



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA
LORANTHACEAE Y SANTALACEAE EN EL
BOSQUE DEL NEVADO DE TOLUCA

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

SANDY INÉS COLÍN MEDINA

MODALIDAD: TESIS INDIVIDUAL

ASESORES:

DR. ANGEL ROLANDO ENDARA AGRAMONT

M. EN C. ISABEL MARTÍNEZ DE LA CRUZ

CAMPUS UNIVERSITARIO "EL CERRILLO", EL CERRILLO PIEDRAS
BLANCAS MUNICIPIO DE TOLUCA, MÉXICO. FEBRERO DEL 2017



ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1. Plantas parásitas	3
2.2. Familia Loranthaceae	5
2.2.1. Género <i>Psittacanthus</i> spp.....	5
a. Descripción morfológica	5
b. Distribución geográfica y altitudinal.....	6
c. Ciclo de vida.....	7
d. Hospederos	8
e. Daños	9
2.3. Familia Santalaceae.....	9
2.3.1. Género <i>Arceuthobium</i> spp.....	10
a. Descripción morfológica	10
b. Distribución geográfica y altitudinal.....	11
c. Ciclo de vida.....	11
d. Hospederos	13
e. Daños	13
2.3.2. Género <i>Phoradendron</i> spp	14
a. Descripción morfológica	14
b. Distribución geográfica y altitudinal.....	14
c. Ciclo de vida.....	15
d. Hospederos	15
e. Daños	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Descripción del área de estudio.....	16
3.1.1. Hidrología	17
3.1.2. Suelo Página	18

3.1.3. Clima.....	19
3.1.4. Cobertura forestal.....	20
3.2. Recolecta y determinación de ejemplares botánicos.....	20
3.3. Evaluación de áreas afectadas por el género <i>Arceuthobium</i> spp.....	22
3.3 .1. Evaluación por tercio para árboles.....	25
IV. RESULTADOS.....	28
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES	49
VII. LITERATURA CITADA.....	49

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de plagas y enfermedades forestales del APFFNT (Endara-Agramont <i>et al.</i> , en prensa) 2014.	4
Figura 2. Ciclo de desarrollo de <i>Psittacanthus</i> spp., (muérdago verdadero) (Vázquez-Collazo y W-Geils, 2002).	7
Figura 3. <i>Psittacanthus</i> spp., parasitando <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl. en el APFFNT (Fuente propia).	9
Figura 4. Ciclo de vida del muérdago enano (Vázquez-Collazo y W-Geils, 2002).	12
Figura 5. a) <i>A. abietis-religiosae</i> b) <i>A. globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i> y c) <i>A. vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i> parasitando a su hospedero en el APFFNT (Fuente propia).	13
Figura 6. Ubicación geográfica del APFFNT (CONANP, 2013 b).	18
Figura 7. a) Recolección de material vegetal de <i>Psittacanthus schiedeanus</i> y b) prensado de ejemplares botánicos (Fuente propia).....	22
Figura 8. Método de muestreo para <i>Arceuthobium</i> spp., (Elaboración propia)	23
Figura 9. Brinjal (a) y latizal (b) de <i>P. hartwegii</i> con presencia de muérdago enano (Fuente propia).	24
Figura 10. División del árbol en tercios (Elaboración propia).	25
Figura 11. División del árbol (en tercios) con un nivel de infestación 5 (resultado de sumar los valores asignados para cada tercio), infestación severa (Elaboración propia).	27
Figura 12. <i>Arceuthobium abietis-religiosae</i> (Fuente propia).	28
Figura 13. <i>Arceuthobium globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i> (Fuente propia).	29
Figura 14. <i>Arceuthobium vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i> (Fuente propia).	29
Figura 15. <i>Phoradendron velutinum</i> (Fuente propia).	30
Figura 16. <i>Psittacanthus schiedeanus</i> (Fuente propia).	30
Figura 17. Distribución de <i>Arceuthobium</i> spp. en las categorías diamétricas del bosque semidenso de <i>P. hartwegii</i> en el APFFNT.	33
Figura 18. Regeneración en bosque semidenso de <i>P. hartwegii</i> en el APFFNT.	34
Figura 19. Distribución de <i>Arceuthobium</i> spp., en las categorías diamétricas en bosque	

fragmentado de *P. hartwegii* en el APFFNT. 35

Figura 20. Regeneración en bosque fragmentado de *P. hartwegii* en el APFFNT.

