, Hawksworth & McGinnies, 1963), las cuales son interceptadas por las hojas de los hospederos que se encuentran a 2-4 m de distancia (Hawksworth, Nicholis & Merrill, 1987). Las semillas resbalan hacia la base de las hojas (Shaw & Loopstra, 1991) donde la germinación depende del estado de las hojas, la composición del hospedero y de factores ambientales como la temperatura (Smith, 1973). Cerca de dos años después de la infección aparece la hipertrofia alrededor del tejido infectado; un año

después aparecen los primeros tallos y dos años después aparecen los frutos maduros (Hawksworth & Wiens, 1996).

La mayoría de las combinaciones hospedero-muérdago se presentan en tejidos jóvenes de menos de cinco años, el proceso de infestación del muérdago enano se reconoce como ascendente en el dosel (Shaw & Loopstra, 1991); los brotes se localizan al interior de la copa donde la infección secundaria se intensifica rápidamente (Smith, 1973). A nivel individuo se observa una reducción de crecimiento y fertilidad (Hawksworth & Wiens, 1996) en árboles mayores a 2 m (Hernández-Benítez, Cano-Santana & Castellanos-Vargas, 2005), hipertrofia (causadas por los haustorios), así como susceptibilidad a otros parásitos (tallo y raíz) y disminución del vigor (Agrios, 2005). A nivel población se observa una mayor tasa de mortalidad (rodales incoetáneos) y precipitación en la sucesión hacia la pérdida, daño y termino de las especies (Hawksworth *et al.*, 2002).

2.2.4. Prácticas para el control de muérdago enano

Entre los factores naturales que actúan como inhibidores naturales en el desarrollo de las plantas parásitas se encuentran la temperatura y la humedad, que influyen sobre las tasas de supervivencia y fecundidad (Hawksworth & Wiens, 1996); mientras que la incidencia de esta planta parásita es afectada por la altitud y las pendientes moderadas (menores al 10 %) (Queijeiro-Bolaños, Cano-Santana & Castellanos-Vargas, 2011). Además de las prácticas silviculturales que permiten mantener bajo control las poblaciones de muérdago enano.

2.2.4.1. Control químico

El arbolado joven y el renuevo han mostrado buenos resultados con la aplicación de 2, 4-D, MCP 4-2-metil-4-cloro-fenoxi y Ethepon (Coria, Vázquez, Muñoz & Villa, 2010; Reza, Faridi & Hajizadeh, 2010); estos productos causan abscisión de brotes y la muerte foliar en un periodo de 15 a 45 días (Coria *et al.*, 2010), sin embargo,

los resultados llegan a ser poco exitosos ya que no dañan el sistema endofítico (Hawksworth & Wiens, 1996).

2.2.4.2. Control biológico

Los muérdagos enanos no se escapan de sufrir daños por herbívoros; existen reportes que indican que hongos fitopatógenos como *Willrothiella arceuthobii* atacan las flores evitando la dispersión de las semillas; *Colletotrichum gloeosporoides*, *Aureobasidium pullulans*, *Alternaria alternata* y *Neoneotrina neomacrospora* (Mark, Hawksworth & Oshima, 1976; Rietman, Shamoun & van de Kamp, 2005) que atacan la corteza y el sistema endofítico, logrando reducir la producción de brotes y semillas (Askew, Shamoun & van der Kamp, 2011; Martin, Friedman & Phillips, 2012). Así mismo existen insectos en México que mediante la herbivoría pueden influir fuertemente en el crecimiento, la reproducción (floración y fructificación) y viabilidad de las semillas de los muérdagos (Norton & Reid, 1997; Sessions, Rance, Grant & Kelly, 2001). Los géneros *Neoborella* sp., *Hemiberlesis* sp. y *Niveaspis volcanica* pertenecientes a la familia Himenóptera atacan los tallos tiernos impactando su crecimiento (Hawksworth & Stevens, 1970).

2.2.4.3. Control físico

La implementación de prácticas silvícolas como los incendios prescritos (Conklin & Geils, 2008), los clareos (Trummer *et al.*, 1998), y la combinación de quemas y clareo (Hessburg *et al.*, 2008) han logrado reducir hasta 20 % de árboles infestados por muérdago enano. Se ha observado que las podas han reducido el porcentaje de árboles infestados hasta en un 50 % (Maffei *et al.*, 2016).

i) Fuego.

Un factor limitante para el desarrollo de las poblaciones de muérdago enano son las altas temperaturas y el humo producido durante los incendios, ya que afectan la viabilidad de las semillas (Hawksworth & Wiens, 1996; Kipfmüller & Baker, 1998). Los incendios prescritos pueden reducir el potencial de dispersión del muérdago; cuando son de baja intensidad pueden ser utilizados para la regeneración y la eliminación de infecciones avanzadas en los árboles (Alexander & Hawksworth, 1975; Smith, 1985; Parker, Clancy & Mathiasen, 2006).

ii) Clareos

El número de árboles por hectárea influye en la dispersión del muérdago ya que éste tiende a incrementar rápidamente en las cortas y los clareos (Conklin, 2003; Bickford, Kolb & Geils, 2005); los árboles residuales experimentan una menor competencia por los recursos disponibles en el suelo, además de tener una mayor cobertura de energía luminosa, lo que favorecerá la producción de estructuras vegetativas y reproductivas de las hemiparásitas (Bickford *et al.*, 2005) y se favorece la dispersión de las semillas a través del viento (Hawksworth & Wiens, 1996; Shaw, Chen, Freeman & Braun, 2005; Hessburg *et al.*, 2008). En sitios densos, donde el muérdago se distribuye hacia la parte alta de la copa, la producción de brotes es suprimido por la falta de luz por lo que el muérdago es excluido de la parte alta de la copa de los árboles y sus efectos son limitados (Muir, Robinson & Geils, 2004). La dispersión es más lenta ya que la distancia y la luz disponible en el dosel limita la dispersión de las semillas (Shaw *et al.*, 2005).

iii) Podas

Las podas de saneamiento tienen como objetivo disminuir el riesgo de nuevos brotes y aumentar el vigor de los árboles (Scharpf, Smith & Vogler, 1987); la supresión de ramas ya sean vivas o muertas, reduce la probabilidad de infecciones

desde la rama hacia el interior del tronco; además favorece la apertura del dosel, así como la talla y la formación del árbol (West, 2006). Sin embargo, el porcentaje de supresión puede traer consigo efectos fisiológicos notablemente distintos. Cuando la supresión es del 25-30 % de las ramas interiores e inferiores de un árbol, no reduce su crecimiento e incluso puede llegar a favorecerlo, especialmente si la supresión es menor del 10 % permitiendo una mayor disponibilidad de agua y nutrientes minerales, que el árbol es capaz de alcanzar con sus sistemas radical y aéreo (Barrio, Castedo, Majada & Hevia, 2008). Los candidatos más adecuados para esta acción son los individuos con infecciones en la mitad inferior de la copa con un nivel de infección menor a 3 (moderada) (Hawksworth & Wiens, 1996), puesto que las infecciones mayores a 3 (severa) ya sea en la parte inferior o superior no muestran signos de recuperación y mueren pronto, representando un riesgo de infección latente (Muir & Geils, 2002).

2.2.5. Control de plantas parásitas en México

En el periodo 1990-2011 el promedio de la superficie nacional afectada anualmente por plagas fue de 12,751 ha por insectos descortezadores y de 13,910 ha por plantas parásitas (muérdago enano y verdadero). Durante el periodo 2003-2011 las plagas más combatidas en México fueron los muérdagos con 141,351 hectáreas en total, seguidos por los defoliadores con 104,242 hectáreas en total durante el periodo señalado (SEMARNAT, 2012). En el Estado de México se estiman 14,534 hectáreas forestales degradadas a consecuencia de los altos niveles de erosión de suelo, la pérdida de cobertura vegetal por cambio de uso de suelo (cultivos o mancha urbana), incendios forestales (pastoreo de ganado), sobrepastoreo, minas de materiales pétreos, así como por plagas y enfermedades (PROBOSQUE, 2015). Las actividades fitosanitarias (saneamiento y podas laterales) llevadas a cabo en los bosques de alta montaña del Estado de México representan el 80 % para bosques densos, el 30 % para bosques semidensos y el 50 % para bosques fragmentado, a través de métodos de control sanitario como el derribo y el

aprovechamiento, el apilado y el quemado, el control químico y las podas de ramas laterales y aclareos (Franco, Endara, Regil & Nava, 2009).

2.2.6. Control de plagas en ANP

En México el instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad son las Áreas Naturales Protegidas (ANP), que están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo según las categorías establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su reglamento, los programas de ordenamiento ecológico y los respectivos programas de manejo. De acuerdo con la Comisión Mundial de Áreas Protegidas (por sus siglas en inglés WCPA) un Área Protegida es “un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y administrado, a través de medios legales u otros similarmente efectivos, para lograr la conservación de la naturaleza con sus servicios ecosistémicos asociados y valores culturales” (Challenger & Soberón, 2008).

Las ANP forman parte de una estrategia frente al cambio climático, contribuyen a mantener la integridad de los ecosistemas y mitigan la deforestación y la degradación forestal con lo que se incrementa su capacidad de resiliencia para garantizar la provisión de servicios ecosistémicos a la sociedad (CONANP, 2015). Un ejemplo de lo anterior son las catorce normas vigentes referentes a los recursos forestales de las cuales doce de ellas corresponden al aprovechamiento de los subproductos forestales, una para la regulación del fuego en terrenos forestales y agropecuarios, y la otra para importar árboles de navidad, poniendo de manifiesto la actual atención a la explotación de los productos y subproductos forestales, así como la necesidad de fortalecer las acciones que conduzcan a un aprovechamiento sostenible de los productos forestales (INECC, 2017). Dado que en una ANP no se pueden realizar actividades extractivas o que perjudiquen la flora o fauna, las medidas de conservación pueden llegar a ser un problema cuando se habla de controlar plagas dentro de los ecosistemas que se busca proteger. Y depende de la categoría de protección el que se pueda autorizar o no el aprovechamiento de

recursos naturales en diferentes modalidades con la finalidad de preservar la flora y la fauna que son objeto de protección (CONANP, 2012).

En México las ANP son administradas por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), divididas en nueve regiones en el país y se clasifican en áreas federales, estatales, municipales, comunitarias, ejidales y privada. De acuerdo a la categoría de protección se clasifican en: Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, y Santuarios (CONANP, 2015). Las ANP del Estado de México son zonas del territorio que no han sido afectadas por actividades humanas y se debe fortalecer la protección y restauración para mantener los beneficios ambientales y sociales que brindan (GEM, 2015); dicho estado cuenta con 97 ANP que representan el 43.91 % del territorio estatal (987,497.19 ha) (CEPANAF, 2017). La protección de áreas naturales del Estado de México es importante por su altitud sobre el nivel del mar, ya que en los bosques de los volcanes y sierras de esta entidad inician las cuencas hidrográficas de los ríos Lerma y Panuco que contribuyen de manera importante a la cuenca del Balsas (GEM, 2015).

2.3. Área Natural Protegida Nevado de Toluca

El Nevado de Toluca es una de las Áreas Naturales Protegidas con más antigüedad en el territorio mexicano. Inicialmente fue decretada como Parque Nacional el 25 de enero de 1936 y modificada por decreto presidencial el 19 de febrero de 1937 para establecer una nueva reserva forestal nacional dentro del parque. El 1 de octubre del 2013 nuevamente se modificó el decreto para establecerla como Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (CONANP, 2015).

El Área Natural Protegida Nevado de Toluca se localiza en el Estado de México, cubre un área aproximada de 53,590 ha en los municipios de Toluca, Zinacantepec, Tenango del Valle, Calimaya, Temascaltepec, Coatepec Harinas, Almoloya de Juárez, Amanalco de Becerra y Villa Guerrero. Debido a sus variaciones en altitud

se distinguen dos climas: el templado semifrío con una temperatura media anual de 8°C y el frío con una temperatura media anual de -6°C, con una precipitación media anual de 1,000 mm con régimen en verano (CONANP, 2012). Los escurrimientos que nacen en sus laderas aportan agua a dos de las cuencas hidrológicas más importantes del país, las de los ríos Lerma y Balsas que son la fuente de suministro de agua para las ciudades de Toluca y del Distrito Federal; dicho aporte depende en gran medida de la conservación de los ecosistemas forestales que permiten la captación del agua pluvial (Villers, García & López, 1998). Destaca su función en los ciclos generales de la biosfera (acumulación de nitrógeno y carbono), amortiguadores de la variación climática (humedad ambiental), conservación del suelo (Farjon, 2010), como parte de la belleza escénica del paisaje y como fuente de filtración para la recarga de mantos acuíferos (MEA, 2006).

2.3.1. Bosques templados

Los bosques templados cubren cerca del 70 % del territorio del Nevado de Toluca; las especies más representativas son *Abies religiosa* (oyamel) y *Pinus* spp. (ocote). Los bosques de abeto cubren 14,400 ha (33 %) de la superficie, donde sólo se ha reportado la especie *A. religiosa* la cual se desarrolla entre los 3,000 y 3,4000 msnm. Mientras que los bosques de pino ocupan el 33 % de la superficie (14,400 ha) forestal del Nevado de Toluca (Franco, Regil & Ordoñez, 2006). Entre las especies que conforman masas forestales considerables se encuentran el ocote (*Pinus hartwegii*), el pino blanco (*P. pseudostrobus*), el ayacahuite (*P. ayacahuite*) y el pino moctezuma (*P. montezumae*) (Franco & Burrola, 2010). Siendo *P. hartwegii* la especie que ocupa una mayor superficie forestal y sus poblaciones se distribuyen hacia los límites altitudinales de la vegetación arbórea del Nevado de Toluca entre los 3,500 y los 4,000 msnm, mismas que pueden alcanzar hasta los 4,300 msnm (Farjon, 2010). Sin embargo, la presencia humana en la región ha ejercido una fuerte presión en los bosques del Nevado de Toluca, que han sido afectados por la extracción de madera, leña y tierra de monte, mientras que el sotobosque es utilizado para el pastoreo extensivo del ganado ovino, poniendo en riesgo el renuevo

del arbolado (Franco & Nava, 2010). Esto ha tenido un impacto negativo sobre la densidad de los bosques y la condición fitosanitaria de los árboles, favoreciendo la presencia de plagas como insectos descortezadores, así como muérdago enano y verdadero (Endara-Agramont, Calderón-Contreras, Nava-Bernal & Franco-Maass, 2013).

2.3.2. Conservación de bosques

De acuerdo con Franco *et al.* (2006) se estimó que la pérdida de la superficie boscosa en el Nevado de Toluca en el periodo 1972-2000 fue de 4,369 ha (8.4 %). Los mayores procesos de deforestación y deterioro se observaron en los bosques de pino (de 19,295 ha en 1972 a 18,173 ha en el 2000), disminuyendo su superficie en más de 120 ha por año, debido a que la población les otorga un mayor valor comercial, donde destaca la extracción selectiva de madera. Dentro de las transiciones más importantes sobresalieron las que implican un deterioro en la vegetación natural; el decremento más dramático se observó en los bosques de pino, con una pérdida en densidad boscosa de 8,000 ha. Tal situación da paso a la apertura de bosques semidensos y fragmentados y a una disminución en los bosques densos, debido a que los procesos extracción intensiva, semintensiva y selectiva son con miras al aprovechamiento de los mejores ejemplares para fines comerciales. La fragmentación de los bosques de *P. hartwegii* se asocia directamente con el sobrepastoreo, los incendios forestales y la extracción de árboles infestados dentro de un rango altitudinal de 3,500 a 4,100 msnm en el Nevado de Toluca. No obstante que estos bosques se encuentran por encima del límite superior de las comunidades y los campos de cultivo, sufren una fuerte presión por las actividades antrópicas (Endara-Agramont *et al.*, 2013).

2.3.3. El muérdago enano en el Nevado de Toluca

Una clara muestra de la relación que existe entre la extracción y la condición fitosanitaria de los bosques del Área Natural Protegida Nevado de Toluca, la

reportan Endara-Agramont *et al.* (2013) quienes señalan que: en los bosques densos (336 árboles/ha) la extracción es del 11 % (43 árboles) sin presentar grandes problemas fitosanitarios ya que solo el 1 % del bosque registra algún grado de ataque por insectos descortezadores (*Dendroctonus adjunctus*); en los bosques semidensos (202 árboles/ha) la extracción es del 20 % (51 árboles), se registra la presencia de insectos descortezadores y plantas parásitas (*Arceuthobium vaginatum* y *A. globosum*) en el 39 % y 17 % de los árboles, respectivamente; mientras que en el bosque fragmentado (150 árboles/ha) la extracción es del 33 % (73 árboles) y conlleva a un gran daño que se refleja en la incidencia de *A. vaginatum* y *A. globosum* en 62 % de los árboles, considerando que la mayor superficie de bosques de *P. hartwegii* en el Nevado de Toluca es afectada principalmente por muérdago enano y existen zonas con el 100 % de arbolado infestado en todas las edades y clases diamétricas (Franco *et al.*, 2009).

Los registros muestran un incremento en la superficie infestada por muérdago enano en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca; en el 2009 se reportaron 3,400 ha infestadas (Endara, 2010) mientras que para el 2012 se reportó un incremento de 2,603 ha (6,003 ha infestadas) (Cedillo, 2012), señalando que el mayor porcentaje de infestación se presenta en los bosques semidensos con 43.4 % (2,605 ha), registrando alrededor de 19 brotes de muérdago enano. En los bosques densos la infestación alcanza un 30.6 % (1,837 ha) y 14 brotes de muérdago enano. Finalmente, los bosques fragmentados presentan una infestación del 26 % (1,561 ha) y 8 brotes de muérdago enano. Las variables de mayor influencia sobre el porcentaje de infestación de muérdago enano son: la densidad forestal (38.9 %), la precipitación (21.1 %), las temperaturas (16.2 %) y las vías de acceso (15 %) (Cedillo, 2012).

Respecto a las acciones de manejo forestal para el control de muérdago enano dentro del Nevado de Toluca, instituciones como la SEMARNAT han elaborado planes de contingencia dirigidos a zonas parasitadas por muérdagos; por ejemplo, en los años 2008 y 2009 se aprobaron saneamientos para 500 ha de *P. hartwegii* y *P. pseudostrobus* en el Nevado de Toluca (Franco *et al.*, 2009). Por otra parte,

PROBOSQUE llevó a cabo saneamientos del arbolado mediante podas de ramas infestadas en 172.7 ha de bosque de *Pinus hartwegii* durante el periodo 2009-2013 en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca (PROBOSQUE, 2014).

2.4. Programa de Sanidad Forestal de PROBOSQUE

El Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) desde su creación en 1999 ha tenido entre otros propósitos la reforestación de las áreas forestales perturbadas tanto por incendios como por otros agentes (plagas y enfermedades, fenómenos naturales, talas clandestinas y pastoreo sin control). Desde los inicios del PRONARE la Secretaría de Desarrollo Social ejercía la mayor parte de los proyectos y recursos asignados al Estado de México; al transferirse el programa a la SEMARNAT y después a la CONAFOR, los proyectos y recursos se han transferido gradualmente a las dependencias que integran el Comité del Estado de México, principalmente al Gobierno del Estado de México (GEM). Participando en el PRONARE a través del organismo PROBOSQUE, la Coordinación General de Conservación Ecológica del Estado de México y la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF) del Estado de México, aportando recursos económicos e infraestructura. A través de PROBOSQUE, el GEM ha desarrollado un papel muy importante en la protección y fomento de los recursos forestales (SEMARNAT, 1999 en INECC, 2017).

Con el apoyo del manual de monitoreo terrestre para detección temprana de plagas y enfermedades forestales, se enfatiza al monitoreo como una herramienta para detectar oportunamente brotes incipientes de plagas de insectos, plantas parásitas y enfermedades ocasionadas por otros patógenos, invitando a técnicos forestales, investigadores, estudiantes, dueños y poseedores de predios, y a la sociedad en general a participar en el monitoreo, mediante la identificación de áreas susceptibles o con presencia de algún tipo de plaga para que éstos den aviso a la gerencia estatal de la CONAFOR correspondiente, quien a través del personal de sanidad forestal y técnicos externos evalúan constantemente las zonas reportadas (CONAFOR, 2014).

Entre los programas forestales del GEM se encuentran el de Sanidad Forestal: Combate de plagas de PROBOSQUE, cuyo objetivo es evitar la pérdida de la cubierta forestal a causa de plagas y enfermedades, a través de la detección, evaluación, combate y control oportuno mediante el trabajo coordinado con instancias federales, estatales, municipales y productores silvícolas. Se realizan recorridos de diagnóstico para ubicar los brotes de plagas y enfermedades que ponen en riesgo la cubierta vegetal; así mismo, brindan asesoría técnica a dueños y poseedores de predios forestales que cuenten con la notificación otorgada por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)-SEMARNAT, para realizar trabajos de saneamiento, para que éstos se desarrollen en apego a la normatividad vigente para evitar reinfestaciones que afecten una superficie mayor (PROBOSQUE, 2015).