37 Página

Figura 21. Ausencia o presencia de *Arceuthobium* spp., en árboles del bosque de *A. religiosa* del APFFNT, bajo tres densidades (fragmentado, semidenso y denso). 38

Figura 22. Categoría diamétrica (cm) de árboles con presencia o ausencia de *A. abietisreligiosae* en bosque fragmentado de *A. religiosa* en el APFFNT.

..... 38

Figura 23. Categoría diamétrica (cm) de árboles con presencia o ausencia de *Arceuthobium* spp., en bosque semidenso de *A. religiosa* en el APFFNT..... 40

Figura 24. Categoría diamétrica (cm) de árboles con presencia o ausencia de *Arceuthobium* spp., en bosque denso de *A. religiosa* en el APFFNT. 43

Figura 25. Regeneración en el bosque fragmentado, semidenso y denso de *A. religiosa* en el APFFNT. 44

Figura 26. Tocones en tres densidades de bosque de *A. religiosa* en el APFFNT. 44

LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Valores de infestación para cada sección del árbol (Elaboración propia). 26

Cuadro 2. Volumen de infestación en árbol. 27

Cuadro 3. Especies de la familia Santalaceae y Loranthaceae en el APFFNT. 28

Cuadro 4. Especies de muérdago por tipo de bosque en el APFFNT. 31

Cuadro 5. Especies de *Arceuthobium* spp., por tipo de bosque en el APFFNT. 31

Cuadro 6. Distribución de las especies de muérdago por estrato de árbol en el APFFNT.

31

Cuadro 7. Árboles infestados por muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) de acuerdo con su categoría diamétrica en bosque semidenso de *P. hartwegii* en el APFFNT..... 33

Cuadro 8. Árboles infestados por muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) de acuerdo con la categoría diamétrica (cm) en el bosque fragmentado de *P. hartwegii* en el APFFNT. 36

Cuadro 9. Árboles infestados por muérdago enano (*A. abietis-religiosae*) de acuerdo con la categoría diamétrica (cm) en el bosque fragmentado de *A. religiosa* en el APFFNT. .

39 **Cuadro 10.** Árboles infestados por muérdago enano (*A. abietis-religiosae*) de acuerdo con la categoría diamétrica (cm) en el bosque semidenso de *A. religiosa* en el APFFNT.

.....
41

Cuadro 11. Árboles infestados por muérdago enano (*A. abietis-religiosae*) de acuerdo con la categoría diamétrica (cm) en el bosque denso de *A. religiosa* en el APFFNT. 42

RESUMEN

Determinación de las especies de la familia Loranthaceae y Santalaceae en el bosque del Nevado de Toluca

Sandy Inés Colín Medina. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Asesores: ¹Dr. Angel Rolando Endara Agramont y ²M en C. Isabel Martínez De La Cruz

¹. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Recurso Naturales. Mpio. de Toluca, México. Código Postal 50200. Tel. (fax) 722-2965552, 722-1806124 arendaraa@uaemex.mx

². Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas. Mpio. de Toluca, México. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 imc_250@yahoo.com.mx

En México, las plantas de la familia Loranthaceae y Santalaceae se presentan en la mayoría de los ecosistemas naturales. Constituyen el tercer agente de destrucción de los bosques de clima templado frío. Los árboles del Área de Protección de Flora y Fauna del

Nevado de Toluca (APFFNT) presentan muérdago enano y verdadero. Sin embargo, se desconocen las especies a las que pertenecen así como a la especie de árbol que parasitan. Por lo tanto el objetivo consistió en determinar las especies de las familias Loranthaceae y Santalaceae en el APFFNT. Se realizaron visitas al APFFNT durante el periodo de diciembre 2015 a octubre de 2016 para recolectar material vegetal y evaluar las áreas afectadas por el género *Arceuthobium* spp. En el APFFNT existen tres especies de muérdago enano: *A. abietis-religiosae*, *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* y dos especies de muérdago verdadero: *Phoradendron velutinum* y *Psittacanthus schiedeanus*. Los géneros de Santalaceae (*A. abietis-religiosae*, *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* y *Phoradendron velutinum*) prosperan en bosque de *P. hartwegii*, *A. jorullensis* y *A. religiosa*. En tanto que la especie de Loranthaceae (*Psittacanthus schiedeanus*) se presenta en bosque de *P. pseudostrabus*. El nivel de infestación para el bosque fragmentado y el bosque semidenso de *P. hartwegii* es moderado y para el bosque fragmentado, semidenso y denso de *A. religiosa* es leve. La regeneración del bosque de *A. religiosa* es afectada por la extracción de elementos arbóreos.