3. JUSTIFICACIÓN

El género *Arceuthobium* spp. (muérdago enano) es un importante agente biológico de perturbación en los bosques templados, incluso dentro de Áreas Naturales Protegidas (Scharpf *et al.*, 1987). Además de causar pérdidas significativas en la producción maderable en México predispone al arbolado al ataque de otras plagas y enfermedades (Vázquez *et al.*, 2006). Una de las estrategias del manejo forestal son las podas, que tienen como objetivo disminuir el riesgo de nuevos brotes y aumentar el vigor de los árboles (Scharpf *et al.*, 1987). En el Área Natural Protegida Nevado de Toluca el muérdago enano representa una de las dos plagas más importantes entre los bosques de coníferas. PROBOSQUE ha llevado a cabo prácticas de manejo forestal para el control de las plantas parásitas como el muérdago enano, a través, por ejemplo, de las podas de saneamiento en bosques de *Pinus* spp. con la finalidad de preservar los ecosistemas forestales en dicha ANP Nevado de Toluca. Una herramienta importante en la conservación de la diversidad biológica y cultural es el conocimiento local/tradicional por su utilidad para la elaboración de programas de manejo y conservación de diversos ecosistemas (Charnley *et al.*, 2007; Reyes-García, 2007). Las diversas poblaciones humanas han aprovechado los recursos de flora principalmente con fines medicinales para la atención primaria de la salud (Hamilton, 2004; Shengji *et al.*, 2010). Tal es el caso del muérdago enano, del cual se tienen antecedentes de su aprovechamiento en la medicina tradicional mexicana (Martínez, 1954; García, 1981; Gonzáles *et al.*, 2004; Andrade-Cetto & Heinrich, 2005; Waizel & Waizel, 2005; Alarcón-Aguilar & Román-Ramos, 2006; Villavicencio & Pérez, 2006; Sotero-García *et al.*, 2016). En este sentido, resulta importante analizar el impacto de las prácticas de manejo forestal para el control del muérdago enano (*A. vaginatum* y *A. globosum*) sobre el aprovechamiento con fines medicinales de esta planta parásita en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca.

4. HIPÓTESIS

Las podas de saneamiento para el control de muérdago enano (*A. vaginatum* y *A. globosum*), como parte del manejo en bosques de pino (*Pinus hartwegii*), del Área Natural Protegida Nevado de Toluca reduce la incidencia de la plaga, pero comprometen la disponibilidad de esta planta parásita para el aprovechamiento con fines medicinales en las comunidades del ANP.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Analizar el aprovechamiento del muérdago enano (*A. vaginatum* y *A. globosum*) con fines medicinales por comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca en función de las podas de saneamiento como una de las prácticas de manejo forestal y su efecto para el control de esta planta parásita en los bosques de pino (*Pinus hartwegii*).

5.2. Específicos

- a) Determinar el aprovechamiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) con fines medicinales en comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca.
- b) Determinar el efecto de las podas de saneamiento para el control del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en bosques de pino (*Pinus hartwegii*) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

La propuesta metodológica para alcanzar los objetivos planteados en esta investigación incluyó el trabajo de campo y el trabajo de gabinete. Las características generales del área de estudio el Área Natural Protegida Nevado de Toluca se retoman en cada uno de los artículos científicos y el capítulo de libro. Los ejidos seleccionados, así como el número de éstos fue diferente en función del objetivo planteado. Para determinar el aprovechamiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) con fines medicinales se seleccionaron cuatro ejidos y para determinar el efecto de las podas de saneamiento en el control del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en bosques de pino (*Pinus hartwegii*) en dos ejidos; esta diferencia se debe a las particularidades que se buscaban en cada uno de los objetivos, las cuales se puntualizan la siguiente sección “sitios de estudio”.

6.1. Sitios de estudio

Se seleccionaron cuatro ejidos (uno de ellos con dos comunidades) para determinar el aprovechamiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) con fines medicinales en comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca, bajo el criterio de selección de la presencia de asentamientos humanos (comunidades) en zonas forestales de bosques de pino infestados por muérdago enano. Se enlistan los ejidos seleccionados con sus comunidades indicadas entre paréntesis: Loma Alta (Raíces y Loma Alta), La Peñuela (Peñuela), Santa María del Monte (Agua Blanca) y Coatepec Harinas (Las Jaras) (Figura 1).

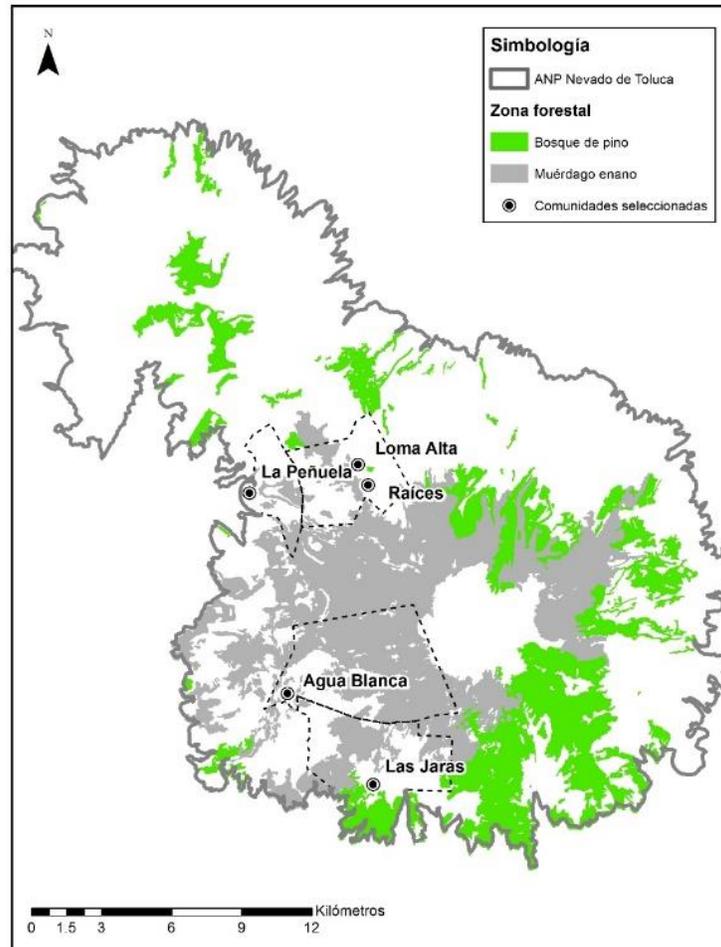


Figura 1. Comunidades seleccionas en bosque de pino infestado por muérdago enano en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca (Fuente: elaboración propia, Regil, 2008; Cedillo, 2012).

Para determinar el efecto de las podas de saneamiento en el control del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en bosques de pino (*Pinus hartwegii*) se seleccionaron dos ejidos: Santa María del Monte y San José Contadero; los criterios de selección fueron: a) la ubicación en la misma ladera (norte) para tener condiciones ambientales homogéneas y b) presencia de acciones de saneamiento en dos años y que al menos uno de ellos fuera en el 2013, basado en un listado de cinco ejidos beneficiados durante el periodo 2009-2013 por el Programa de Sanidad Forestal de PROBOSQUE (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ejidos del Área Natural Protegida Nevado de Toluca donde se han llevado a cabo saneamientos forestales para el control del muérdago enano.

Ejidos	Ladera	Superficie saneada (ha/año)				
		2009	2010	2011	2012	2013
San Juan de las Huertas	Norte	24.5	26.3	0.0	0.0	0.0
Santa María del Monte	Norte	0.0	0.0	17.6	0.0	40.0
San Bartolo Amanalco	Oeste	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
San José Contadero	Norte	0.0	0.0	0.0	14.3	35.0
Bienes comunales Calimaya	Este	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0

(Fuente: elaboración propia, PROBOSQUE, 2014).

6.2. Trabajo de campo

6.2.1. Colecta de material botánico

Se realizaron dos recorridos de campo en junio de 2013 en la zona de estudio para tomar fotografías de los ejemplares vivos y para coleccionar ejemplares botánicos que permitieron identificar las especies de estudio por un especialista.

6.2.2. Entrevistas

Se realizó una introducción inicial en cada una de las comunidades para explicar el objetivo y duración de la investigación doctoral, así como solicitar su apoyo en el desarrollo de la misma. De enero a junio de 2014 se realizaron entrevistas semiestructuradas con el 10 % de los hogares en las comunidades seleccionadas, usando como guía un cuestionario semiestructurado (Anexo 1) adaptado de las propuestas de Gómez (2012) y Tetik, Civelek & Cakilcioglu (2013) apoyado por fotografías a color de *A. vaginatum* y *A. globosum* (Anexo 2) así como de una figura

en sus tres etapas fenológicas⁵ (vegetativa, floración y fructificación) (Anexo 3). Las principales temáticas incluidas en las entrevistas fueron: información general de los entrevistados (nombre, género, edad escolaridad y residencia), conocimiento sobre *A. vaginatum* (parte utilizada, enfermedad tratada y frecuencia de uso), formas de uso (preparación, dosis y vías de administración), colecta (sitios, épocas de colecta y almacenamiento) y servicios médicos.

6.2.3. Unidades de muestreo

El efecto de las podas de saneamiento en bosques de *Pinus hartwegii* para el control de muérdago enano se evaluó en 27 unidades de muestreo; en Santa María del Monte (SMM): 9 con poda y 7 sin poda, y en San José Contadero (SJC): 6 con poda y 5 sin poda (Figura 2).

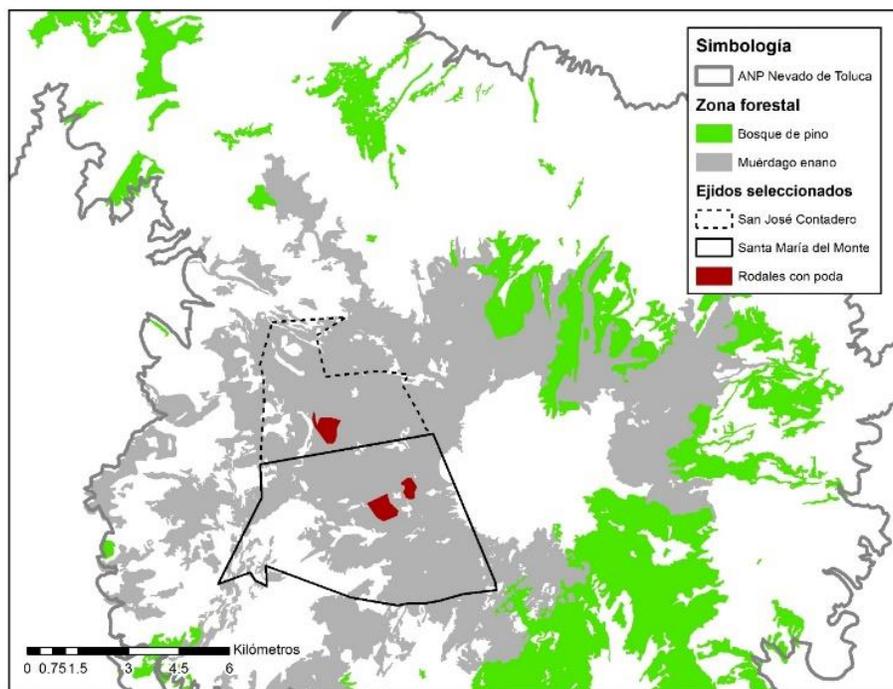


Figura 2. Rodales de bosque de pino infestado por muérdago enano (Fuente: elaboración propia, Cedillo, 2012; PROBOSQUE, 2014).

⁵ En la figura referente a las etapas fenológicas del muérdago enano los dibujos 1, 3 y 5 corresponden a las etapas vegetativa, floración y fructificación, respectivamente.

Teniendo en cuenta que la superficie tratada y no tratada fue diferente para cada ejido, el muestreo fue estratificado con una intensidad del 5 %, aplicando las fórmulas propuestas por Hernández, Fernández-Collado & Baptista (2006): $p= 0.95$ y $se= 0.05$, $s^2=p (1-p) = 0.0475$ y $V^2= (se)^2= 0.0025$, donde: p =probabilidad, s^2 = varianza de la muestra expresada como la probabilidad de la ocurrencia, V^2 = varianza de la población y se = error estándar. Para obtener el número de puntos sin ajustar: $n'=s^2/V^2=19$. Posteriormente se aplica la siguiente fórmula para ajustarlo al tamaño de la población: $n= n'/[1+(n'/N)]= 16$. $s^2=p (1-p)$ y $V^2= (se)^2$, ($p= 0.95$ y $se= 0.05$). Para distribuir de manera aleatoria los puntos para cada estrato, se empleó el programa ArcGIS 9.2. sobreponiendo una red cuadrangular de puntos equidistantes a 100 m sobre los sitios seleccionados. Se numeró la cuadrícula de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo; la selección de los puntos a muestrear se determinó con la función “Aleatorio.Entre” de la paquetería de Office (Excel) (Aguilar, 2014) y se obtuvieron las coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) para ubicar los puntos de muestreo en campo. Las parcelas fueron circulares de dimensiones fijas de 0.10 hectárea (1,000 m²) (Olvera, Moreno & Figueroa, 1996; Flores, Rodríguez, Meléndez & Rosas, 2008); en todos los sitios predominó la presencia de *Pinus hartwegii* con características estructurales similares y altitud promedio de 3,700 m snm (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parcelas de los ejidos del Área Natural Protegida Nevado de Toluca donde se evaluó el efecto de las podas de saneamientos para el control del muérdago enano.

Ejido	Tratamiento	Superficie (ha)	Unidades de muestreo
Santa María del Monte	Poda	57.6	9
	Sin Poda	303.8	7
San José Contadero	Poda	49.3	6
	Sin Poda	319.0	5

(Fuente: Elaboración propia, PROBOSQUE,2014).

6.2.4. Monitoreo de variables

Se realizó una introducción inicial con el comisariado ejidal de ambos ejidos para explicar el objetivo y duración de la investigación doctoral, así como solicitar su autorización para realizar mediciones en sus bosques durante el desarrollo del trabajo de campo. El monitoreo de las variables se realizó durante los meses de mayo a junio durante el periodo 2013-2015 considerando que la floración y la coloración del muérdago enano son fácilmente perceptibles de marzo a junio (Vázquez *et al.*, 2006). En cada una de las parcelas se registró para todos los árboles vivos el Diámetro Normal (DN) ≥ 2.5 cm y Altura (A) ≥ 1.5 m; se estimó la Altura Total (AT), Altura al Fuste Limpio (AFL) y Diámetro de Copa (DC). Así mismo se registró la presencia o ausencia de muérdago enano (% de tallos infestados por hectárea) y la severidad de la infección. Esta última se determinó de acuerdo con el Sistema de evaluación de 6 clases para árboles individuales de Hawksworth (1977) que consiste en:

- i) Dividir la copa en tres partes.
- ii) Calificar cada parte, asignando valores de 0, 1 y 2 (número de muérdagos en las ramas).
 - 0= No existe infestación visible.
 - 1= Infestación leve: la mitad o menos de las ramas están infestadas.
 - 2= Infestación fuerte: más de las ramas están infestadas.
- iii) Sumar los valores de las tres partes para obtener la calificación del árbol.

6.3. Trabajo de gabinete

Toda la información para determinar el aprovechamiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *A. globosum*) con fines medicinales, así como la registrada para determinar el efecto de las podas de saneamiento en el control del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en bosques de pino (*Pinus hartwegii*) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca se capturó en dos bases de datos en Excel y se procesaron para su posterior análisis.

6.3.1. Identificación de especies

Con el apoyo de las fotografías de los ejemplares vivos y los ejemplares botánicos se identificaron las especies de estudio en el herbario de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de México, con el apoyo de la Dra. Laura White Olascoaga.

6.3.2. Análisis estadístico

Para las variables Diámetro Normal, Altura, porcentaje de árboles infestados y grado de infección, se efectuó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza Kolmogorov Smirnov. De acuerdo con la distribución de datos, se eligieron los análisis no paramétricos de Friedman para k muestras relacionadas ($p < 0.05$) para determinar las diferencias entre los años de evaluación por tratamiento; con el paquete estadístico SPSS® v. 20.0. (IBM, 2011) para Windows 7.

7. RESULTADOS

De acuerdo a los requisitos especificados para las “tesis por artículos especializados o capítulos de libro” en el Artículo 60 del Reglamento de los Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México, en esta sección se presentan dos artículos científicos de investigación originales, aceptados para su publicación en revistas especializadas arbitradas e indexadas de reconocimiento internacional y un capítulo de libro publicado, así como sus respectivos acuses de aceptación.

7.1. Aprovechamiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) con fines medicinales en comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca

Se determinó que en cinco comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca el muérdago enano se aprovecha con diferentes fines medicinales dependiendo de la especie utilizada. El “muérdago negro” (*Arceuthobium vaginatum*) se emplea para el tratamiento de la tos, la carraspera y los nervios, y el “muérdago amarillo” (*Arceuthobium globosum*) sólo se utiliza para aliviar la tos. Así mismo, se registró su aprovechamiento con fines lúdicos como juguete para ambas especies y como tinta para *Arceuthobium vaginatum*⁶.

⁶ Los resultados completos se incluyen en el artículo científico y el capítulo de libro correspondientes a esta subsección 7.1.

7.1.1. Conocimiento local del género *Arceuthobium* en un Área Natural Protegida del centro de México (Artículo Científico)

Tizbe Teresa Arteaga Reyes

De: JL Martinez <blacpmachile@gmail.com>
Enviado el: lunes, 13 de noviembre de 2017 10:01 p. m.
Para: Tizbe Teresa Arteaga Reyes
Asunto: desde BLACPMA

Estimada Dra. Arteaga-Reyes:

Junto con saludarle, le informo que su artículo BLACPMA N° 1412, con fecha 14 de Noviembre ha sido aceptado para ser publicado en BLACPMA. Por un lado deseo agradecer a usted la confianza en enviarnos sus resultados y por otro lado esperamos que una vez que su artículo este aceptado, usted lo pueda citar en sus futuras publicaciones para tratar de aumentar el factor de impacto de nuestra revista.

También deseo informarle que en 2019 el Congreso Latinoamericano de Plantas Medicinales se realizará en Ciudad de México. En 2018 será en Trujillo (Perú).

Le saluda

José L. Martinez
Editor Jefe

No. 30


Conocimiento local del género *Arceuthobium* en un Área Natural Protegida del centro de México

Local knowledge of *Arceuthobium* genus in a Natural Protected Area of the centre of Mexico

Sotero-García, Alma I.¹, Arteaga-Reyes, Tizbe T.^{1,*}, Martínez-Campos, A. Roberto¹, Bunge Vivier, Verónica²

Abstract:

Arceuthobium (dwarf mistletoe) genus is one of the main pests in temperate forests of Mexico, with records of medicinal and forage uses. The objective of this work was to document local knowledge regarding uses of dwarf mistletoe in the Natural Protected Area Nevado de Toluca, Mexico, under emic and etic perspectives, through ethnobotany. Throughout interviews it was identified that both species (*A. vaginatum* and *A. globosum*) are known as mistletoe and they are part of flora in forest, however, interviewees are not aware of negative effects within forest ecosystems of this pest. It stands out ludic uses as a toy and ink, and medicinal ones for treatment of respiratory diseases and nervous system, being this the first record for such genus locally. Studies are required to validate the local knowledge for its inclusion in local programmes for management of forest pests.

Key words: *A. vaginatum*, *A. globosum*, ludic uses, medicinal uses, parasitic plant, pine forest.

¹ Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50090. *Autora para correspondencia: tizbe@hotmail.com

² Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Coyoacán, México, D.F. C.P. 04510.

Resumen:

El género *Arceuthobium* (muérdago enano) es una de las principales plagas en los bosques templados de México, con antecedentes de uso medicinal y forrajero. El objetivo de este trabajo fue documentar el conocimiento local sobre los usos del muérdago enano en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca, México, bajo las perspectivas emic y etic, a través de la etnobotánica. Mediante entrevistas se identificó que ambas especies (*A. vaginatum* y *A. globosum*) son conocidas como muérdago y forman parte de la flora del bosque; sin embargo, los entrevistados desconocen los efectos negativos dentro de los ecosistemas forestales de esta plaga. Destacan los usos lúdicos, como juguete y tinta, y los medicinales para el tratamiento de afecciones respiratorias y del sistema nervioso, siendo éste el primer registro para dicho género localmente. Se requieren estudios que validen el conocimiento local para su inclusión en programas locales de manejo de plagas forestales.

Palabras clave: *A. vaginatum*, *A. globosum*, bosque de pino, planta parásita, usos lúdicos, usos medicinales.

Introducción

México posee una diversidad florística estimada en 30,000 especies (Alanís *et al.*, 2004; Canales *et al.*, 2005) y el conocimiento sobre sus diversos usos se ha transmitido desde tiempos ancestrales (Barragán-Solís, 2006; Martínez *et al.*, 2006); en la actualidad se tiene documentado al menos un uso para 50% de dichas plantas (Fernández *et al.*, 2001; Gheno-Heredia *et al.*, 2011) y se ha llevado a cabo la validación química, farmacológica y biomédica en 5% de éstas (Alonso, 2003). Sin embargo, los conocimientos generados por los diferentes pueblos sobre la medicina tradicional están en proceso de abandono o pérdida, por factores como la migración, el desplazamiento de las comunidades por proyectos de desarrollo urbano (Ramírez, 2007), así como por la acelerada degradación de los ecosistemas naturales (Gomez-Beloz, 2002). En este contexto, las investigaciones etnobotánicas

cobran relevancia ya que coadyuvan a preservar el conocimiento tradicional (Hersch, 1996).

Las etnociencias permiten entender el conocimiento que las diferentes personas y culturas poseen respecto a los recursos naturales (Albuquerque *et al.*, 2013); a través de herramientas cualitativas, la etnobotánica ha permitido describir los usos que un grupo específico de personas le da a la flora (Gomez-Beloz, 2002). La correcta ubicación taxonómica de las plantas permite vincular la información científica con el conocimiento tradicional (Cotton, 1996) o local, definido como el conocimiento que la gente en las comunidades ha desarrollado a través del tiempo; se basa en la experiencia y se adapta a la cultura y medio ambiente locales por lo que es dinámico (FAO, 2004). El estudio de las formas de manejo y la función de los recursos vegetales utilizados por las comunidades locales aporta conocimientos útiles para el manejo y conservación de los ecosistemas naturales (Bello-González *et al.*, 2015; Gheno-Heredia *et al.*, 2011; White-Olascoaga *et al.*, 2013; Martínez-Pérez *et al.*, 2012).

Los muérdagos son considerados como uno de los principales agentes de perturbación en los bosques templados (Vázquez *et al.*, 2006; Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2011), ya que afectan el desarrollo y crecimiento de los árboles que parasitan (Hawksworth y Wiens, 1996), destacando por tanto la importancia de preservar y rescatar los conocimientos locales sobre dicha planta parásita para contribuir en el desarrollo de programas de manejo, saneamiento y conservación de los ecosistemas forestales. El género *Arceuthobium*, perteneciente a la familia Santalaceae conocido comúnmente como muérdago enano, registra principalmente usos medicinales; se ha reportado el uso de *A. crytopodium* en el tratamiento de la tos (Martínez, 1954; Waizel y Waizel, 2005); y *A. globosum* y *A. vaginatum* contra el dolor pulmonar, el reumatismo y los nervios (González *et al.*, 2004). Por ejemplo, los Tepehuanes de Durango (grupo originario) utilizaban la viscina del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) para el tratamiento de la diarrea, los nervios, la pulmonía y los desórdenes reumáticos y como incienso durante ceremonias religiosas (Hawksworth y Wiens, 1996). Entre los usos medicinales de *A. vaginatum* destacan la utilización de toda la planta como infusión, conocida con el nombre de crameria

(Alarcón-Aguilar y Román-Ramos, 2006); como remedio hipoglucémico (Martínez, 1954; Hawksworth y Wiens, 1996; Andrade-Cetto y Heinrich, 2005), en el tratamiento de la tos en Durango y el Estado de México (Martínez, 1954; Hawksworth y Wiens, 1996); y para aliviar los dolores reumáticos y de huesos en Hidalgo (ramas en forma de infusión) (Villavicencio y Pérez, 2006). También se reporta el uso como forraje en zonas aledañas a Querétaro (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2011). Existen antecedentes del uso medicinal de *A. vaginatum* en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca (Sotero-García *et al.*, 2016) pero sin profundizar en datos sobre las formas de uso de este recurso florístico. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es documentar el conocimiento local sobre los usos de *A. vaginatum* y *A. globosum* entre los habitantes del Nevado de Toluca.

Materiales y métodos

Área de estudio

El Área Natural Protegida Nevado de Toluca se localiza en el centro de México, en el Eje Neovolcánico Transversal; entre las coordenadas geográficas 19°04'08" y 19°07'08" de latitud Norte 99°43' 02" y 99°46'08" de longitud Oeste, a una altitud de 4,550 m (CONANP, 2012). Presenta dos tipos de clima: el semifrío subhúmedo (2,800 a 3,700 m s.n.m.) y el frío (a partir de los 3,700 m s.n.m.); una temperatura media anual entre -2 y 7 °C, con lluvias en verano y una precipitación media anual de 1,000 mm (Morales *et al.*, 2007). Las comunidades del Nevado de Toluca están rodeadas por bosques de coníferas, principalmente bosques de pino (*Pinus hartwegii*, *P. montezumae*, *P. rudis*, *P. teocote*, *P. michoacana* y *P. leiophylla*) y bosques de oyamel (*Abies religiosa*) (Franco y Nava, 2010). De las 22 comunidades registradas por la CONANP (2012), se seleccionaron cinco: Raíces, Loma Alta, La Peñuela, Agua Blanca y Las Jaras (Figura 1), donde el principal criterio de selección fue la presencia de muérdago enano en los bosques de pino. Respecto a servicios de salud, las tres primeras comunidades cuentan cada una con un Centro de Salud de atención primaria que ofrece consultas de lunes a sábado, mientras que en las

dos últimas los habitantes se trasladan a centros de salud cercanos para recibir atención médica.

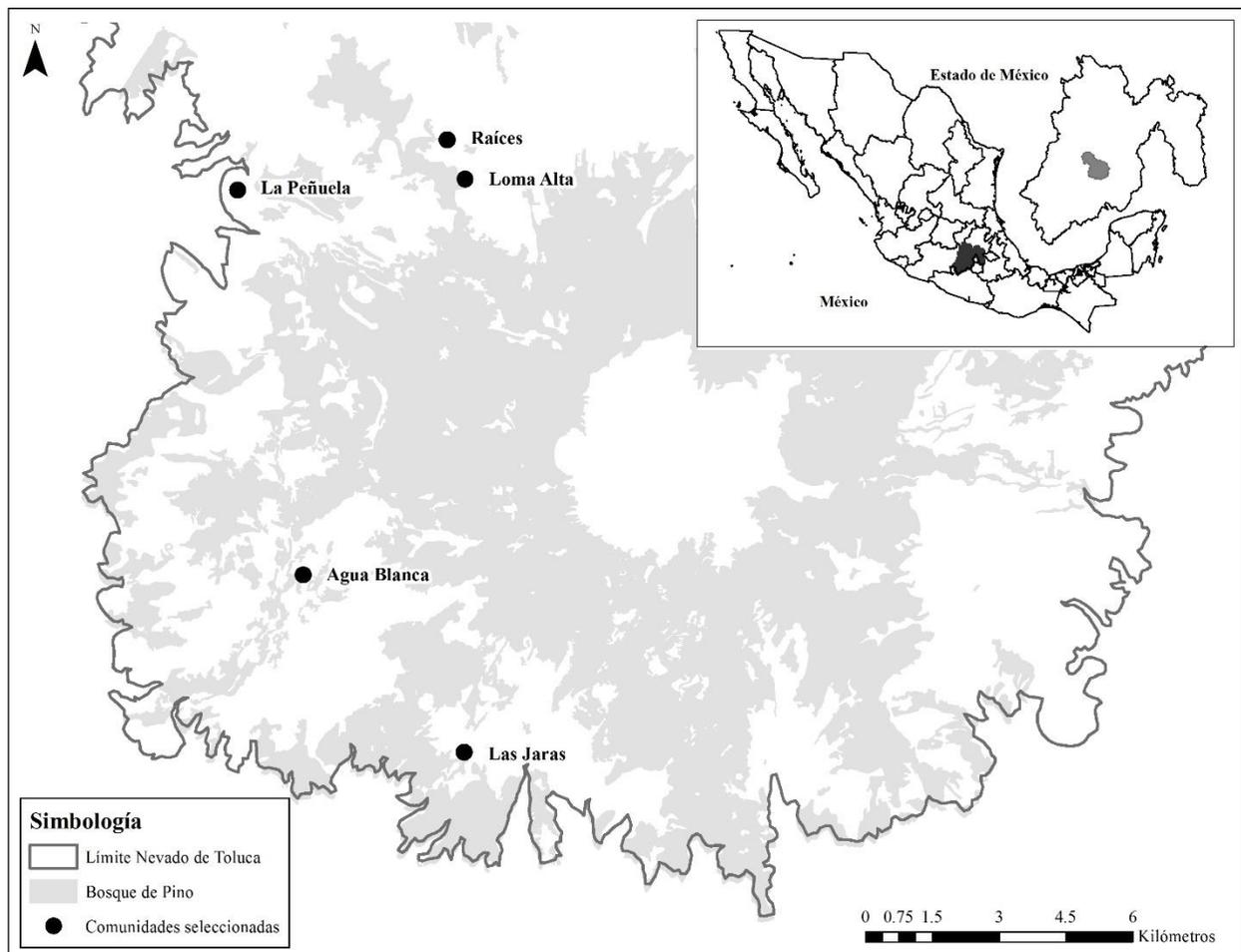


Figura 1: Ubicación de las comunidades de estudio en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca.

Recopilación y análisis de la información

Para documentar el conocimiento local sobre el muérdago enano, se realizaron 40 entrevistas semi-estructuradas (23 mujeres y 17 hombres), de enero a junio de 2014, que corresponden al 10% de los hogares en cada comunidad: 12 en Raíces, 12 en Loma Alta, 12 en La Peñuela, 2 en Agua Blanca y 2 en Las Jaras (de un total de hogares de 118, 121, 111, 16 y 12, respectivamente), agrupadas en tres categorías de edad (A: 19-40, B: 41-62 y C: 63-84 años). De los cuestionarios

propuestos por Gómez (2012) y Tetik *et al.* (2013), se retoman temáticas generales de los participantes (género, edad y ocupación), así como de las especies de estudio (usos; formas de uso -preparación de las plantas, parte utilizada, vía de administración y dosis; época y sitios de colecta), que permitieron generar el cuestionario guía de este trabajo, que inicia con el reconocimiento de las especies a través de imágenes impresas a color de *Arceuthobium globosum* Hawksw. & Wiens y *Arceuthobium vaginatum* (Humb. y Bonpl. ex Willd.) J. Presl (Figura 2); una vez que indicaban que sí conocían las especies, se les solicitaba que clasificaran sus categorías de uso, bajo una perspectiva emic, y procedían a indicar el nombre común y con qué las asocian; posteriormente se registró la información general de las especies, así como la procedencia del conocimiento sobre las plantas; y la etapa fenológica de colecta (para corroborar la parte de la planta utilizada), apoyada en imágenes impresas en blanco y negro propuestas por Hawksworth y Wiens (1996). Los usos proporcionados por los entrevistados se agruparon, bajo una perspectiva etic, en dos categorías propuestas por Cook (1995): 1) Medicinal y 2) Lúdico.

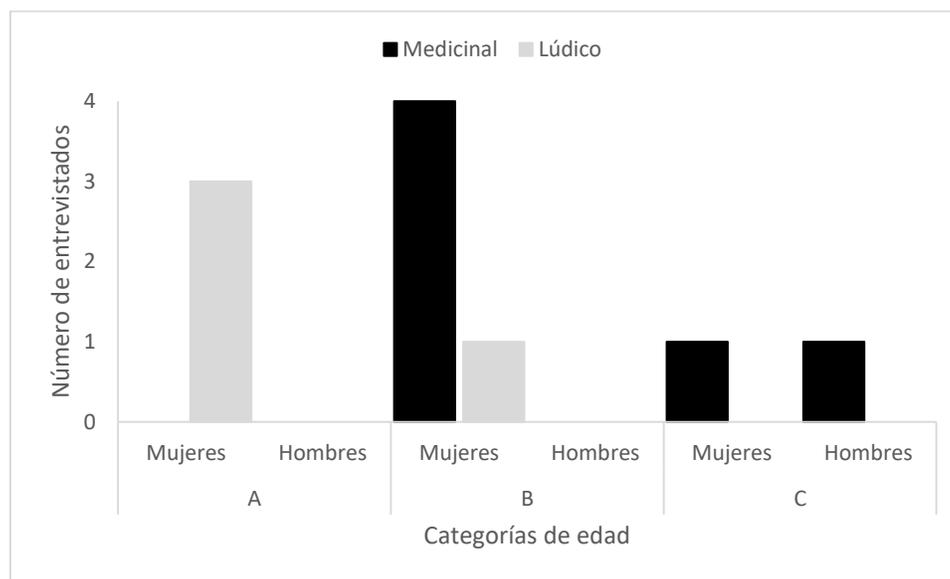


Figura 2: *A. globosum* (izquierda) y *A. vaginatum* (derecha).

Resultados

Usos del muérdago enano

De los 40 entrevistados, 25 reconocieron ambas especies a través de las fotografías. Los nombres comunes en el área de estudio para ambas especies son muérdago: amarillo (*A. globosum*) y negro (*A. vaginatum*) (44%), flor de pino (28%), flor de “ocote” (16%) e injerto (12%); 24 de ellos asocian el muérdago como parte de la flora del bosque y sólo uno indicó que es una planta que “mata a los árboles”. De los 25, únicamente nueve entrevistados (Figura 3) reportaron usos medicinales y lúdicos para *Arceuthobium* spp. en las cinco comunidades del área de estudio (Tabla 1); del medicinal refirieron su uso para el tratamiento de afecciones relacionadas con el aparato respiratorio y nervioso, señalando a sus padres y abuelos como la fuente de transmisión de este conocimiento. Del uso lúdico, lo emplean como juguete y tinta tanto los niños como los jóvenes.



*A (19-40 años), B (41-62 años) y C (63-84 años). El número de entrevistados es mayor a nueve, ya que al menos un informante reportó dos usos.

Figura 3: Distribución del conocimiento sobre los usos de *A. globosum* y *A. vaginatum*

Tabla 1: Usos del género *Arceuthobium* spp. en el Nevado de Toluca.

Especie	Uso		Comunidades (entrevistados)				
			Raíces (1)	Loma Alta (4)	La Peñuela (1)	Agua Blanca (2)	Las Jaras (1)
<i>A. globosum</i>	Medicinal	C	0	0	0	1	0
		N	0	0	0	1	0
		T	0	3	0	1	1
	Lúdico	J	0	1	1	1	0
		Ti	0	0	0	0	0
<i>A. vaginatum</i>	Medicinal	C	0	0	0	1	0
		N	0	0	0	1	0
		T	0	1	0	1	1
	Lúdico	J	0	0	1	0	0
		Ti	1	0	0	0	0
Total*			1	5	2	7	2

C=carraspera (entendida como aspereza de la garganta), N=nervios, T=tos, J=juguete; Ti=tinta.

*El total es mayor a nueve, ya que algunos entrevistados mencionaron ambas especies para más de un uso.

Formas de uso

Respecto a los usos medicinales, para aliviar la carraspera se utilizan las “ramitas” (parte aérea) (Tabla 2) frescas de *A. globosum* y en seco, para los nervios; y para la tos la parte aérea seca y las “perlitas” (frutos) secas o frescas, ya sea en infusión o dejándola hervir durante 10 minutos, sola o combinada con ocote (*Pinus hartwegii*), gordolobo (*Gnaphalium* sp.), manzanilla (*Matricaria* sp.) o enojo silvestre, endulzando con azúcar, administrada como agua de tiempo por la mañana y por la noche durante 15-30 días. Para tratar la tos se emplean los frutos o la parte aérea de *A. vaginatum* (Tabla 2); se hierven durante 10 minutos, ya sean solos o combinados con otras plantas como el ocote (*P. hartwegii*) y la manzanilla (*Matricaria* spp.); generalmente se endulza con azúcar y se ingiere como agua de tiempo hasta por 15 días. Los remedios preparados a base de ambas especies son administrados vía oral y las dosis varían en función de la afección respiratoria o para los nervios que se esté tratando; cuando las especies se usan en fresco, la unidad de medida es el número de “ramitas o patitas” (parte aérea), que van de uno a cuatro; cuando es en seco, una cucharada sopera; ambas unidades son para 1 L de agua.

En los usos lúdicos, se utilizan los tallos jóvenes y frescos de *A. vaginatum* para dibujar sobre las rocas (Tabla 2) ya que éstos desprenden un líquido color morado en forma de tinta. Por otra parte, las semillas de ambas especies se emplean para jugar, puesto que el fruto del muérdago enano explota, provocando que las semillas salgan disparadas con el más ligero roce de las manos “golpeando muy fuerte”. El uso de estas especies se realiza de manera paralela a otras actividades como la colecta de hongos o faenas a lo largo del año.

Tabla 2: Partes empleadas del género *Arceuthobium* spp. por uso en el Nevado de Toluca.

Especie	Uso	Parte utilizada	
		Fruto	Parte aérea
<i>A. globosum</i>	Medicinal	3	5
	Lúdico	3	1
<i>A. vaginatum</i>	Medicinal	1	4
	Lúdico	1	0
Total*		8	10

*El total es mayor a nueve, ya que algunos entrevistados mencionaron ambas partes para cada especie en más de un uso.

Sitios y época de colecta

Para los usos medicinales y lúdicos del muérdago enano, la recolección de ambas especies se lleva a cabo en árboles de “ocote” (*Pinus* spp.) en bosques cercanos a las comunidades. Cuando es para usos medicinales se realiza una o dos veces por año con fines de autoconsumo y no existe una época específica de colecta porque la planta está disponible todo el año; los entrevistados mencionaron que cada vez usan menos esta planta, debido a la accesibilidad a medicamentos y servicios de salud o porque su estado de salud limita que se trasladen al sitio de colecta.

Discusión y conclusiones

La postura de los autores para el análisis de los resultados se sustenta en las potencialidades de la etnobotánica para documentar el conocimiento local sobre los

usos del muérdago enano por las comunidades locales del Área Natural Protegida Nevado de Toluca, así como para identificar posibles riesgos de los recursos naturales en cuestión. Por tanto, se rescata el conocimiento local respecto al reconocimiento de ambas especies y con qué las asocian, los usos que les atribuyen, las formas de coleta y de preparación y se resaltan temáticas de interés para futuros estudios, como la relevancia del muérdago enano como plaga.

El conocimiento local en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca sobre los usos del muérdago enano se concentra únicamente en el 22% de entrevistados de un total de 40, a pesar de que el 62.5% de éstos sí identificaron ambas especies. Nedelcheva *et al.* (2007) y Saynes-Vásquez *et al.* (2013) señalan que la tendencia a un modo de vida urbano y el desinterés por el ambiente natural local modifican el estilo de vida y afectan directamente los procesos de transmisión del conocimiento. Destaca el reconocimiento de los entrevistados de *Arceuthobium* spp. como parte de la flora del bosque; es preocupante que solo un entrevistado señalara que estas especies causan la muerte de los árboles dado que actualmente en el área de estudio esta planta parásita representa una plaga, afectando del 37% al 44% de los árboles en bosques de pino (Endara-Agramont *et al.*, 2013).

Se identifican los usos medicinales y lúdicos; entre los usos medicinales del muérdago enano que aún prevalecen en el conocimiento local destaca la atención primaria de la salud, lo cual es consistente con lo reportado por Feitosa *et al.* (2014); sobresale dicho conocimiento en las categorías de edad B y C (Tabla 1 y Figura 3). La ausencia del conocimiento respecto al uso medicinal de esta planta entre personas menores a los 41 años de edad (categoría de edad A) concuerda con lo propuesto por Estrada *et al.* (2007), Modamombe-Manduna *et al.* (2009) y Beltrán-Rodríguez *et al.* (2014) quienes establecen que las generaciones jóvenes desconocen las formas de uso y propiedades de dichas plantas, siendo los medicamentos el primer recurso para restaurar la salud. El conocimiento que prevalece principalmente entre las mujeres mayores a 41 años (categorías de edad B y C) corrobora lo propuesto por Navarro y Avendaño (2002) y Gheno-Heredia *et al.* (2011) quienes enfatizan que ellas son poseedoras del conocimiento sobre las

propiedades y usos de las plantas que les transmitieron sus antepasados, y resguardan el conocimiento sobre la medicina tradicional dentro del grupo de estudio. No se enfatiza que las mujeres reconocen más las especies de muérdago enano ni que poseen mayor conocimiento sobre sus usos, sino se analiza el conocimiento local sobre las especies entre los entrevistados, de los cuales el 57.5% son mujeres y 42.5% hombres.

El uso de ambas especies de muérdago enano para aliviar la tos está documentado por Martínez (1954) y Hawksworth y Wiens (1996); sin embargo, el uso para los nervios es un nuevo registro para el género en el área de estudio, aunque ya existen reportes de este tipo de uso en los estados de Hidalgo y Durango (González *et al.*, 2004). Dichos usos se relacionan con la presencia de flavonoides tipo 3-O-glicosidos, derivados de quercetina y myrcetina en el género *Arceuthobium* (Crawford y Hawksworth, 1979). Para *A. oxycedri* se ha comprobado la actividad antiinflamatoria (Akkol *et al.*, 2010) y para *A. vaginatum* en la zona de estudio se identificó que el contenido de fenoles es superior a la dosis recomendada del antiséptico bucal Listerine® (eucaliptol, timol y mentol) (Sotero, 2012).