Palabras clave: Loranthaceae, Santalaceae, *Arceuthobium*, *Phoradendron*, *Psittacanthus*, especies, infestación, APFFNT.

ABSTRAC

Determination of the species of the family Loranthaceae and Santalaceae in the forest of Nevado de Toluca

Sandy Inés Colín Medina. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Asesores: ¹Dr. Angel Rolando Endara Agramont y M en C. ²Isabel Martínez De La Cruz

¹- Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Recurso Naturales. Mpio. de Toluca, México. Código Postal 50200. Tel. (fax) 722-2965552, 722-1806124 arendaraa@uaemex.mx

²- Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas. Mpio. de Toluca, México. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 imc_250@yahoo.com.mx

In Mexico, plants of the family Loranthaceae and Santalaceae occur in most natural ecosystems. Constituting the third agent of destruction of the forests of cold temperate climate. The trees in the Protection Area of Flora and Fauna of the Nevado de Toluca

(APFFNT) present dwarf and true mistletoe. However, the species to which they belong as well as the tree species that they parasitize are unknown.

Therefore the objective was to determine the species of the family Loranthaceae and Santalaceae in the APFFNT. Visits were made to the APFFNT in the period from December 2015 to October 2016 to collect plant material and evaluate the areas affected by the genus *Arceuthobium* spp. In the APFFNT there are three species of dwarf mistletoe: : *A. abietis-religiosae*, *A. globosum* subsp. *grandicaule* and *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* and two species of true mistletoe: *Phoradendron velutinum* y *Psittacanthus schiedeanus*. The genera of Santalaceae (*A. abietis-religiosae*, *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* y *Phoradendron velutinum*) thrive in forest of *P. hartwegii*, *A. jorullensis* y *A. religiosa*. While the species of Loranthaceae (*Psittacanthus schiedeanus*) Is presented in forest of *P. pseudostrabus*. The genera of Santalaceae (*A. abietis-religiosae*, *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* and *Phoradendron velutinum*) thrive in forest of *P. hartwegii*, *A. jorullensis* y *A. religiosa*. While the species of Loranthaceae (*Psittacanthus schiedeanus*) Is presented in forest of *P. pseudostrabus*. The level of infestation for the fragmented forest and the semidenso forest of *P. hartwegii*, is moderate and for the fragmented, semi-dense and dense forest of *A. religiosa* is slight. The regeneration of the *A. religiosa* forest is affected by the extraction of arboreal elements.

Keywords: Loranthaceae, Santalaceae, *Arceuthobium*, *Phoradendron*, *Psittacanthus*, species, infestation, APFFNT.

I. INTRODUCCIÓN

En México, las plantas parásitas de la familia Loranthaceae y Santalaceae se presentan en casi todos los ecosistemas naturales. Las plantas antes mencionadas son aquellas que poseen estructuras especializadas (haustorios), para obtener de sus hospederos el soporte y los nutrientes necesarios para su desarrollo (CONAFOR, 2007).

Estas plantas constituyen el tercer agente de destrucción de los bosques de clima templado frío después de los incendios e insectos descortezadores, ya que están presentes en más del 10% de la superficie arbolada, lo que equivale a cerca de 1.8 millones de hectáreas de bosques de coníferas y latifoliadas (Cházaro-Basañes *et al.*, 1992).

Existen dos tipos de plantas parásitas: muérdagos enanos y verdaderos. Las primeras pertenecen al género *Arceuthobium* y son específicos de las coníferas. Las segundos corresponden a los géneros: *Phoradendron*, *Struthanthus*, *Psittacanthus*, *Oryctanthus*, *Phthirusa*, *Antidaphne*, *Cladocolea*, *Gaiadendron* y *Dendrophthora* (Vázquez-Collazo y W-Geils, 2002).