El uso de *A. vaginatum* como tinta se asocia a la presencia y contenido de flavonoides (antocianinas) presentes en esta especie (Crawford y Hawksworth, 1979), que le imparten una coloración café oscura a negruzca (Cartaya y Reynaldo, 2001; Tanaka *et al.*, 2008; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2011). Por otra parte, el uso recreativo (como “juguete”) de ambas especies se atribuye a la dehiscencia explosiva de los frutos (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2011) donde la semilla expulsada alcanza una velocidad de 27 m s^{-1} y distancias menores a 10 m (Hawksworth y Wiens, 1996). No obstante que cada fruto contiene solo una semilla, cada planta de muérdago provee un gran porcentaje de frutos, con los que se favorece la dispersión de las semillas. Se identifica que el uso lúdico puede tener implicaciones en la sanidad de los ecosistemas forestales ya que los pobladores al jugar con el muérdago enano contribuyen inconscientemente en la dispersión de la semilla.

En conclusión, el conocimiento local sobre los usos del género *Arceuthobium* está vigente entre los habitantes del Área Natural Protegida Nevado de Toluca, México. La tendencia actual a un estilo de vida urbano, así como el fácil acceso a los sistemas de salud en la actualidad, ponen en riesgo la preservación del conocimiento sobre el uso medicinal de *Arceuthobium* entre la población joven. El uso de *A. globosum* para los nervios es el primer registro para este género a nivel local y representa una oportunidad para realizar estudios fitoquímicos sobre las condiciones óptimas (fenológicas y ambientales) que favorecen la producción de metabolitos secundarios relacionados con las propiedades que se le atribuyen, para su futuro aprovechamiento con fines farmacéuticos, así como industriales para *A. vaginatum* como tinta. Desde la perspectiva forestal, el hecho que la población entrevistada desconozca los efectos negativos del muérdago enano dentro de los ecosistemas forestales y señale prácticas que favorecen la dispersión de las semillas con su uso como juguete, resalta la importancia de difundir información general sobre esta plaga entre las comunidades locales así como de considerarla para realizar estudios particulares en esta temática que contribuyan a su inclusión en los programas de manejo y conservación forestal del área de estudio.

Agradecimientos

La autora principal agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca para los estudios de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la SEP por el financiamiento del Proyecto de la Red Ibero-Latinoamericana para el Aprovechamiento y Conservación de Recursos Bióticos (RILACREB), intitulado Aprovechamiento y protección del conocimiento etnobotánico tradicional y de la agrobiodiversidad: estudios de caso “zona centro del estado de Veracruz” y “Parque Nacional Nevado de Toluca”. A la Dra. Laura White Olascoaga por su apoyo en la identificación taxonómica de los ejemplares botánicos del género *Arceuthobium* utilizados en este estudio. Al Comisariado Ejidal y residentes de las comunidades de Raíces, Loma Alta, La Peñuela, Agua Blanca y Las Jaras por su hospitalidad y apoyo para realizar este trabajo.

Referencias

- Akkol EK, Orhan I, Kartal M, Yesilada E. 2010. Bioactivity guided evaluation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Arceuthobium oxycedri* (D.C.) M. Bieb. J Ethnopharmacol 128 (1): 79-84.
- Alanís G, Velazco C, Foroughbakhch R, Valdez V, Alvarado M. 2004. Diversidad florística de Nuevo León: especies en categoría de riesgo. Ciencia UANL 7 (2): 209-218.
- Alarcón-Aguilar F, Román-Ramos R. 2006. Anti-diabetic plants in Mexico and Central America, pp. 179-187. In Soumyanath, A: Traditional Medicines for Modern Times. Taylor & Francis Group, Florida, U.S.A.
- Albuquerque UP, Silva JS, Campos JLA, Sousa RS, Silva TC, Alves RRN. 2013. The status of ethnobiological research in Latin America: gaps and perspectives. J. Ethnobiol Etnomed 9 (72): 1-9.
- Alonso JR. 2003. Bosques y selvas tropicales como fuente de medicamentos. Bol Latinoam Caribe de Plant Med Aromat 2 (2): 16-21.
- Andrade-Cetto A, Heinrich M. 2005. Mexican plants with hypoglycemic effect used in the treatment of diabetes. J Ethnopharmacol 99 (3): 325-348.
- Barragán-Solís A. 2006. La práctica de la autoatención por fitoterapia en un grupo de familias mexicanas. Arch Med Fam 8 (3): 155-162.
- Bello-González MA, Hernández-Muñoz S, Lara-Chávez MBN, Salgado-Garciglia R. 2015. Plantas útiles de la comunidad indígena nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Polibotanica 33: 175-215.
- Beltrán-Rodríguez L, Ortiz-Sánchez A, Mariano N, Maldonado-Alanza B, Reyes-García V. 2014. Factors affecting ethnobotanical knowledge in a mestizo community of the Sierra de Huautla Biosphere Reserve, Mexico. J Ethnobiol Etnomed 10: 14.
- Canales M, Hernández T, Caballero J, Romo de Vivar A, Ávila G, Duran A, Lira R. 2005. Informant consensus factor and antibacterial activity of the medicinal plants used by the people of San Rafael Coxcatlán, Puebla, México. J Ethnopharmacol 97 (3): 429-439.
- Cartaya O, Reynaldo I. 2001. Flavonoides: Características químicas y aplicaciones. Cultivos Tropicales 22 (1): 5-14.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2012. Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, ubicado en el Estado de México, México. <http://www.conanp.gob.mx/acciones/consulta/> [Consultado Octubre 20, 2014].

Cook SC. 1995. Economic Botany Data Collection Standard. Kew, Royal Botanic Gardens, UK, pp. 146, 44-47.

Cotton CM. 1996. Ethnobotany: principles and applications. Wiley, London, pp.434, 59-89.

Crawford D, Hawksworth FG. 1979. Flavonoid chemistry of *Arceuthobium* (Visaceae). Britonia 31: 212-216.

Endara-Agramont AR, Calderón-Contreras R, Nava-Bernal G, Franco-Maass S. 2013. Analysis of Fragmentation processes in High-Mountain Forests of the Centre of Mexico. Am J Plant Sci 4: 697-704.

Estrada E, Villarreal JA, Cantú C, Cabral I, Scott L, Yen C. 2007. Ethnobotany in the Cumbres de Monterrey National Park, Nuevo León, México. J Ethnobiol Ethnomed 3: 8.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2004. Building on Gender, Agrobiodiversity and Local Knowledge. <http://www.fao.org/docrep/007/y5610e/y5610e01.htm> [Consultado Septiembre 1, 2017].

Feitosa I, Albuquerque U, Monteiro JM. 2014. Knowledge and extractivism of *Stryphnodendron rotundifolium* Mart. In a local community of the Brazilian Savanna, Northeastern Brazil. J Ethnobiol Ethnomed 10: 64.

Fernández R, Ramos D, Carranza E. 2001. Notas sobre plantas medicinales del estado de Querétaro, México. Polibotanica 12: 1-39.

Franco S, Nava G. 2010. El Parque Nacional Nevado de Toluca, pp. 11-17. In Franco S., Burrola C: Los hongos comestibles del Nevado de Toluca. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Gheno-Heredia YA, Nava-Bernal G, Martínez-Campos AR, Sánchez-Vera E. 2011. Las plantas medicinales de la organización de parteras y médicos indígenas

tradicionales de Ixhuatlancillo, Veracruz, México y su significancia cultural. *Polibotanica* 31: 199-251.

Gómez R. 2012. Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35 (1): 43-49.

Gomez-Beloz A. 2002. Plant use knowledge of the Winikia Warao: the case for questionnaires in ethnobotany. *Econ. Bot.* 56: 231-241.

González M, López IL, González MS, Tena JA. 2004. Plantas Medicinales del estado de Durango y zonas aledañas. CIIDIR Instituto Politécnico Nacional, Durango, México, pp. 210, 93-94.

Hawksworth FG, Wiens D. 1996. Dwarf mistletoes: biology, pathology and systematics. *Agriculture Handbook 709*. Forest Service, USDA, Washington, U.S.A., pp. 406, 95-108.

Hersch MP. 1996. Destino común: los recolectores y su flora medicinal. Instituto Nacional de Antropología e Historia, D.F., México, pp. 262, 20-31.

Martínez D, Alvarado R, Mendoza M, Basurto F. 2006. Plantas medicinales de cuatro mercados del estado de Puebla, México. *Bol Soc Bot Mex* 79: 79-87.

Martínez M. 1954. Las plantas medicinales de México. Ed. Botas, D.F., México, pp. 665.

Martínez-Pérez A, López PA, Gil-Muñoz A, Cuevas-Sánchez A. 2012. Plantas silvestre útiles y prioritarias identificadas en la mixteca poblana, México. *Acta Bot Mex* 98: 73-98.

Modamombe-Manduna I, Vibrans H, Vázquez V. 2009. Género y conocimiento etnobotánicos en México y Zimbabwe. Un estudio comparativo. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente* 9 (18): 21-48.

Morales MC, Madrigal UD, González BA, Hernández CSL, González TA. 2007. Atlas ecológico del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, pp. 349, 250-265.

Navarro L, Avendaño S. 2002. Flora útil del municipio de Astacinga, Veracruz, México. *Polibotanica* 14: 67-84.

Nedelcheva AM, Yunus D, Guarrera PM. 2007. Plants traditionally used to make brooms in several European countries. *J Ethnobiol Ethnomed.* 3: 20.

- Queijeiro-Bolaños M, Cano-Santana Z, Castellanos-Vargas I. 2011. Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre *Pinus hartwegii* en el área natural protegida "Zoquiapan y Anexas", Estado de México. *Acta Bot Mex* 96: 49-57.
- Ramírez CR. 2007. Etnobotánica y la pérdida del conocimiento tradicional en el siglo 21. *Ethnobot Res & Appl* 5: 241-244.
- Rzedowski J, Calderón de Rzedowski G. 2011. Principales hospederos y algunos otros datos ecológicos de las especies de Viscaceae en el estado de Querétaro. Fascículo complementario XXVI, pp. 1-5. In Rzedowski, J, Calderón de Rzedowski G: *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Instituto de Ecología, Michoacán, México.
- Saynes-Vásquez A, Caballero J, Meave JA, Chiang F. 2013. Cultural change and loss of ethnoecological knowledge among the Isthmus Zapotecs of Mexico. *J Ethnobiol Ethnomed* 9: 40.
- Sotero AI. 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, Toluca, México, pp. 82, 61-63.
- Sotero-García AI, Gheno-Heredia YA, Martínez-Campos AR, Arteaga-Reyes TT. 2016. Plantas medicinales usadas para las afecciones respiratorias en Loma Alta, Nevado de Toluca, México. *Acta Bot Mex* 114: 51-68.
- Tanaka Y, Sasaki N, Ohmiya A. 2008. Biosynthesis of plant pigments: anthocyanins, betalains and flavonoids. *Plant J* 54 (4): 733-749.
- Tetik F, Civelek S, Cakilcioglu U. 2013. Traditional uses of some medicinal plants in Malatya (Turkey). *J Ethnopharmacol* 146 (1): 331-346.
- Vázquez I, Villa A, Madrigal S. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Ed. Litho Quality. Michoacán, México, pp. 93, 6-8.
- Villavicencio MA, Pérez B. 2006. Plantas útiles del estado de Hidalgo III. Ed. Amalgama Arte, Pachuca, México, pp. 237, 81-83.

Waizel BJ, Waizel HS. 2005. Algunas plantas utilizadas popularmente en el tratamiento de enfermedades respiratorias. Parte I. Anal Otorrinolaringol Mex 50 (4): 76-87.

White-Olascoaga L, Juan-Pérez JI, Chávez-Mejía C, Gutiérrez-Cedillo JG. 2013. Flora medicinal en San Nicolás, municipio de Malinalco, Estado de México. Polibotanica 35: 173-206.

7.1.2. Conocimiento medicinal de una planta parásita (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) en el Nevado de Toluca, México (Capítulo de Libro)

México rural ante los retos del siglo XXI

Jesús Antonio Madera Pacheco
Nohora Guzmán Ramírez
Olivia María Garrafa Torres
Hernán Salas Quintanal
Coordinadores de la colección

TOMO V EL PATRIMONIO BIOCULTURAL Y LOS SABERES TRADICIONALES EN EL CAMPO MEXICANO

David Oseguera Parra
Hernán Salas Quintanal
Coordinadores

Primera edición, 2017

ISBN de la colección: 978-607-9293-24-6

ISBN del Tomo V: 978-607-9293-27-7

D.R. © 2017, Asociación Mexicana de Estudios Rurales, A.C.
Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM
Circuito Mario de la Cueva s/n, Zona Cultural
Ciudad Universitaria, 04510, CDMX.

D.R. © 2017, Universidad Autónoma de Nayarit
Ciudad de la Cultura "Amado Nervo", 63155, Tepic, Nay.

D.R. © 2017, Universidad Autónoma Chapingo
Km 38.5 carretera México - Texcoco, Chapingo, Estado de México.

D.R. © 2017, Universidad Autónoma Metropolitana -Azcapotzalco-
Avenida San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, 02200, Delegación
Azcapotzalco, CDMX.

Este libro fue sometido a un proceso de dictaminación académica, de acuerdo con las normas establecidas por el Consejo Editorial de la Asociación Mexicana de Estudios Rurales, A.C. Los derechos exclusivos de la edición quedan reservados para todos los países de habla hispana. Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio, sin el consentimiento por escrito de los legítimos titulares de los derechos.

Impreso en México / *Printed in Mexico*

- 55 | **A propósito del reconocimiento de la UNESCO a la comida tradicional mexicana: un plato, dos significados y un reconocimiento parcial**
Iran Guerrero Andrade
- 71 | **La construcción de aprendizajes significativos en torno al ambiente: la participación de niños y niñas en la cafecultura**
Yanet Moreno Hernández
María Luisa Osorio Rosales (†)
- 93 | **Conocimiento medicinal de una planta parásita (*arceuthobium vaginatum* y *arceuthobium globosum*) en el nevado de Toluca, México**
Alma Inés Sotero García
Tizbe Teresa Arteaga Reyes
Ángel Roberto Martínez Campos
Verónica Eva Bunge Vivier
- 107 | **Estudio cuantitativo sobre el conocimiento tradicional de plantas medicinales utilizadas para el tratamiento de enfermedades broncorespiratorias por los chontales en Nacajuca, Tabasco, México**
Miguel Alberto Magaña Alejandro
Merly Iveth Magaña Rodríguez
Graciela Beauregard Solís
Silvia Patricia Aquino Zúñiga

Conocimiento medicinal de una planta parásita (*arceuthobium vaginatum* y *arceuthobium globosum*) en el nevado de Toluca, México

ALMA INÉS SOTERO GARCÍA¹
TIZBE TERESA ARTEAGA REYES²
ÁNGEL ROBERTO MARTÍNEZ CAMPOS³
VERÓNICA EVA BUNGE VIVIER⁴

Resumen

Las plantas parásitas se consideran un importante agente de perturbación en los bosques; uno de los géneros más significativos es *Arceuthobium* conocido comúnmente como muérdago enano; sus principales hospederos pertenecen a las familias Pinaceae y Cupressaceae. En México se reporta el uso medicinal de *Arceuthobium* spp.; sin embargo, no se han analizado las implicaciones de su uso sobre la dispersión de dicha planta. Se plantea como objetivo documentar

¹ Estudiante de doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México. Correo electrónico: almasg15@yahoo.com

² Profesora – Investigadora, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México. Correo electrónico: tizbe@hotmail.com

³ Profesor – Investigador, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México. Correo electrónico: amartimacar@yahoo.com.mx

⁴ Profesora, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: verobunge@yahoo.com.mx

el uso medicinal sobre el género *Arceuthobium* en las comunidades del Nevado de Toluca. Se reflexiona sobre el conocimiento local de dicho género y sus posibles implicaciones en su dispersión. Se emplearon herramientas cualitativas de la etnobotánica para identificar el conocimiento local, los usos y las partes empleadas del *Arceuthobium*. Los resultados muestran que el muérdago enano se utiliza principalmente para el tratamiento de la tos así como para los nervios y la carraspera, empleando la parte aérea y los frutos. El uso de dichas estructuras de la planta podría representar un importante factor de riesgo para la dispersión del muérdago enano en los bosques. Por tanto, se enfatiza en la necesidad de realizar estudios que determinen el efecto de la recolección de plantas parásitas sobre su dispersión para que se incluyan en las propuestas de manejo forestal de las instituciones encargadas del mantenimiento y conservación de los ecosistemas forestales.

Introducción

El conocimiento local sobre las plantas útiles no necesariamente implica que la gente comprenda las características biológicas o ecológicas ni las funciones que desempeñan éstas en el ecosistema. Por ejemplo, en el Nevado de Toluca la población local utiliza el muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) con fines medicinales, principalmente, pero desconoce sus características y funciones dentro de los ecosistemas forestales. Por tanto, el objetivo fue documentar el uso medicinal sobre el género *Arceuthobium* entre las comunidades del Nevado de Toluca. Se reflexiona sobre el conflicto de intereses que representa el uso local del muérdago enano y la dispersión de dicha especie en bosques de coníferas ya que la recolección de dicha planta parásita podría implicar efectos negativos en la calidad de los bosques.

El muérdago enano es una planta parásita que se caracteriza por asociarse de manera estrecha con otra planta, obteniendo los recursos y nutrimentos necesarios (agua y minerales) para su desarrollo (Pennings y Callaway, 2002); afecta de manera negativa el desarrollo y reproducción normal de la planta hospedera ya que establecen una conexión directa con el sistema de flujo de nutrientes (xilema o floema) del hospedero a través de raíces modificadas (haustorios) (Nickrent, 1997). Para *Arceuthobium* se han identificado 22 taxa en 24 estados (Hawksworth y Wiens, 1996; Vázquez *et al.*, 2006) parasitando a los géneros *Pinus* (29 especies), *Pseudotsuga* (2 especies) y *Abies* (2 especies). Los diferentes géneros de muérdago son considerados la plaga forestal con mayor extensión en México y el segundo agente de destrucción de los bosques

templados, después del escarabajo descortezador (Geils y Vázquez, 2002; Villa, 2003; Clark-Tapia *et al.*, 2011), con pérdidas anuales estimadas en más de dos millones de m³ de madera (volumen total árbol) sin considerar la muerte del arbolado y la predisposición al ataque de plagas y enfermedades forestales (Vázquez *et al.*, 2006).

Existen aproximadamente 2,500 especies de plantas parásitas distribuidas en las familias Santalaceae, Balanophoraceae, Rafflesiaceae, Misodendraceae, Cynomoriaceae, Hydnoraceae, Convolvulaceae, Lauraceae, Lennoaceae, Scrophulariaceae, Orobanchaeae y Loranthaceae (Kuijt, 1968). De especial interés en este estudio es la Loranthaceae, familia a la cual pertenece el muérdago. Cinco de sus géneros se utilizan en la medicina tradicional: (i) *Cladocoea* spp. para el tratamiento de problemas del sistema endocrino, incluida la diabetes, enfermedades dermatológicas y tumores en la piel (Waizel *et al.*, 1994); (ii) *Psittacanthus* spp. para hipertensión, cicatrización de heridas y agente hipoglucémico en México (Martínez, 1954; Rodríguez-Cruz *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); (iii) *Phoradendro* spp. como antifébril en México (Navarro y Avendaño, 2002); (iv) *Struthanthus* spp. para el tratamiento de neumonía y tuberculosis en Brasil (Leitão *et al.*, 2013); (v) *Arceuthobium* 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-Aguilar y Román-Ramos, 2006; Villavicencio y Pérez, 2006; Sotero-García *et al.*, 2016). También se han documentado otras características de *Arceuthobium* como la presencia de fenoles superior a la de la dosis recomendada del antiséptico bucal Listerine® (eucaliptol, timol y mentol) (Sotero-García, 2012), así como la validación de la actividad antiinflamatoria y anticonceptiva (Küpeli *et al.*, 2010).

Metodología

Este estudio se realiza en el Nevado de Toluca, basado en una revisión de literatura especializada en plantas medicinales y en plantas parásitas, en la experiencia de trabajo de campo, así como en la aplicación de metodologías

cuantitativas y la etnobotánica. En la revisión de literatura destaca la consulta de artículos científicos, libros, revistas, tesis y páginas de internet (UNAM-Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana) para documentar los usos el género *Arceuthobium* en México. La etnobotánica en este estudio permite analizar la relación planta-hombre en una cultura, espacio y tiempo determinado (Hamilton, 2004); se fundamenta en la antropología estudiando las plantas útiles que son consideradas como recursos fitogenéticos desde la perspectiva étnica y la botánica, que apoya el estudio de las plantas desde la perspectiva ecológica aportando la identidad taxonómica de las especies (Henríquez, 2001).

Para documentar el conocimiento local sobre las especies se realizaron entrevistas semi-estructuradas con el 10 % de los hogares en cinco comunidades del Nevado de Toluca (Raíces, Loma Alta, La Peñuela, Agua Blanca y Las Jaras); el principal criterio de selección fue la presencia de bosques de pino infestados por muérdago enano y la presencia de asentamientos humanos cerca de la zona forestal en el ejido. Se siguió como guía un cuestionario que abordó las especies reconocidas, los usos y partes utilizadas del muérdago enano; el cuestionario fue adaptado de las propuestas realizadas por Aguilar-Rodríguez *et al.* (2012), Gómez (2012) y Tetik *et al.* (2013) e incluyó fotografías a color de las especies *A. vaginatum* y *A. globosum*. Así mismo, se obtuvieron datos a través de información proporcionada en caminatas en el bosque, para complementar la información de las entrevistas (Cotton, 1996).

1.1. El Nevado de Toluca

Se localiza en la zona centro de México en el Eje Neovolcánico Transversal, entre las coordenadas geográficas 18°51'31" y 19°19'03" de latitud Norte y 99°38'54" y 100°09'58" de longitud Oeste (CONABIO, 2004), con una población de 2,806 habitantes distribuida en 12 localidades (INEGI, 2010); registra una precipitación media anual de 1,000 mm con lluvias en verano y heladas en la parte de las laderas (2,800 metros sobre el nivel del mar). Presenta dos tipos de clima: el templado semifrío C(E)(w2)(w)b(i)g (2,800-3,700 metros sobre el nivel del mar), con temperatura media anual de 8 °C, con máximas en abril y mayo (12 y 13 °C) y mínimas en enero y diciembre (8 y 9 °C); y el clima frío E(T)H (3,700 metros sobre el nivel del mar), con temperatura media anual por debajo de los 6 °C (Morales *et al.*, 2007). En el sistema forestal destaca la presencia de coníferas como el pino (*Pinus* spp.) y oyamel (*Abies religiosa*) que abarcan cerca del 70 % de su superficie total (Franco y Nava,

2010). La regeneración natural de los bosques se ha visto afectada por factores como el estado maduro, las condiciones fitosanitarias y la presencia de diversos tipos de muérdagos (*Arceuthobium* spp. y *Phoradendro* spp.) que afectan a los árboles jóvenes, que son más susceptibles de ser atacados (CONANP, 2012).

Los bosques del Nevado de Toluca se han deteriorado, entre otras causas, por el cambio de uso de suelo y la presión antrópica como la extracción de madera, hongos, fibras, plantas ornamentales, “tierra de hoja” o “tierra negra” y leña (Franco *et al.*, 2006; CONANP, 2012); así mismo, los aprovechamientos forestales maderables clandestinos han representado una fuente de deterioro importante en dichos bosques (CONANP, 2012). Los bosques de pino sufrieron los mayores procesos de deforestación y deterioro; la pérdida boscosa registró una disminución en la superficie que va de 16,955 hectáreas en 1972 a 13,481 hectáreas en el 2000 (Franco *et al.*, 2006), a causa de la extracción intensiva, semi-intensiva y selectiva de los mejores ejemplares, ya que la madera obtenida tiene un alto valor comercial para las poblaciones locales. La extracción forestal varía en los bosques del Nevado de Toluca siendo del 11, 20 y 33 % en los densos, semidensos y fragmentados, respectivamente, extracción que ha contribuido en la incidencia de plagas y enfermedades, a excepción de sus bosques densos.

Por ejemplo, en los bosques semidensos se presenta el muérdago enano en el 17 % de los árboles y en los bosques fragmentados en el 62 % de éstos (Endara *et al.*, 2013). De un total de 17,600 hectáreas de bosques de pino (Franco *et al.*, 2006) en el Nevado de Toluca 6,003 hectáreas están infestadas por *Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum* (Cedillo, 2012). *A. vaginatum* (Willd) Presl. es una planta erguida de 30-50 cm de altura; tallos anaranjados a cafés oscuros o negros, ramificados; flor masculina de 3.5 mm de largo; flor femenina de 1.5 a 2.5 mm de largo; fruto ovoide, de 4 a 6 mm por 2 a 3 mm de ancho. Sus principales hospederos son *P. hartwegii* y *P. pseudostrobus* (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2010). *A. globosum* Hawksworth & Wiens. es una planta que mide hasta 35 cm de altura con tendencia a formar agrupaciones globosas con los tallos de color amarillo claro o amarillo-verdosos muy ramificados; flor masculina de 3.5 mm de largo; flor femenina de 1.5 mm de largo; fruto elíptico-ovado de 5 a 6 mm de largo. Sus principales hospederos son *P. hartwegii* y *P. montezumae* (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2010). La Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) a través del Programa de Sanidad Forestal realiza recorridos de diagnóstico para ubicar brotes de plagas y enfermedades que pongan en riesgo la cubierta forestal; brinda asesoría para realizar trabajos de

saneamiento en predios forestales que cuenten con la notificación otorgada por la CONAFOR-SEMARNAT (PROBOSQUE, 2015).

2. Conocimiento local del muérdago enano en el Nevado de Toluca

Las comunidades indígenas y rurales al estar en contacto directo con los recursos naturales han generado un profundo conocimiento sobre sus usos (Gómez-Pompa, 1985; Bermúdez *et al.*, 2005; Láres, 2007). Por ejemplo, en el Nevado de Toluca existe un fuerte arraigo de la población y las zonas aledañas sobre el uso de plantas con fines medicinales, entre ellas el *Arceuthobium* (CONANP, 2012), destacando el uso de *Arceuthobium vaginatum* para el tratamiento de la tos en al menos una de las comunidades (Sotero-García *et al.*, 2016).

2.1. Usos registrados para las especies del género *Arceuthobium*

A. vaginatum se emplea con fines medicinales para el tratamiento de la tos, la diabetes (Martínez, 1954; Andrade-Cetto y Heinrich, 2005), el reumatismo y los trastornos pulmonares (García, 1981; Hawksworth y Wiens, 1996; González *et al.*, 2004). Para el tratamiento de la tos se menciona la ingestión oral de la infusión de la parte aérea (Hawksworth y Wiens, 1996; Sotero-García *et al.*, 2016), mientras que para el tratamiento del reumatismo y los trastornos pulmonares se utiliza la viscina en decocción (Hawksworth y Wiens, 1996). *A. globosum* se utiliza para la diarrea, los nervios, la pulmonía y los desórdenes reumáticos (Hawksworth y Wiens, 1996), ingeridas a través de una infusión (García, 1981; González *et al.*, 2004) así como el uso de las ramas hervidas como té en ayunas para los dolores reumáticos y de huesos (Villavicencio y Pérez, 2006).

2.2. El género *Arceuthobium* en el Nevado de Toluca

Residentes del Nevado de Toluca identificaron a las especies del género *Arceuthobium* como “la flor” del pino, reconociendo su uso medicinal, así como los daños que causan a los pinos; algunos no reconocieron dichas especies a pesar de que se les mostraron las fotografías a color en el cuestionario guía. Entre los usos medicinales para ambas especies se registró el tratamiento de la tos, mientras que para *A. globosum* también se mencionó su uso para la

carraspera y los nervios, empleando tanto la parte aérea (tallos, hojas, flores o frutos) como los frutos (perlitas). A pesar del uso medicinal del muérdago enano, los habitantes del Nevado de Toluca manifestaron que desconocen la función de *Arceuthobium* en el ecosistema forestal. En los planes de manejo de plantas parásitas es imperante se incluyan medios de transmisión de información a las poblaciones locales sobre las condiciones que favorecen la dispersión, desarrollo y supervivencia del muérdago enano ya que el conocimiento actual y su uso local podría estar teniendo un efecto considerable en la dispersión por la forma en que se colecta y el tipo de estructuras utilizadas para fines medicinales, temática en la que se requiere profundizar ya que va más allá del alcance del presente estudio.

El uso de las estructuras reproductivas de las plantas en algunos casos pone en riesgo su conservación (Brena-Bustamante *et al.*, 2013); por ejemplo, durante la colecta del muérdago enano para el uso de la parte aérea y los frutos se podría haber tenido algún impacto indirecto en la dispersión de las especies y contribuir en el incremento de la superficie infestada. Durante los recorridos de campo en las cinco comunidades analizadas en el Nevado de Toluca se observó que *A. globosum* cubre mayor superficie que *A. vaginatum*; la primera especie se emplea para el tratamiento de tres afecciones, por tanto, sería pertinente realizar un análisis detallado respecto de la relación que existe entre la dispersión de *A. globosum* y la colecta de éste por las poblaciones locales.

También sería importante analizar el efecto de la colecta y las partes empleadas de ambas especies sobre el rendimiento del muérdago a nivel individuo (número de brotes por planta), no obstante que éste se regula por el estado fisiológico del hospedero de manera similar al funcionamiento de las plantas no parásitas y la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo (Bickford *et al.*, 2005). Se debe considerar que al colectar la parte aérea de las plantas se está dando un manejo similar a la poda que se realiza en los árboles la cual tiene como finalidad incrementar el vigor, promover el crecimiento y prolongar su vida (Lightle y Hawksworth, 1973); en este caso se estaría favoreciendo el desarrollo de nuevos brotes de muérdago enano lo cual solo beneficia la sobrevivencia de esta planta parásita.

El uso medicinal del género *Arceuthobium* entre las comunidades del Nevado de Toluca podría representar un riesgo para la dispersión de las semillas y el desarrollo de nuevos brotes de muérdago enano, afectando indirectamente la calidad de los bosques de coníferas. En el caso del uso de los frutos (perlitas) cuando están turgentes se puede influir en la diseminación de las semillas, ya

que en ese estado alcanzan una velocidad de 27 metros por segundo y distancias menores a 10 metros (Hinds *et al.*, 1963); si bien cada fruto contiene solo una semilla, cada planta de muérdago provee un gran porcentaje de frutos que presentan una dehiscencia explosiva (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2011) que con ayuda del viento es el principal vehículo de dispersión de las semillas (Scharpf y Parmeter 1971; Smith, 1977).

Conclusiones

El conocimiento sobre el uso medicinal del muérdago enano sigue vigente entre los habitantes del Nevado de Toluca, destacando el uso de las especies *A. vaginatum* y *A. globosum*. para el tratamiento de la tos y de *A. globosum* para la carraspera y los nervios. La documentación de dicho conocimiento permitió identificar que la población local desconoce la función ecológica de la planta parásita, enfatizando en la necesidad de implementar medios de transmisión de información sobre las condiciones que favorecen la dispersión, desarrollo y supervivencia del muérdago enano para realizar colectas de *Arceuthobium* con fines medicinales evitando su dispersión.

Recomendaciones

Resulta importante realizar estudios que determinen los efectos que tiene la recolección de plantas parásitas sobre su dispersión, para que se incluyan en las propuestas de manejo de las instituciones encargadas del mantenimiento y conservación de los ecosistemas forestales. Así mismo, sería pertinente identificar la disposición de las poblaciones locales para aprovechar el muérdago enano mediante algún proyecto productivo, para contribuir al rescate del conocimiento local sobre sus usos, así como a un aprovechamiento con fines farmacológicos bajo condiciones que no influyan en la dispersión. Finalmente, se requiere profundizar en estudios que validen el potencial farmacológico de ambas especies para su aprovechamiento local bajo condiciones que favorezcan la recuperación de los bosques y el bienestar de las poblaciones locales.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de posgrado para la obtención del grado de Doctor de la Mtra. Alma Inés Sotero García. Al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la SEP

por el financiamiento del Proyecto de la Red Ibero-Latinoamericana para el Aprovechamiento y Conservación de Recursos Bióticos (RILACREB), intitulado Aprovechamiento y Protección del Conocimiento Etnobotánico Tradicional y de la Agrobiodiversidad: estudios de caso “zona centro del estado de Veracruz” y “Parque Nacional Nevado de Toluca”. A los líderes y residentes de las comunidades de Raíces, Loma Alta, La Peñuela, Agua Blanca y Las Jaras por su hospitalidad y apoyo para realizar este trabajo.

Bibliografía

- Aguilar-Rodríguez, S., Echevestre-Ramírez, N., López-Villafranco, M., Aguilar-Contreras, A., Vega-Ávila, E. y R. Reyes-Chilpa (2012), “Etnobotánica, micrografía analítica de hojas y tallos y fitoquímica de *Cuphea aequipetala* Cav. (Lythraceae): una contribución a la farmacopea herbolaria de los Estados Unidos Mexicanos”, *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, vol. 11, núm. 4, pp. 316-330.
- Alarcón-Aguilar, F. y R. Román-Ramos (2006), “Anti-diabetic plants in Mexico and Central America”, en Soumyanath, A. (ed), *Traditional Medicines for Modern Times*, U.S.A., Taylor & Francis Group, pp. 179-187.
- Andrade-Cetto, A. y M. Heinrich (2005), “Plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes”, *Journal of Ethnopharmacology*, núm. 3, pp. 325-348.
- Bermúdez, A., Oliveira, M. y D. Velázquez (2005), “La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: Una revisión de sus objetivos y enfoques actuales”, *Interciencia*, núm. 8, pp. 453-459.
- Bickford, C.P., Kolb, T.E., y B.W. Geils (2005), “Host physiological condition regulates parasitic plant performance: *Arceuthobium vaginatum* subsp. *Cryptopodium* on *Pinus ponderosa*”, *Oecologia*, núm. 2, pp. 179-189.
- Brena-Bustamante, P., Lira-Saade, R., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., Cervantes-Maya, H., Martín López-Carrera, M. y S. Chávez-Herrera (2013), “Aprovechamiento del escapo y los botones florales de *Agave kerchovei* en el valle de Tehuacán-Cuicatlán, México”, *Botanical sciences*, núm. 2, pp. 181-186.

- Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski (2010), “Flora fanerogámica del Valle de México”, disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/Flora_del_Valle_de_Mx1.pdf> (Accesado el día 29 de noviembre de 2013).
- Cedillo, M. (2012), *Distribución espacial y análisis de la presencia de plagas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca*, tesis de licenciatura en Geografía, México, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Clark-Tapia, R., Torres-Bautista, B., Alfonso-Corrado, C., Valdez-Hernández, J.I., González-Adame, G., Bretado-Velázquez, J. y J. Campos-Contreras (2011), “Analysis of the abundance and mistletoe infection in Sierra Fria, Aguascalientes, México”, disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-4712011000200003&lng=es&tlng=en> (Accesado el día 24 de julio de 2014).
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (2004), “Regiones terrestres Prioritarias de México”, disponible en: <http://www.conabio.gob.mx>. Consulta: (Accesado el día 29 de noviembre de 2013).
- CONANP, Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (2012), “Estudio Previo Justificativo para la Modificación de la Declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, ubicado en el Estado de México”, disponible en: <<http://www.conanp.gob.mx/acciones/consulta/>> (Accesado el día 30 de octubre de 2014).
- Cotton, C.M. (1996), *Ethnobotany: principles and applications*, New York, John Wiley & Sons, 424 p.
- Endara, A.R., Calderon, R., Nava, G. y S. Franco (2013), “Analysis of fragmentation processes in high-mountain forest of the Centre of Mexico”, *American Journal of Plant Sciences*, núm. 4, pp. 697-704.
- Franco, S. y G. Nava (2010), “El Parque Nacional Nevado de Toluca”, en Franco, S. y C. Burrola (eds.), *Los hongos comestibles del Nevado de Toluca*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, pp. 11-17.
- Franco, S., Regil, H.H., González C. y G. Nava (2006), “Cambio de uso del suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000”, *Boletín del Instituto de Geografía*, núm. 61, pp. 38-57.

- 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.W. y I. Vázquez (2002), "Loranthaceae and Viscaceae in North America", en Geils, B.W., Cibrián J. y B. Moody (Coords.), *Mistletoes of North American Conifers*. U.S.A. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, pp. 1-8.
- Gómez, R. (2012), "Plantas medicinales en una aldea del estado de Tabasco, México", *Revista Fitotecnica Mexicana*, núm. 1, pp. 43-49.
- Gómez-Pompa, A. (1985), *Los recursos bióticos de México: reflexiones*, México, Alhambra Mexicana, 122 p.
- González, M., López, I.L., González, M.S. y J.A. Tena (2004), *Plantas Medicinales del estado de Durango y zonas aledañas*, Durango, Instituto Politécnico Nacional, 209 p.
- Hamilton, A.C. (2004), "Medicinal plants, conservation and livelihoods", *Biodiversity and Conservation*, núm. 13, pp. 1477-1517.
- Hawksworth, F.G. y D. Wiens (1996), "Dwarf mistletoes: biology, pathology and systematics", disponible en: <http://www.rms.nau.edu/publications/ah_709/> (Accesado el día 24 de febrero de 2014).
- Henríquez, P. (2001), *Estudios de la agrobiodiversidad en Mesoamérica: Aspectos metodológicos*, el Salvador, Red Mesoamericana de Recursos Filogenéticos-REMERFI, 54 p.
- Hinds, T.E., Hawksworth F.G. y W. McGinnies (1963), "Seed discharge in *Arceuthobium*: a photographic study", *Science*, núm. 3572, pp. 1236-1238.
- INEGI, Instituto Nacional de Geografía e Informática (2010), "Censo Nacional de Población y Vivienda", disponible en: <<http://www.inegi.gob.mx>> (Accesado el día 29 de noviembre de 2011).
- Kuijt, J. (1968), "Mutual affinities of Santalanean families", *Brittonia*, núm. 2, pp. 136-147.
- Küpeli, E., Orhan, I., Kartal, M. y E. Yesilada (2010), "Bioactivity guided evaluation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Arceuthobium oxycedri* (D.C.) M. Bieb.", *Journal of Ethnopharmacology*, núm. 1, pp. 79-84.

- Láres, A. (2007), “La sabiduría popular como fuente para investigaciones fitoquímicas”, en memorias del XVII Congreso Venezolano de Botánica, Sociedad Botánica de Venezuela, 20 al 25 de mayo.
- Leitão, F., de Lima, D., De Almeida, M. y S. Guimarães (2013), “Secondary metabolites from the mistletoes *Struthanthus marginatus* and *Struthanthus concinnus* (Loranthaceae)”, *Biochemical Systematics and Ecology*, núm. 48, pp. 215-218.
- Lightle, P.C. y F.G. Hawksworth (1973), Control of dwarf mistletoe in a heavily used ponderosa pine recreation forest: Grand Canyon, Arizona. USDA For. Serv. Res. Pap RM-106.
- Luttge, U., Haridasan, M., Fernandez, G.W., Mattos, E.A., Trimbom, P., Franco, A.C., Caldas, L.S., Ziegler, H. y E.A. De Mattos (1998), “Photosynthesis of mistletoes in relation to their hosts at various sites in tropical Brazil”, *Trees-Structure and Function*, núm. 3, pp. 67-174.
- Martínez, M. (1954), *Las plantas medicinales de México*, México, Editorial Botas, 656 p.
- Morales, M.C., Madrigal, U.D., González, B.A., Hernández, C.S.L. y T.A. González (2007), *Atlas ecológico del Estado de México*, México, Universidad Autónoma del Estado de México, 253 p.
- Navarro, L.C. y S. Avendaño (2002), “Flora útil del municipio de Astacinga, Veracruz, México”, *Polibotánica*, núm. 14, pp. 67-84.
- Nickrent, D.L (1997), “The Parasitic Plant Connection”, disponible en: <http://www.parasiticplants.siu.edu/> (Accesado el día 22 de junio de 2014).
- Pennings, S.C. y R.M. Callaway (2002), “Parasitic plants: parallels and contrasts with herbivores”, *Oecologia*, núm. 131, pp. 479-489.
- PROBOSQUE, Protectora de Bosques del Estado de México (2015), “Sanidad Forestal”, disponible en: <http://portal2.edomex.gob.mx/probosque/conservacionforestal/index.htm> (Accesado el día 22 de junio de 2014).
- Rodríguez-Cruz, M.E., Pérez-Ordaz, L., Serrato-Barajas, B.E., Juárez-Oropeza, M.A., Mascher, D. y C. Paredes (2003), “Endothelium-dependent effects of the ethanolic extract of the mistletoe *Psittacanthus calyculatus* on the vasomotor responses of rat aortic rings”, *Journal of Ethnopharmacology*, núm. 2-3, pp. 213-218.

- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski (2011), "Fascículo complementario XXVI. Principales hospederos y algunos otros datos ecológicos de las especies de Viscaceae en el estado de Querétaro", en Rzedowski, J. y G. Calderón De Rzedowski (eds.), *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, México, Instituto de Ecología A.C., pp. 1-59.
- Scharpf, R.F. y J.R. Parmeter (1971), Seed production and dispersal by dwarf mistletoe in overstory Jeffrey pines in California. Res Note PSW-247. Berkley, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station.
- Smith, M.A. (1977), "Overstory spread and intensification of hemlock dwarf mistletoe", *Canadian Journal of Forest Research*, núm. 4, pp. 632-640.
- Sotero-García, A.I. (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 en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, México, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Sotero-García, A.I., Gheno-Heredia, Y.A., Martínez-Campos, A.R. y Arteaga-Reyes T.T. (2016), "Plantas medicinales usadas para las afecciones respiratorias en Loma Alta, Nevado de Toluca, México", *Acta Botánica Mexicana*, núm. 114, pp. 51-68.
- Tetik, F., Civelek, S. y U. Cakilcioglu (2013), "Traditional uses of some medicinal plants in Malatya (Turkey)", *Journal of Ethnopharmacology*, núm. 1, pp. 3331-346.
- Vázquez, I., Villa, A. y S. Madrigal (2006), *Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán*, México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 93 p.
- Villa, C.J. (2003), "Importante contribución a la salud de ecosistemas forestales", *Revista forestal XXI*, núm. 6, pp. 27-28.
- Villavicencio M.A. y B. Pérez (2006), *Plantas útiles del estado de Hidalgo*, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 237 p.
- Waizel, B.J., Herrera, S.J., Alonso, C.D. y O.M.L. Villarreal (1994), "Estudios preliminares de la actividad citotóxica de muérdagos mexicanos: *Cladocolea grahami*, *Phoradendron reichenbachianum* y *Phoradendron galeottii* (Loranthaceae)", *Revista Instituto Nacional de Cancerología*, núm. 3, pp. 133-137.

Waizel, J. y S. Waizel (2005), “Algunas plantas utilizadas popularmente en el tratamiento de enfermedades respiratorias. Parte I”, *Anales de Otorrinolaringología Mexicana*, núm. 4, pp. 76-87.

Yesilada, E., Sezik, E., Honda, G., Tanaka, T., Takeda, Y. y Y. Takaishi (1999), “Traditional medicine in Turkey IX. Folk medicine in North-west Anatolia; Skarya, Kocaeli, Bolu, Zondulda, Bartin, Karabuk Provinces”, *Journal of Ethnopharmacology*, núm. 3, pp. 199-206.

7.2. Efecto de las podas de saneamiento en el control del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en bosques de pino (*Pinus hartwegii*) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca

Se determinó que las podas de saneamiento como parte del manejo forestal para el control del muérdago enano en los bosques de *Pinus hartwegii* del Área Natural Protegida Nevado de Toluca reducen la incidencia en menos del 12.1 % en comparación con sitios sin podas de saneamiento, donde la incidencia es mayor al 61.8 %. En los bosques de pino donde se llevaron a cabo podas de saneamiento no se observaron diferencias significativas en la incidencia de muérdago enano durante los tres años evaluados³.

³ Los resultados completos se incluyen en el artículo científico correspondientes a esta subsección 7.2.

7.2.1. Efecto de las podas sobre *Arceuthobium* spp. en bosques densos y semidensos de *Pinus hartwegii* (Lindl.) (Artículo Científico)



2017, Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Xalapa, Ver., a 10 de noviembre de 2017

Dra. Tizbe Teresa Arteaga-Reyes

Universidad Autónoma del Estado de México
Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales
Presente

Estimada Dra. Tizbe Teresa Arteaga-Reyes:

En nombre del Comité Editorial de la Revista '*Madera y Bosques*' le informo que su artículo "**Efecto de las podas sobre *Arceuthobium* spp. en bosques densos y semidensos de *Pinus hartwegii* (Lindl.)**", cuyos autores son **Alma Inés Sotero-García, Tizbe Teresa Arteaga-Reyes, Ángel Roberto Martínez-Campos, Leopoldo Galicia**, y que fue registrado con la clave 1582 **ha sido aceptado con cambios menores**. Se adjuntan los documentos de evaluación para que proceda a realizar las correcciones necesarias. Si no estuviera de acuerdo con alguno de los señalamientos de la evaluación, deberá sustentar su postura con argumentos técnicos sólidos.

Aprovecho la oportunidad para agradecerle a Ud. y a sus coautores el interés por publicar en '*Madera y Bosques*' y esperamos la sigan considerando como un medio de difusión de sus resultados de investigación.

ATENTAMENTE

Dr. Raymundo Dávalos Sotelo
Editor '*Madera y Bosques*'

Revista *Madera y Bosques*

Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz, México
Correo electrónico: mabosque@inecol.mx Tel: (228) 8421800 ext. 6106

Efecto de las podas sobre *Arceuthobium* spp. en bosques densos y semidensos de *Pinus hartwegii* (Lindl.)

Effect of pruning on *Arceuthobium* spp. in dense and semi dense forests of *Pinus hartwegii* (Lindl.)

Sotero-García, Alma I.¹, Arteaga-Reyes, Tizbe T.¹, Martínez-Campos, A. Roberto¹, Galicia, Leopoldo².

Autor de correspondencia: Dra. Tizbe Teresa Arteaga-Reyes. tizbe@hotmail.com

¹Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. C.P. 50090.

²Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. Circuito Exterior, Cd. Universitaria, Coyoacán, México, D.F. C.P. 04510.

Resumen

Los muérdagos son una de las principales plagas en bosques templados de México, y las podas se han implementado como una estrategia para su control y evitar su propagación. El objetivo fue determinar el efecto de las podas sobre las poblaciones de muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en bosque semidenso y denso del Área Natural Protegida Nevado de Toluca, México. Se seleccionaron 26 parcelas en bosques densos y semidensos con poda y sin poda. En cada parcela se determinó el diámetro normal (DN) y la altura (A) de los árboles, así como su porcentaje y grado de infestación, comparando sitios con poda y sin poda durante tres años de evaluación. Los bosques semidenso y denso corresponden a una sucesión secundaria y dirigida, respectivamente; con diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre la talla de los árboles podados y no podados. El porcentaje de árboles infestados por muérdago enano no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tres periodos de evaluación, tanto en el bosque denso (4.7%) como semidenso (12.1%). Ambos tipos de bosque sin tratamiento fueron diferentes significativamente en el

porcentaje de árboles infestados entre los tres periodos de evaluación, registrando los mayores porcentajes de árboles infestados en los grados de infección 1, 2 y 6; siendo las clases diamétricas ≤ 20 más susceptibles al ataque de este patógeno. Las podas reducen la incidencia de muérdago enano tanto en bosque semidenso como denso y su efecto fue permanente en el periodo evaluado.

Palabras clave: grado de infección, muérdago enano, plagas, saneamiento forestal.

Abstract

Mistletoes are one of the principal pests in temperate forests of Mexico, and pruning has been implemented as a strategy for their control and to prevent their propagation. The objective was to determine the effect of pruning on population of dwarf mistletoe (*Arceuthobium* spp.) in semi dense and dense forest in Natural Protected Area of Nevado de Toluca, Mexico. 26 plots were selected in dense and semi dense forests with and without pruning. In each plot, normal diameter (ND) and height (H) of trees were determined, as well as their percentage and degree of infestation, comparing sites with and without pruning during three years of evaluation. Semi dense and dense forests correspond to a secondary and guided succession respectively, with statistical differences ($p < 0.05$) between size of trees with and without pruning. Percentage of infected trees by dwarf mistletoe did not show significant statistical differences among the three evaluation periods, in dense (4.7%) and semi dense (12.2%) forest. Both types of forest without treatment were significantly different in the percentage of infested trees in the three periods of evaluation, registering the major percentage of infected trees in the degree of infection 1, 2 and 6; being the diameter classes ≤ 20 more susceptible to the attack of this pathogen. Pruning reduces the incidence of dwarf mistletoe in semi dense and dense forest, and its effect was permanent during the evaluated period.

Key words: degree of infection, dwarf mistletoe, pest, forestry sanitation.

Introducción

Los muérdagos son considerados los agentes biológicos de mayor destrucción entre los bosques templados de coníferas (Geils, Cibrián & Moody, 2002). El género *Arceuthobium* (muérdago enano) parasita coníferas de interés comercial, causando pérdidas económicas en la producción maderable en diversas regiones en Canadá y Norte América (Hawksworth & Wiens, 1996; Reid & Shamoun, 2009; DeBruyn, Paetkau, Ross, Godfrey & Friedman, 2015). Durante el parasitismo el sistema endofítico crece y se desarrolla internamente en las ramas del hospedero, una vez que la infección se establece (2 a 5 años) emergerán los primeros brotes jóvenes donde la infección secundaria se intensifica rápidamente (Hawksworth & Wiens, 1996; Worrall & Geils, 2006). La infección reduce las tasas de crecimiento, fecundidad y transpiración; limitando la capacidad fotosintética del hospedero (Press & Phoenix, 2005; Mathiasen, Nickrent, Shaw & Watson, 2008).

El proceso de infestación se conoce como ascendente en el dosel (Hawksworth & Wiens, 1996), por lo que la densidad forestal juega un papel importante; en bosques densos la producción de brotes es suprimida por la falta de luz (Muir, Robinson & Geils, 2004). En contraste, la baja densidad arbórea estimula el desarrollo de los brotes aéreos debido a una menor competencia por los nutrientes y agua disponibles en el suelo, así como por la energía luminosa (Bickford, Kolb & Geils, 2005). El desarrollo del muérdago enano puede verse comprometido por acciones antropogénicas (manejo forestal y perturbación), alteraciones naturales (factores ambientales e incendios forestales) y características propias del bosque (edad y talla de los árboles), limitando la captación de recursos obtenidos del hospedero (Watson, 2001).

Entre las investigaciones sobre el manejo de muérdago enano se encuentran la aplicación de controles químicos que causan abscisión de brotes y la muerte foliar en un periodo de 15 a 45 días (Coria, Vázquez, Muñoz & Villa, 2010); o el control biológico con hongos fitopatógenos que atacan la corteza y el sistema endofítico, logrando reducir la producción de brotes y semillas (Askew, Shamoun & van der Kamp, 2011; Martin, Friedman & Phillips, 2012). Por otra parte, la implementación

de prácticas silvícolas como los incendios prescritos (Conklin & Geils, 2008), los clareos (Trummer, Hennon, Hansen & Muir, 1998), y la combinación de quemas y clareo (Hessburg, Povak & Brion, 2008) han logrado reducir hasta 20% de árboles infestados por muérdago enano. Sin embargo, los incendios pueden afectar el vigor de los árboles siendo más susceptibles al ataque de otras plagas y enfermedades (Hawksworth & Wiens, 1996). Se ha observado que las podas han reducido el porcentaje de árboles infestados por muérdago en abetos (Maffei *et al.*, 2016); o bien disminuir la propagación e intensificación del muérdago enano (Shaw & Agne, 2017).

En México los muérdagos representan la segunda causa de daño forestal después de los incendios (Hawksworth, Wiens & Geils, 2002). De acuerdo con la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) en el periodo 1990-2011 el promedio anual de la superficie afectada por plagas y enfermedades forestales en el país es de 38 640 ha, de las cuales 13 910 ha (36%) corresponden a los muérdagos. Las acciones realizadas por el PROCOREF (Programa de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales) coordinado por la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), incluyen el diagnóstico fitosanitario y posterior tratamiento a través de las labores de sanidad forestal (SEMARNAT, 2012). En el Estado de México la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) a través del programa de detección y combate de plagas realizó saneamientos en 651.5 ha durante el periodo 2000-2003 (Collado & Serrato, 2009). Dichos saneamientos también se han llevado a cabo en Áreas Naturales Protegidas como es el Nevado de Toluca donde se tiene registro de la presencia de las especies *Arceuthobium vaginatum* (Willd.) Presl. y *A. globosum* (Hawksw. & Wiens) en los bosques de *Pinus* spp. (Franco, Endara, Regil & Nava, 2009). Durante el periodo 2009-2013 PROBOSQUE realizó la poda de ramas verdes para el control de muérdago enano en 175 ha de bosques de *Pinus hartwegii* (Lindl.) (PROBOSQUE, 2014); más del 70% de la superficie tratada se ubican en la ladera norte de Área Natural Protegida. Sin embargo, la eficiencia de los tratamientos no ha sido evaluada. Por tanto, el objetivo fue determinar el efecto de las podas sobre

las poblaciones de *Arceuthobium* spp. del Área Natural Protegida Nevado de Toluca, México.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo dentro del Área Natural Protegida Nevado de Toluca (NT) localizada en los 18°51'31" y 19°19'03" latitud Norte y 99°38'54" y 100°09'58" longitud Oeste (Rojas, Valdez, Mireles, Reyes & Pastor, 2007), en los ejidos San José Contadero y Santa María del Monte (Figura 1) ubicados en la ladera Norte (altitud promedio de 3 700 m) dentro del municipio de Zinacantepec. Los bosques de pino (*Pinus* spp.) predominan arriba de los 2 900 m de altitud, el clima es semifrío subhúmedo C (E) wig (2 800 - 3 700 msnm.) con una temperatura media anual entre -2 y 7 °C, lluvias en verano y una precipitación media anual de 1 000 mm (González *et al.*, 2007).

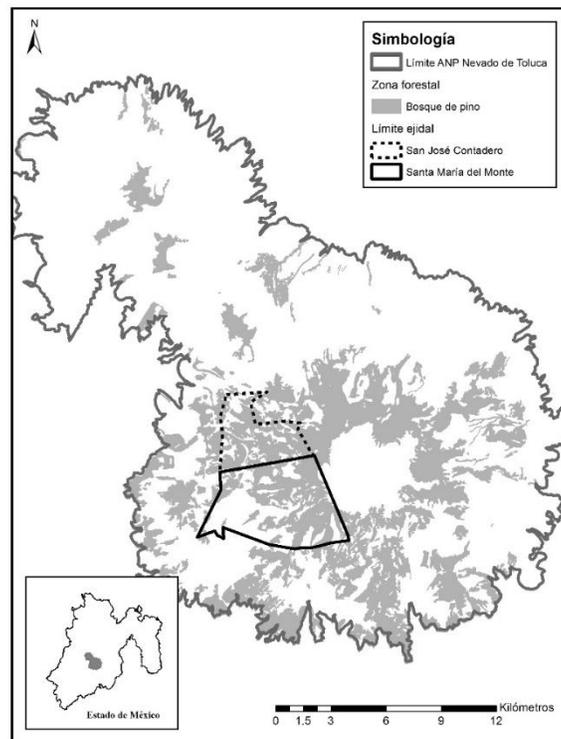


Figura 1. Ubicación de los ejidos de estudio dentro del ANP Nevado de Toluca.

Diseño de muestreo

Se procedió a un muestreo estratificado dirigido considerando como estratos los rodales tratados y no tratados, la muestra para cada estrato fue proporcional en cada tipo de bosque considerado, por lo tanto, en bosque semidenso se seleccionaron 6 parcelas con poda y 5 sin poda, mientras que en bosque denso la superficie tratada fue mayor por lo que se seleccionaron 9 parcelas con poda y 7 sin poda. El tamaño de la muestra se obtuvo siguiendo las formulas propuestas por Hernández, Fernández-Collado & Baptista (2006); las parcelas fueron circulares de 1 000 m² (Flores, Rodríguez, Meléndez & Rosas, 2008), separadas entre sí 100 m y ubicadas en sitios con baja perturbación.

Monitoreo de variables

Las evaluaciones se realizaron durante los meses de mayo a junio de 2013, 2014 y 2015. En cada una de las parcelas se registró el diámetro normal (DN) ≥ 2.5 cm de todos los árboles con una altura (A) ≥ 1.5 m; los individuos menores se registraron y solo se diferenciaron las plántulas (A < 0.3 m). Esta información se utilizó para determinar la densidad forestal, así como la distribución horizontal. Asimismo, se registró la presencia y ausencia de muérdago enano para determinar el porcentaje de árboles infestados y su distribución por grado de infección. La severidad de la infección se determinó de acuerdo al método propuesto por Hawksworth (1977). Este sistema se basa en la estimación visual de la intensidad de la infección en la copa, la cual se divide en tres secciones verticales (alta, media y baja); para cada una se determina la intensidad: 0= infección no visible, 1= <50% de ramas infectadas y 2= >50% de ramas infectadas. El rango para cada tercio se suma para determinar el grado de infección para el árbol: 0= nulo, 1-2= leve, 3-4= moderado y 5-6= severo.

Análisis estadístico

Para las variables DN, A, porcentaje de árboles infestados y grado de infección, se efectuó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza Kolmogorov Smirnov.

De acuerdo con la distribución de datos, se eligieron los análisis no paramétricos de Friedman para k muestras relacionadas ($p < 0.05$) para determinar las diferencias entre los años de evaluación por tratamiento y entre tratamientos para ambos tipos de bosque. Los análisis fueron realizados mediante el paquete estadístico SPSS® v. 20.0. (IBM, 2011) para Windows 7.

Resultados y discusión

Características de los bosques

La población del bosque semidenso fue de 233 árboles/ha; la distribución de los valores de DN de los árboles muestra que las plántulas y los individuos de categoría <5 comprenden el 54% de la población (Figura 2a). Galeana-Pizaña, Ordoñez-Díaz y Corona-Romero (2013) sugiere que este tipo de distribución diamétrica corresponde a un proceso de sucesión dirigida de individuos en etapas de regeneración avanzada, resultado de las campañas de reforestación como se ha observado en bosques de *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. Et Cham.) y *Pinus hartwegii* (Lindl.). En el bosque denso la población arbórea fue de 486 árboles/ha, la distribución de diámetros indica que la media de los individuos se encuentra en la clase diamétrica de 5 cm (Figura 2b), sugiriendo una sucesión secundaria correspondiente a un estado de regeneración activa de individuos del género *Quercus* spp y *P. pseudostrobus* Lindl. que han sobrevivido a incendios (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2011).

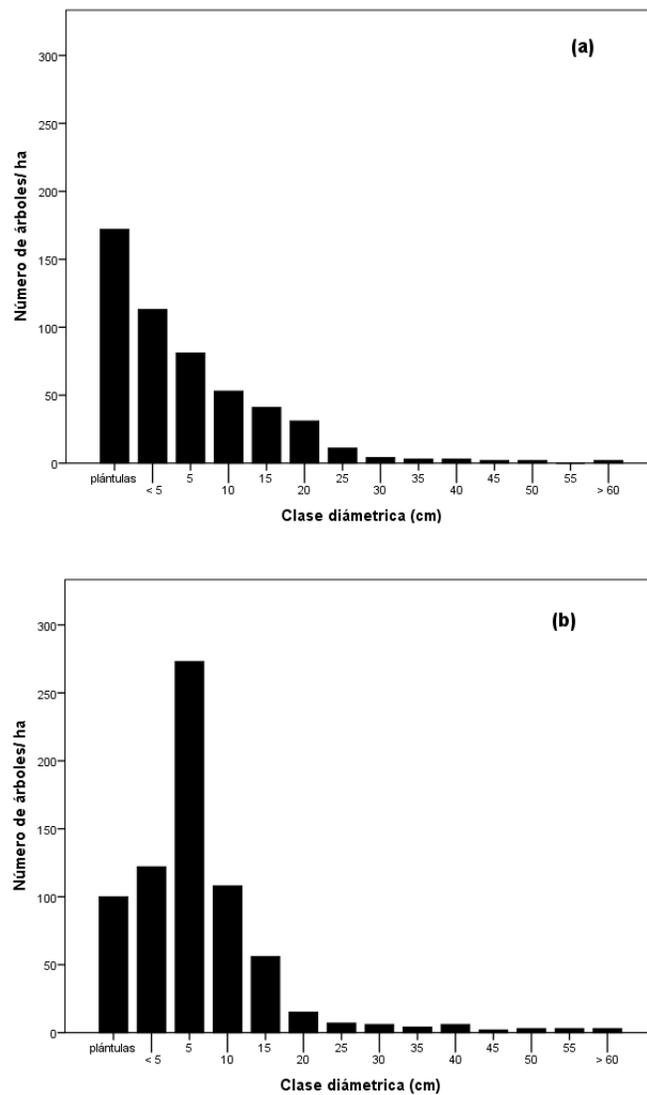


Figura 2. Distribución horizontal de *Pinus hartwegii* (Lindl.) en bosque semidenso (a) y denso (b).

En bosques semidensos la media del diámetro normal y altura de la población de pinos podados fue 80% y 56%, respectivamente, mayor que el valor correspondiente a los individuos sin poda; mientras que en los bosques densos las podas solo promovieron un 40% de incremento en el diámetro normal y un 27% de incremento en altura (Cuadro 1). Las diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en la talla muestra que la reducción en la biomasa de la copa por efecto de la poda reactiva la capacidad fotosintética (Amateis & Burkhart, 2011), reduce la competencia de

requerimientos nutrimentales entre la copa y el tallo, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de los árboles.

Cuadro 1. Talla promedio de los árboles por tipo de bosque.

Tipo de bosque	Tratamiento	Diámetro normal		altura (m)*	
		(cm)*			
		\bar{x}	<i>Ee</i>	\bar{x}	<i>Ee</i>
Semidenso	Poda	22.7	1.08	10.5	0.54
	Sin poda	12.0	0.48	6.7	0.26
Denso	Poda	11.6	0.41	5.6	0.20
	Sin poda	8.4	0.32	4.4	0.15

* \bar{x} =media, *Ee*=error estándar.

Evaluación del efecto de las podas

En los bosques con podas se registró un promedio de 4.7% de árboles infestados para bosque denso y de 12.1% para bosque semidenso (Cuadros 2 y 3), en ambos casos los resultados no presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) durante los tres periodos de evaluación (Cuadros 2 y 3); esto indica que el tratamiento tiene efecto positivo al menos durante el periodo evaluado. Los resultados demuestran que la poda es más efectiva que los resultados obtenidos con las quemas prescritas, los clareos y la combinación de quemas y clareos las cuales reducen el porcentaje de infestación por muérdago de 79.5% hasta 14.1% (Trummer *et al.*, 1998; Conklin & Geils, 2008; Hessburg *et al.*, 2008). Además, estos tratamientos han mostrado un efecto temporal de solo cinco años, a partir de los cuales se observa un incremento de 24% de infestación y hasta 76% en 14 años. En contraste, los resultados del

presente estudio muestran que durante los tres años de evaluación solo hubo un incremento de hasta el 2% de infestación (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Distribución del grado de infección en bosque semidenso.

Evaluaciones por tratamiento	Porcentaje de árboles por grado de infección*						
	0	1	2	3	4	5	6
Poda							
1	81.9	4.2	4.2	1.4	6.9	0.0	1.4
2	86.0	3.5	4.7	1.2	1.2	1.2	2.3
3	95.7	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sin Poda							
1	43.7	23.0	21.8	4.6	0.0	0.0	6.9
2	37.3	13.3	15.7	12.0	6.0	2.4	13.3
3	27.6	13.8	13.8	3.4	17.2	0.0	24.1

*0= sano; 1 y 2= leve; 3 y 4= moderada; 5 y 6= severa.

Cuadro 3. Distribución del grado de infección en bosque denso.

Evaluaciones por tratamiento	Porcentaje de árboles por grado de infección*						
	0	1	2	3	4	5	6
Poda							
1	86.7	5.7	3.0	1.8	0.6	0.3	1.8
2	96.0	0.9	0.9	0.9	0.0	0.0	0.9
3	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0
Sin Poda							
1	28.4	12.7	10.6	7.5	2.8	1.3	36.7
2	43.8	13.5	20.2	10.1	4.5	0.0	7.9
3	42.4	11.8	18.8	10.6	2.4	2.4	11.8

*0= sano; 1 y 2= leve; 3 y 4= moderada; 5 y 6= severa.

Grado de infección en árboles no tratados

Los bosques no tratados presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en los tres periodos de evaluación. Para el bosque semidenso el porcentaje de árboles infestados incrementó 16.1% (Cuadro 2), debido a que la baja densidad arbórea estimula el desarrollo de los brotes aéreos y por ende la propagación del muérdago enano (Bickford *et al.*, 2005). En contraste, el bosque denso registró una disminución en el porcentaje de árboles infestados (Cuadro 3), por la inclusión de

individuos en la categoría <5 (32.2%) que no fueron considerados en la primera evaluación, ya que no cumplían con la talla (DN y A) considerada para el presente estudio, sin embargo, en las subsecuentes evaluaciones se incorporaron. El porcentaje de árboles infestados por muérdago enano es consistente con lo reportado en otros estudios realizados en bosques de *Pinus hartwegii* (Lindl.) del centro del país parasitados por *A. globosum* Hawksw. & Wiens y *A. vaginatum* (Willd.) Presl. (Hernández-Benítez, Cano-Santana & Castellanos-Vargas, 2005; Ramírez-Dávila & Porcayo-Camargo, 2010; Queijeiro-Bolaños & Cano-Santana, 2015). Por ejemplo, Ramírez-Dávila y Porcayo-Camargo (2010) reportaron como valor máximo un 94.8% de árboles infestados por muérdago enano y como valor mínimo un 69.6% en diez sitios de monitoreo en bosques de *Pinus montezumae* Lamb. en el Parque Nacional Nevado de Toluca, sin diferenciar sitios con o sin poda.

Los mayores porcentajes de árboles infestados en el bosque semidenso se presentan en los grados de infección 1, 2 (moderado) y 6 (severo) (Cuadros 2 y 3), este último representa un riesgo de infección latente debido a que se incrementa con la densidad, ya que se favorece la dispersión de las semillas a través del viento (Hawksworth & Wiens, 1996; Muir & Geils, 2002). Los menores porcentajes de árboles infestados en bosques semidensos como densos se concentran en las categorías 3, 4 y 5 y corresponde a las fracciones I (alta) y II (media) de la copa del árbol. Lo anterior, es debido probablemente a que la radiación solar puede acelerar el desarrollo del muérdago y por ende su propagación, por lo que se ha sugerido que la densidad arbórea limita el desarrollo del muérdago y su propagación, ya sea por limitar la incorporación de luz o debido a la competencia por nutrientes dada por el mayor número de individuos. Lo anterior es consistente con el hecho de que el muérdago enano es una planta que necesita luz para su desarrollo. Muir, Robinson y Geils (2004) mencionan que en bosques densos el muérdago se distribuye hacia la parte alta de la copa, sin embargo, la producción de brotes en estos sitios es suprimido por la falta de luz y sus efectos en el hospedero son limitados.

Tanto en bosques semidensos como densos las clases diamétricas ≤ 20 fueron las más susceptibles a ser infestados por muérdago enano, ya que se presentaron

todos los grados de infección (Figura 3a y 3b). Esto refleja que las defensas en las coníferas dependen del estado ontogénico (Lorio, Stephen & Paine, 2004) y la fenología de la planta, siendo en las etapas juveniles la máxima competencia por los recursos para su desarrollo. Por ejemplo, *Pinus pinaster* Ait. es atacado por insectos durante las primeras etapas de vida (Chen, Kolb & Clancy, 2002); mientras que en etapas maduras los caracteres defensivos tienen gran trascendencia para garantizar su contribución en la siguiente generación (Sampedro, Moreira & Zas, 2011).

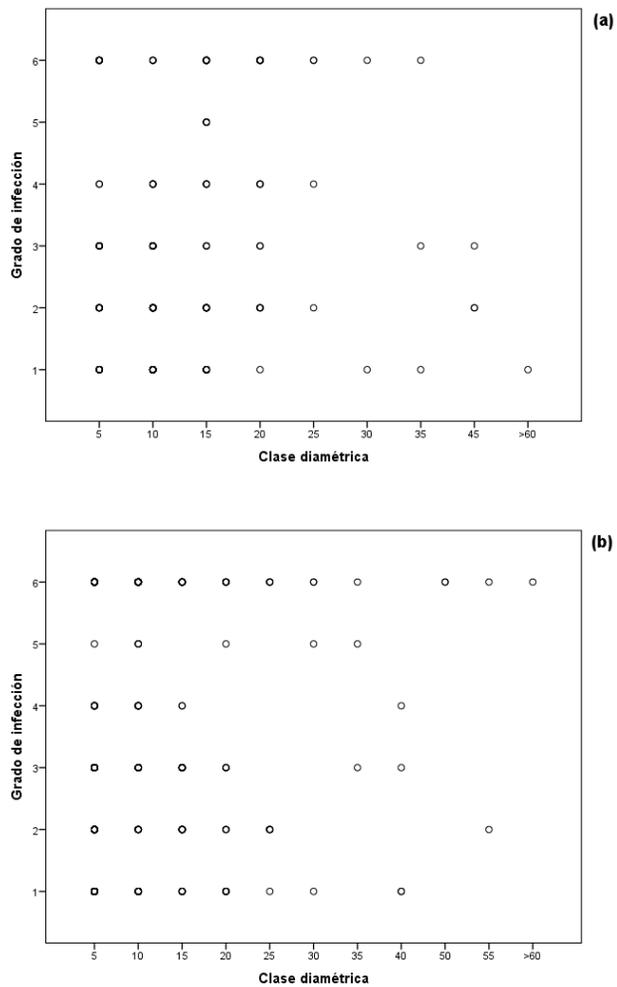


Figura 3. Distribución del grado de infección en bosque semidenso (a) y denso (b).

Conclusiones

Las podas son una estrategia que reduce la incidencia de muérdago enano y tiene un efecto permanente en el periodo evaluado tanto en el bosque semidenso como en el denso. Los árboles infestados de clase ≤ 20 son más susceptibles al ataque de muérdago enano y no tienen correlación con los grados de infección. La densidad arbórea limita el desarrollo del muérdago y su propagación porque limita la incorporación de luz y la competencia por nutrientes dada por el mayor número de individuos. Las categorías juveniles son más susceptibles a la infección que las categorías adultas debido al desarrollo de mecanismos de defensa especializados.

Reconocimientos

La autora principal agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento para los estudios de posgrado en el Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. A la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) y a los Comisariados Ejidales de San José Contadero y Santa María del Monte, Estado de México, por el apoyo brindado para el desarrollo de esta investigación.

Referencias

Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, O. & Treviño-Garza, E. J. (2011). Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del parque ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17 (1), 31-39. doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.05.032

Amateis, R. L. & Burkhart, H. E. (2011). Growth of young loblolly pine trees following pruning. *Forest Ecology and Management*, 262, 2338-2343. doi: 10.1016/j.foreco.2011.08.029

- Askew, S. E., Shamoun, S. F. & van der Kamp, B. J. (2011). Assessment of *Colletotrichum gloeosporioides* as a biological control agent for management of hemlock dwarf mistletoe (*Arceuthobium tsugense*). *Forest Pathology*, 41 (6), 444-452. doi: 10.1111/j.1439-0329.2010.00698
- Bickford, C. P., Kolb, T. E. & Geils, B. W. (2005). Host physiological condition regulates parasitic plant performance: *Arceuthobium vaginatum* subsp. *cryptopodum* on *Pinus ponderosa*. *Oecologia*, 146 (2), 179-189. doi:10.1007/s00442-005-0215-0
- Chen, Z., Kolb, T. E. & Clancy, K. M. (2002). The role of monoterpenes in resistance of Douglas fir to western spruce budworm defoliation. *Journal of Chemical Ecology*, 28 (6), 897-920. doi: 10.1023/A:1015297315104
- Collado, E. & Serrato, P. J. (2009). El sector forestal en la actualidad. En GEM [Gobierno del Estado de México] (Ed.), *La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado* (p. 331-334). Toluca: GEM.
- Conklin, D. A. & Geils, B.W. (2008). Survival and sanitation of dwarf mistletoe-infected ponderosa pine following prescribed underburning. *Western Journal of Applied Forestry*, 23 (4), 216-222. doi: https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2008_conklin_d001.pdf
- Coria, V. M., Vázquez, I., Muñoz, H. J. & Villa, J. (2010). Impacto de tierra de diatomeas sobre *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule* en *Pinus pseudostrobus* Lind. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1 (1), 39-46.
- DeBruyn, R. A., Paetkau, M., Ross, K. A., Godfrey, D. V. & Friedman, C. R. (2015). Thermogenesis-triggered seed dispersal in dwarf mistletoe. *Nature Communications*, 6, 6262. doi: 0.1038/ncomms7262
- Flores, J. G., Rodríguez, O. G., Meléndez, M. & Rosas, O. G. (2008). Sitios de muestreo para el monitoreo de combustibles forestales SIMMCOF. Jalisco, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Franco, S., Endara, A., Regil, H. & Nava, G. (2009). Estudio fitosanitario forestal del Parque Nacional Nevado de Toluca. Reporte Técnico. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Galeana-Pizaña, J. M., Ordóñez-Díaz, J. A. B. & Corona-Romero, N. (2013). Estimación de contenido de carbono en la cuenca del río Magdalena, México. *Madera y Bosques*, 19 (1), 53-69. doi: <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2013.191347>

Geils, B. W, Cibrián, J. T. & Moody, B. (2002). Mistletoes of North American conifers. General Technical Report 98. Ogden, Estados Unidos: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.

González, A., González, A., Hernández, S. L., Madrigal, D., Morales, C. & Pineda, N. (2007). Atlas del Medio Físico del Estado de México. Toluca, México: Cuarta Época 50.

Hawksworth, F. G. & Wiens, D. (1996). Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology, and Systematics. Agricultural Handbook 709. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service.

Hawksworth, F. G. (1977). The 6-class dwarf mistletoe rating system. General Technical Report RM-48. Fort Collins, Colorado: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Recuperado de <https://archive.org/details/CAT1083736>

Hawksworth, F. G., Wiens, D. & Geils, B. W. (2002). *Arceuthobium* in North America. En Geils, B. W, Cibrián, J. & Moody, B., (Eds.). Mistletoes of North American conifers. General Technical Report 98 (p. 29-56). Ogden, Utah: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station,

Hernández, R., Fernández-Collado, C. & Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación (4a ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill.

Hernández-Benítez, R., Cano-Santana, Z. & Castellanos-Vargas, I. (2005). Incidencia de infestación de *Arceuthobium globosum grandicaule* (Hawks. y Wiens) en *Pinus hartwegii* (Lindl.). *Ciencia Forestal en México*, 30 (97), 79-86.

Hessburg, P. F., Povak, N. A. & Brion, S. R. (2008). Thinning and prescribed fire effects on dwarf mistletoe severity in an Eastern Cascade Range dry forest, Washington. *Forest Ecology and Management*, 255 (7), 2907-2915. doi: 10.1016/j.foreco.2008.01.066

International Business Machines Corp Released [IBM] (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, Estados Unidos: IBM Corp.

- Lorio, P. L., Stephen, F. M. & Paine, T. D. (2004). Environment and ontogeny modify loblolly pine response to induced acute water deficits and bark beetle attack. *Forest Ecology and Management*, 73, 97-110. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)03500-V](https://doi.org/10.1016/0378-1127(94)03500-V)
- Maffei, H. M., Filip, G. M., Grulke, N. E., Oblinger, B. W., Margolis, E. & Chadwick, K. L. (2016). Pruning high-value Douglas-fir can reduce dwarf mistletoe severity and increase longevity in Central Oregon. *Forest Ecology and Management*, 379, 11-19. doi: [10.1016/j.foreco.2016.07.014](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.014)
- Martin, L. L., Friedman, C. & Phillips, L. A. (2012). Fungal endophytes of the obligate parasitic dwarf mistletoe *Arceuthobium americanum* (Salantaceae) act antagonistically in vitro against the native fungal pathogen *Cladosporium* (Davidiellaceae) of their host. *American Journal of Botany*, 99 (12), 2017-2034. doi: [10.3732/ajb.1200189](https://doi.org/10.3732/ajb.1200189)
- Mathiasen, R. L., Nickrent, D. L., Shaw, D. C. & Watson, D. M. (2008). Mistletoes: pathology, systematics, ecology, and management. *Plant Disease*, 92 (7), 988-1006. doi: [10.1094/PDIS-92-7-0988](https://doi.org/10.1094/PDIS-92-7-0988)
- Muir, J. A. & Geils, B. W. (2002). Management strategies for dwarf mistletoe: silviculture. En Geils, B. W., Cibrián, J. & Moody, B., (Eds.) *Mistletoes of North American conifers*. General Technical Report 98 (p. 83-94). Ogden, Utah: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Muir, J. A., Robinson, D. C. & Geils, B. W. (2004). Characterizing the effects of dwarf mistletoe and other diseases for sustainable forest management. *Journal of Ecosystems and Management*, 3 (2), 88-94. doi: <http://www.forrex.org/jem/2004/vol3/no2/art6.pdf>
- Press, M. C. & Phoenix, G. K. (2005). Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist*, 166 (3), 737-751. doi:[10.1111/j.1469-8137.2005.01358.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01358.x)
- Protectora de Bosques del Estado de México [PROBOSQUE] (2014). Resultados del combate y control de muérdago. Metepec, México: PROBOSQUE.
- Queijeiro-Bolaños, M. E. & Cano-Santana, Z. (2015). Dinámica temporal de la infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*) en

Zoquiapan (Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl), México. *Ciencia UAT*, 9 (2), 06-14.

Ramírez-Dávila, J. F. & Porcayo-Camargo, E. (2010). Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. *Bosque (Valdivia)*, 31 (1), 28-38.

Reid, N. & Shamoun, S. F. (2009). Contrasting research approaches to managing mistletoes in commercial forests and wooded pastures. *Botany*, 87 (1), 1-9. doi:10.1139/B08-109

Rojas, E. E., Valdez, M. E., Mireles, P., Reyes, A. & Pastor, J. (2007). Estimación de la producción de agua del Parque Nacional Nevado de Toluca para el año 2006. *Quivera*, 9 (1), 159-176.

Sampedro, L., Moreira, X. & Zas, R. (2011). Costs of constitutive and jasmonate-induced pine tree chemical defenses emerge only under low nutrient availability. *Journal of Ecology*, 99, 818-827. doi: 10.1111/j.1365-2745.2011.01814.x

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMERNAT] (2013). Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición 2012. Recuperado de http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf

Shaw, D. C. & Agne, M. C. (2017). Fire and dwarf mistletoe (Viscaceae: *Arceuthobium* species) in western North America: contrasting *Arceuthobium tsugense* and *Arceuthobium americanum*. *Botany*, 95 (3), 231-246. doi: dx.doi.org/10.1139/cjb-2016-0245

Trummer, L. M., Hennon, P. E., Hansen, E. M. & Muir, P. S. (1998). Modeling the incidence and severity of hemlock dwarf mistletoe in 110-year-old wind-disturbed forests in Southeast Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, 28 (10), 1501-1508. doi: 10.1139/x98-132

Watson, D. M. (2001). Mistletoe-A keystone resource in forests and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 219-49. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114024

Worrall, J. & Geils, B. (2006). Dwarf mistletoes: The Plant Health Instructor.
Recuperado de
[www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/miscellaneous/Pages/Dwarfmistletoes.as](http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/miscellaneous/Pages/Dwarfmistletoes.asp)
p

8. DISCUSIÓN GENERAL¹

Retomando la pregunta inicial de esta investigación doctoral respecto a “qué pasa con el aprovechamiento de muérdago enano (*A. vaginatum* y *A. globosum*) cuando hay podas de aclareo como parte del manejo forestal en los bosques de pino (*Pinus hartwegii*) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca”, se debate brevemente en primer término sobre cuál es el efecto de las podas de saneamiento como una de las prácticas de manejo forestal para el control de dicha planta parásita y posteriormente sobre el aprovechamiento que las comunidades le dan al muérdago enano.

En el presente estudio, los ejemplares de *Pinus hartwegii* tratados mediante podas de saneamiento para el control de muérdago enano no mostraron cambios significativos en el grado de infección (leve) durante los tres años de monitoreo, lo cual indica que dicho tratamiento limita el desarrollo dicha planta parásita. Tal como señalan Rivera-Fernández, Valarezo-Beltron, Vera-Macías, Chavarría-Párraga & Guzmán-Vadeño (2014) que las podas fitosanitarias permiten la eliminación de tejidos enfermos interrumpiendo así el ciclo biológico en patógenos como *Moniliophthora perniciosa* (escoba de bruja), considerada una de las plagas más importantes en el cultivo de cacao (Maldonado, 2015).

¹ La discusión de los resultados obtenidos respecto a la pregunta de esta investigación doctoral, así como de los objetivos general y específicos se realiza de manera detallada pero independiente en los dos artículos científicos y el capítulo de libro incluidos en la sección de resultados. Por ejemplo, respecto al primer objetivo específico sobre “determinar el aprovechamiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) con fines medicinales en comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca” la discusión se aborda en el artículo científico “Conocimiento local del género *Arceuthobium* en un área Natural Protegida del centro de México” y en el capítulo de libro “Conocimiento medicinal de una planta parásita (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) en el Nevado de Toluca, México”. Respecto al segundo objetivo específico sobre “determinar el efecto de las podas de saneamiento en el control del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en bosques de pino (*Pinus hartwegii*) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca” la discusión se detalla en el artículo científico “Efecto de las podas sobre *Arceuthobium* spp. en bosques densos y semidensos de *Pinus hartwegii* (Lindl.)”.

Las podas de saneamiento para el control de muérdago enano reducen la población de muérdago enano en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca, limitando su disponibilidad para ser aprovechado con fines medicinales, o para otros usos, por las comunidades locales, ya que los ejemplares remanentes de esta planta parásita se encontrarán en las partes más altas de la copa de los árboles. Tal como sucede con especies silvestres de orquídeas (Orta-Pozo, López-Tabanco, Zaldivar-Solís & Chile-Bocour, 2010; Emeterio-Lara, Palma-Linares, Vázquez-García & Mejía-Carranza, 2016), bromelias (Acebey, Kessler & Maass, 2007; Wolf, 2013) y musgo (Díaz, Larraín, Zegers & Tapia, 2008; Marín, 2012) que son colectadas de manera intensiva reduciendo así las poblaciones naturales. Dificultando la recolección para su aprovechamiento con fines ornamentales debido a factores como la accesibilidad y disponibilidad de los recursos florísticos (Emeterio-Lara, Palma-Linares, Vázquez-García & Mejía-Carranza, 2016).

Por tanto, se sustenta la hipótesis de esta investigación doctoral respecto a que “las podas de saneamiento para el control de muérdago enano (*A. vaginatum* y *A. globosum*) como una estrategia del manejo en bosques de pino (*Pinus hartwegii*) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca reduce la incidencia de dicha planta parásita, comprometiendo su disponibilidad para el aprovechamiento con fines medicinales por las comunidades del ANP. Esto concuerda con lo propuesto por Asare-Bediako *et al.* (2013), Zaroug, Abbasher & Zahran (2013) y Pérez (2016), quienes determinaron que el control de muérdago verdadero (*Psittacanthus calyculatus* y *Tapinanthus globiferus*) a través de las podas disminuyen su incidencia en árboles frutales.

9. CONCLUSIONES GENERALES

El conocimiento sobre el aprovechamiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) con fines medicinales y lúdicos en comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca sigue vigente entre sus habitantes.

Las podas de saneamiento para el control del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) reducen la incidencia de dicha planta parásita en los bosques de pino (*Pinus hartwegii*) del Área Natural Protegida Nevado de Toluca.

El aprovechamiento del muérdago enano (*A. vaginatum* y *A. globosum*) con fines medicinales en el Área Natural Protegida Nevado de Toluca podría ser afectado por la reducción de la población de esta planta parásita por efecto de las podas de saneamiento para su control en bosques de pino (*Pinus hartwegii*).

Consideraciones finales

Los usos medicinales y lúdicos (tinta y juguete) del muérdago enano representan una oportunidad para desarrollar futuras investigaciones que evalúen su potencial fitoquímico con fines farmacéuticos e industriales. Así mismo, el uso lúdico como “juguete” puede tener implicaciones en la sanidad forestal al contribuir en la dispersión de las semillas del muérdago enano resaltando la importancia de realizar estudios sobre esta temática que podrían incluirse en los programas de manejo y conservación de ecosistemas forestales.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acebey, A., Kessler, M. & Maass, B. (2007). Potencial de aprovechamiento de Araceae y Bromeliaceae como recursos no maderables en el bosque montano húmedo del Parque Nacional Copata, Bolivia. *Ecología Boliviana*, 42(1), 4-22.

Adams, W.M., Aveling, R., Brockington, D., Dickson, B., Elliot, J., Hutton, J., Roe, D., Vira, B. & Wolmer, W. (2004). Biodiversity conservation and eradication of poverty. *Science*, 306, 1146-1149. Doi: 10.1126/science.1097920

Agrios, G.N. (2005). *Fitopatología* 2da edición., México: Limusa.

Aguilar, C.R. (2014). Evaluación del programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Alexander, M.E. & Hawksworth, F.G. (1975). Wildland fires and dwarf mistletoes: a literature review of ecology and prescribed burning. Recuperado de: https://www.fs.fed.us/rm/pubs_rm/rm_gtr014.pdf

Alonso-Castro, A.J., Villarreal, M.L., Gómez-Sánchez, M., Domínguez, F. & García-Carranca, A. (2011). Mexican medicinal plants used for cancer treatment: pharmacological, phytochemical and ethnobotanical studies. *Journal of ethnopharmacology*, 133(3). Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.11.055>

Arauz, C.F. (1998). *Fitopatología: Un enfoque agroecológico*. Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica:

Ari, S., Temel, M., Kargioglu, M. & Konuk, M. (2015). Ethnobotanical survey of plants used in Afyonkarahisar-Turkey. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11, 84. Doi: 10.1186/s13002-015-0067-6

Asare-Bediako, E., Addo-Quaye, A.A., Tetteh, J.P. Buah, J.N., Van Der Puije & Acheampong, R.A. 2013. Prevalence of mistletoe on citrus trees in the Abura-Asebu-Kwamankese district of the Central region of Ghana. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 2(7). Recuperado de: <http://www.ijstr.org/final-print/july2013/Prevalence-Of-Mistletoe-On-Citrus-Trees-In-The-Abura-asebu-kwamankese-District-Of-The-Central-Region-Of-Ghana.pdf>

Barrera, A. (Ed.) (1979). *La Etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva*. Veracruz: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB).

Barrio, M., Castedo, F., Majada J. & Hevia, A. (2008). *Manual básico de la poda y formación de los árboles forestales*. España: Mundi-Prensa.

Becerra, M.T. (2003). Lineamientos para el manejo sostenibles de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales *in situ*. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt,

Burgos-Hernández, M., Castillo-Campos, G. & Vergara, M.C. (2014). Potentially useful flora from the tropical rainforest in central Veracruz, Mexico: consideration for their conservation. *Acta Botanica Mexicana*, 109: 55-77.

Burrola-Aguilar, C., Montiel, O., Garibay-Orijel, R. & Zizumo-Villareal, L. (2012). Conocimiento tradicional y aprovechamiento de los hongos comestibles silvestres en la región de Amanalco, Estado de México. *Revista Mexicana de Micología*, 35, 1-16.

Caballero, J., Casas, A., Cortés, L. & Mapes, C. (1998). Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños*, 16, 181-195. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.22199/S07181043.1998.0016.00005>

Casas, A., Vázquez, C., Viveros, J.L & Caballero, J. (1996). Plant management among the Nahuatl and the Mixtec in the Balsas River basin, Mexico: and ethnobotanical approach to the study of domestication. *Human Ecology*, 24(4), 455-478. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF02168862>

Challenger, A. & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (Ed.). *Capital natural de México*, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad (p. 87-108). Recuperado de: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I03_Losecosistema st.pdf

Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: Pasado, presente y futuro. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Chapela, F. (2012). Estado de los Bosques de México. México: Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. (CCMSS).

Charnley, S., Fischer, A. & Jones, E. (2007). Integrating traditional and local ecological knowledge into forest biodiversity conservation in the Pacific Northwest. *Forest Ecology and Management*, 246, 14-28. <http://biosains.mipa.uns.ac.id/N/N0402/N040205.pdf>

Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF). (2017). Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de: http://cepanaf.edomex.gob.mx/areas_naturales_protegidas

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2015). Áreas Protegidas Decretadas. Recuperado de: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2014). Manual de monitoreo terrestre para detección temprana de plagas y enfermedades forestales. Recuperado de: http://www.conafor.gob.mx/innovacion_forestal/?p=2690

Conklin, D.A. (2003). Comparison of dwarf mistletoe behavior and stand development in treated and untreated areas: 10-year monitoring on Jarita Mesa. Recuperado de: https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5238467.pdf

Cortés-Rodríguez, E.A. & Venegas-Cardoso, F.R. (2011). Conocimiento tradicional y la conservación de la flora medicinal en la comunidad indígena de Santa Catarina. *Ra Ximhai*, 7(1): 117-122.

Díaz, M.F, Larraín, J., Zegers, G. & Tapia, C. (2008). Caracterización e hidrología de la Isla Grande de Chiloé, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 81, 455-468.

Emeterio-Lara, A., Palma-Linares, V., Vázquez-García, L.M. & Mejía-Carranza, J. (2016). Uso y comercialización de orquídeas silvestres en la Región Sur del Estado de México. *Polibotánica*, 42, 197-214.

Endara, A. (2010). Análisis de los procesos de recuperación en el bosque templado del Parque Nacional Nevado de Toluca. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Farjon, A. (2010). *A handbook of the world's conifers* Leiden Brill Academic Publishers. Brill.

Food and Agricultural Organizations of the United Nations (FAO). (1995). Report of the international expert consultation on non-wood forest products. *Non-Wood Forest Products 3*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/018/v7540e/v7540e.pdf>

Food and Agricultural Organizations of the United Nations (FAO). (2015). *Las coníferas de México*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/x5390s/x5390s04.htm>

Franco, S. & Burrola, C. (2010). *Los hongos comestibles del Nevado de Toluca*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

Franco, S., Endara, A.R., Regil, H.H. & Nava, G. (2009). *Estudio Fitosanitario Forestal del Parque Nacional Nevado de Toluca*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).

Franco, S., Regil, H.H. & Ordoñez, J.A. (2006). Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. *Madera y Bosques*, 12(1), 17-28.

Gobierno del Estado de México (GEM). (2015). Áreas Naturales Protegidas. Recuperado de: http://sma.edomex.gob.mx/areas_naturales_protegidas

Hawksworth, F.G. & Stevens, D. (1970). New taxa and nomenclatural changes in *Arceuthobium* (Visceae). *Brittonia*, 22, 265. Doi: <https://doi.org/10.2307/2805908>

Hawksworth, F.G. & Wiens, D. (1972). Biology and classification of dwarf mistletoe (*Arceuthobium*). Recuperado de: <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87208731/PDF>

Hawksworth, F.G., Nicholis, T.H. & Merrill, L.M. (1987). Long-distance dispersal of lodgepole pine dwarf mistletoe. Recuperado de: https://www.fs.fed.us/rm/pubs_rm/rm_gtr149/rm_gtr149_220_226.pdf

Heiden-Jørgensen, H. (2008). *Parasitic Flowering Plants*. Leiden: Brill Academic Publishers.

Huaranca, R.J., Armas, J.J. & Vigo, R.M. (2013). Uso de las plantas medicinales en la comunidad El Chino, del área de conservación regional comunal Tamshiyacu-Tahuayo, Loreto, Perú. *Conocimiento amazónico*, 4(2), 77-86.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2017). Instrumentos normativos. Recuperado de: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/312/bosquesresp.html>

Kipfmüller, K.F. & Baker, W.L. (1998). Fires and dwarf mistletoe in a Rocky Mountain lodge-pole pine ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 108, 77-84. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.553.6561&rep=rep1&type=pdf>

Küpeli, E., Orhan, I., Kartal, M. & 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.

López-Gutiérrez, B.N, Pérez-Escandón, B.E. & Villavicencio, M.A. (2014). Aprovechamiento sostenible y conservación de plantas medicinales en Cantarras, Huehuetla, Hidalgo, México, como un medio para mejorar la calidad de vida de la comunidad. *Botanical Sciences*, 92(3), 389-404.

Lorenzana-Jiménez, M., Guerrero, J.A.M., García, X. & Gijón, E. (2009). *Struthanthus venetus* (injerto o matapalo) planta potencialmente útil en terapéutica cardiovascular. Revista Digital Universitaria, 10(8). Recuperada de: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num9/art56/art56.pdf>

Maldonado, C. (2015). Efecto del manejo en la reducción de incidencia de enfermedades (moniliasis, escoba de bruja y mazorca negra) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Estación Experimental de Sapecho. Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica, 1(1), 38-51.

Marín, J.G. (2012). Actividades extractivas entre la tradición y la legislación. Saberes entre musgo y tierra de capote en el corregimiento de Santa Elena, Medellín. Boletín de Antropología, 27(44), 164-181.

Mark, W.R., Hawksworth, F.G. & Oshima, N. (1976). Resin disease: a new disease of longepole pine dwarf mistletoe. Canadian Journal of Forest Research, 6(3), 415-424. Doi: <https://doi.org/10.1139/x76-055>

Martínez-Cortés, M, Manzanero-Medina, G.I. & Lustre-Sánchez, H. (2017). Las plantas suculentas útiles de Santo Domingo Tonalá, Huajuapán, Oaxaca, México. Polibotánica: 43: 323-348.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2006). Analytical Approaches for Assessing Ecosystem Condition and Human Well-being. Recuperado de: <http://www.maweb.org>

Mittermeier, R. & Goettsch, C. (1992). La importancia de la diversidad biológica de México. En J. Sarukhán & R. Dirzo (Comp.). México ante los retos de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de: <https://library.conservation.org/Published%20Documents/1992/La%20Importancia%20de%20la%20Diversidad%20Biologica%20de%20Mexico.pdf>

Montañez-Armenta, M.P., Valtierra-Pacheco, E. & Medina-Torres, S.M. (2011). Aprovechamiento tradicional de una especie protegida (*Litsea Glaucescens* Kunth) en “Sierra del Laurel”, Aguascalientes, México. Ra Ximhai, 7, 155-172.

Nickrent, D.I. & Musselman, I.J. (2004). Introduction to parasitic flowering plants. The Plant Health Instructor, 13, 300-315.

Nickrent, D.L. (2002). Parasitic plants of the world. En P. López-Sáez & L. Sáez (Eds.) Parasitic plants of the Iberian Peninsula and Balearic Islands (p. 7-27). Recuperado de: <http://nickrentlab.siu.edu/NickrentPDFs/Chapter2.pdf>

Norton, D.A. & Reid, N. (1997). Lessons in ecosystem management from management of threatened and pest loranthaceous mistletoes in New Zealand and Australia. *Conservation Biology*, 11, 759-769. Doi: 10.1046/j.1523-1739.1997.95529.x

O'Hara, K.L. (2001). The silviculture of transformation: a commentary. *Forest Ecology and Management*, 151, 81-86.

Olvera, M., Moreno, S. & Figueroa, B. (1996). Sitios permanentes para la investigación silvícola: Manual para su establecimiento. Guadalajara: FOMES.

Orta-Pozo, S., López-Trabanco, P.J., Zaldivar-Solís, A. & Chile-Bocourt, A. (2010). Efectos de la fragmentación antropogénica en la montaña de El Mogote sobre las orquídeas. *Revista Forestal Boracoa*, 29(2), 43-50.

Pardo, M. & Gómez, E. (2003). Etnobotánica: aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 60(1), 171-182.

Parker, T.J., Clancy, K.M. & Mathiasen, R.L. (2006). Interactions among fire, insects and pathogens in coniferous forests of the interior western United States and Canada. *Agricultural and Forest Entomology*, 8, 167-189.

Pérez, J.I.J. (2016). Impacto del muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en la economía de las familias campesinas en una región de subtrópico mexicano. *Perspectivas latinoamericanas*, 13, 141-156.

Puettmann, K.J., Coates, K.D. & Messier, C.C. (2009). *Critique of Silviculture: Managing for Island Press*, Washington. Recuperado de: <http://frst411.sites.olt.ubc.ca/files/2015/01/A-Critique-of-Silviculture.pdf>

Regil, H. (2008). Nivel de adecuación del territorio para el desarrollo de especies forestales y agrícolas en el Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT). Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Reyes-García, V. (2007). El conocimiento tradicional para la resolución de problemas ecológicos contemporáneos. *Papeles*, 100, 109-116. Recuperado de: http://www.fuhem.es/media/ecosocial/file/Proyecto%20Cultura%20y%20Ambiente/Art%C3%ADculos/ConocimientoTradicionalResolucion_REYESGARCIA.pdf

Reza, M., Faridi, F. & Hajizadeh, G. (2010). Effects of foliar applications herbicides to control semi-parasitic plant *Arceuthobium oxycedri*. *Nusantara Bioscience*, 4(2), 76-80. Recuperado de: <http://biosains.mipa.uns.ac.id/N/N0402/N040205.pdf>

Rietman, L.M., Shamoun, S.F. & van der Kamp, B.J. (2005). Assessment of *Neonectria neomacrospora* (anamorph *Cylindrocarpon cylindroides*) as an

inundative biocontrol agent against hemlock dwarf mistletoe. *Canadian Journal Plant Pathology*, 27 (4), 603-609. Recuperado de: <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=25907>

Rivera-Fernández, R.D., Valarezo-Beltrón, O., Vera-Macías, L., Chavarría-Párraga, J.E. & Guzmán-Cedeño, A.M. (2014). Efecto de la poda fitosanitaria sobre la enfermedad escoba de bruja en el cultivo de cacao. *Revista Intropica*, 9, 129-136.

Sarangzai, A.M., Khan, N., Wahab, M. & Kakari, A. (2010). New spread of dwarf mistletoe (*Arceuthobium oxycedri*) in juniper forests, Ziarat, Balochistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 42(6), 3709-3714. Recuperado de: [http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/42\(6\)/PJB42\(6\)3709.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/42(6)/PJB42(6)3709.pdf)

Scharpf, R.F., Smith, R.S. & Vogler D. (1987). Pruning dwarf mistletoe brooms reduces stress on Jeffrey pines, Cleveland National Forest, California. Recuperado de: https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_rp186/psw_rp186.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2000). La gestión ambiental en México. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México. Recuperado de: http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/libro_blanco%20semarnap.pdf

Sessions, L.A., Rance, C., Grant, A. & Kelly, D. (2001). Possum (*Trichosurus vulpecula*) control benefits native beech mistletoes (Loranthaceae). *New Zealand Journal Ecology*, 25(2), 27-33.

Shaw, C.G. & Loopstra, E.M. (1991). Development of dwarf mistletoe infections on inoculated western hemlock in southeast Alaska. *Northwest Science*, 65, 48-52. Recuperado de: <https://research.libraries.wsu.edu/xmlui/handle/2376/1627>

Shaw, D.C., Chen, J., Freeman, E.A. & Braun, D.M. (2005). Spatial and population characteristics of dwarf mistletoe infected trees in an old-growth Douglas-fir western hemlock forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 35, 990-1001. Doi: <https://doi.org/10.1139/x05-022>

Shengji, P., Hamilton, A.C., Lixin, Y., Huyin, H., Zhiwei, Y., Fu, G. & Quangxin, Z. (2010). Conservation and development through medicinal plants: a case study from Ludian (North Yunnan, China) and presentation of a general model. *Biodiversity and Conservation*, 19, 2619-2636.

Smith, R.B. (1973). Factors affecting dispersal of dwarf mistletoe seeds from an overstory western hemlock tree. *Northwest Science*, 47, 9-19. Recuperado de: <http://www.cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/28719.pdf>

Smith, R.B. (1985). Hemlock dwarf mistletoe biology and spread. En J.A. Muir (Ed.). Workshop on Management of Hemlock Dwarf Mistletoe (p. 15-17). Recuperado de: <http://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=2618>

Toledo, V. (1982). La etnobotánica hoy: reversión del conocimiento, lucha indígena y proyecto nacional. *Biótica*, 7(2), 141-150.

Urbina, C.M. (2011). Enfermedades causadas por hongos, fitopatología general. Estelli: Universidad agropecuaria del trópico seco.

Valdés-Cobos, A. (2013). Conservación y uso de plantas medicinales: el caso de la región de la Mizteca Alta Oaxaqueña, México. *Ambiente y desarrollo*, 17(33), 87-97.

Vázquez-Alonso, M.T., Bye, R., López-Mata, L., Pulido-Salsas, M.T.P, McClung, de Tapia E. y Koch, S.D. (2014). Etnobotánica de la cultura Teotihuacana. *Botanical Science*, 92(4), 563-574.

Velázquez, A., Mas, J.F., Díaz, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P.C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E. y Palacio, J.L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica*, 62, 21-37.

Villers, L., García, L. & López, J. (1998). Evaluación de los bosques templados en México: una aplicación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, *Investigaciones Geográficas Boletín*, 36, 7-19. Recuperado de: <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/161.pdf>

Waizel-Bucay, J. & Martínez, I.M. (2011). Algunas plantas usadas en México en padecimientos periodontales. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*, 68(2), 73-88.

West, P.W. (2006). Growing plantation forest. Alemania: Springer.

Wolf, J.H.D. (2013). Conservación y uso sustentable de bromelias epífitas en los Altos de Chiapas. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La biodiversidad en Chiapas. Estudio de estado Volumen II (p.143-151). Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Nayely_Martinez-Melendez/publication/277331258_Las_Gimnospermas_de_Chiapas/links/5568a49f08aefcb861d5c3e5/Las-Gimnospermas-de-Chiapas.pdf#page=153

World Health Organization (WHO). (2002). Traditional medicine strategy 2002-2005. Recuperado de: http://www.wpro.who.int/health_technology/book_who_traditional_medicine_strategy_2002_2005.pdf

Zaroug, M.S., Abbasher, A.A. & Zahran, E.B. 2013. Incidence and severity of the mistletoe *Tapinanthus globiferus* on guava and lime and its mechanical control in the Gezira State, Sudan. *Journal of Science and Technology* 14:44-51. Recuperado de: http://www.sustech.edu/staff_publications/20131230082639331.pdf

Zhang, L., Zhang, Y., Shengj, P., Geng, Y., Wang, C. & Yuhua, W. (2015). Ethnobotanical survey of medicinal dietary plants used by the Naxi people in Lijiang Area, Northwest Yunnan, China. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11, 40. Doi: 10.1186/s13002-015-0030-6

11. ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario Semiestructurado para determinar el aprovechamiento del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium globosum*) con fines medicinales en comunidades del Área Natural Protegida Nevado de Toluca.

Comunidad:	Fecha:
-------------------	---------------

DATOS DEL INFORMANTE

Nombre:				
Edad:	Género:	F	M	
Escolaridad:	Primaria	Secundaria		Otra:
Originario de la comunidad:	Sí	No	Tiempo de residencia:	

INFORMACIÓN ETNOBOTÁNICA

1. ¿Conoce estas plantas? (fotos)	Negro (N)		Amarillo (A)	
	Sí	No	Sí	No
2. ¿Cómo se llaman?				
3. ¿Las utiliza?	Sí	No	Sí	No
4. ¿Para qué las utiliza?	1. 2. 3.		1. 2. 3.	
5. ¿Qué parte utiliza?	1. 2. 3.		1. 2. 3.	

6. ¿Cómo las prepara?	1. 2. 3.	1. 2. 3.
7. ¿En qué época del año colecta estas plantas?		
8. ¿Dónde las colecta?	N	A
	a) En su comunidad b) En otro lugar _____ c) Las compra _____	a) En su comunidad b) En otro lugar _____ c) Las compra _____
9. ¿Con qué frecuencia usa estas plantas? (número de veces al año)		
10. ¿Desde cuándo usa estas plantas? (año)		
11. ¿Quién es la persona que más sabe sobre plantas medicinales en su comunidad? (nombre)		

12. OBSERVACIONES:

--	--

Anexo 2. Fotografías de la especie de muérdago enano.



Arceuthobium vaginatum



Arceuthobium globosum

Fotos: Tizbe Arteaga, 2013

Anexo 3. Etapas fenológicas del muérdago enano.

	1	2	3	4	5
					
C					
N					
A					

C=color del muérdago, N=negro (*A. vaginatum*), A= amarillo (*A. globosum*)
 Dibujos:Hawksworth y Wiens, 1996