Los muérdagos enanos presentes en los bosques de coníferas causan retardo en el crecimiento de árbol, lo deforman y/o matan sin importar su edad, provocan una disminución en el crecimiento de los árboles (desde 50 hasta un 80%), además disminuyen la calidad de la madera, debido a la presencia de grandes y numerosos nudos, destruye plántulas y renuevos por las infecciones que producen estas plantas parásitas (Agris, 2013).

La susceptibilidad de los árboles al ser infectados por muérdago es mayor en los tejidos jóvenes que en los viejos. Los pinos son más vulnerables entre los cuatro y seis años de edad y los oyameles hasta los 20 años (Rodríguez, 1983).

En el Estado de México; en el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca (APFFNT) se han observado plantas parásitas que pertenecen a los géneros: *Arceuthobium*, *Psittacanthus* y *Phoradendron*, lo cual genera incertidumbre debido a que esta área es hábitat de flora y fauna, tiene una relevancia por los servicios ambientales que proporciona al valle de Toluca: el abastecimiento de agua, la regulación en la calidad del aire que proveen de oxígeno. Sin embargo, el APFFNT está amenazado por el cambio de uso del suelo, lo que ocasiona pérdida de biodiversidad, desarrollo de enfermedades y proliferación de plagas principalmente (muérdago).

Las infecciones causadas por los muérdagos enanos debilitan a los árboles, los predisponen al ataque de patógenos de raíz, presencia de descortezadores y hongos que provocan la descomposición de la madera. Lo anterior disminuye el número de elementos arbóreos en el bosque y por tanto se reduce la masa arbórea que suministra los servicios ambientales. Los muérdagos son agentes de destrucción de los bosques de clima templado, por lo que es necesario determinar taxonómicamente las especies de muérdago que prosperan en el APFFNT, así como el nivel de infestación que ocasionan en el hospedero lo cual permitirá que las dependencias responsables cuenten con información fidedigna para investigar y proponer estrategias de acción para el control y manejo del muérdago en el APFFNT.

II. ANTECEDENTES

2.1. Plantas parásitas

Las plantas parásitas son aquellas que dependen totalmente de otro organismo para subsistir, poseen estructuras especializadas denominadas haustorios mediante los cuales obtienen de sus hospederos el soporte y los nutrientes. Mientras que las plantas hemiparásitas son aquellas que dependen parcialmente de otros organismos para poder subsistir ya que obtienen soporte agua y/o sales inorgánicas de su hospedero. Existen dos tipos de plantas parásitas, las de tallo y las de raíz (CONAFOR, 2007; Nickrent y Musselman, 2004).

A nivel mundial se conocen más de 2 500 especies de plantas superiores que viven como parásitas de otras plantas. Un número relativamente reducido de plantas parásitas producen enfermedades importantes en los cultivos agrícolas o en los árboles forestales. Los parásitos más comunes y peligrosos pertenecen a las siguientes familias y géneros botánicos: Cuscutaceae (*Cuscuta*), Viscaceae ahora Loranthaceae y Santalaceae (*Arceuthobium*, *Phoradendron* y *Psittacanthus*), Orobanchaceae (*Orobanche*), Scrophulariaceae (*Striga*) (Agrios, 2013; Martínez-Gordillo, 2014).

En el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca (APFFNT) las familias Loranthaceae y Santalaceae afecta especialmente a los bosques de pino, oyamel y aile. Las plagas que afectan a los pinos del APFFNT tienen distintos ciclos biológicos y formas de propagación. Entre los más dañinos se encuentran los muérdagos enanos representados por tres especies: *Arceuthobium globosum* Hawksw. & Wiens, *A. vaginatum* (Kunth)

Eichler y *A. abietis-religiosae* Heil, en menor grado se encuentran los muérdago verdadero del género *Psittacanthus* y *Phoradendron* (Franco-Maass *et al.*, 2010).

Las especies *Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum* son los patógenos con mayor extensión en el bosque de pino, con un total de 10 289 ha infestadas, *A. abietis-religiosae* afecta principalmente al bosque de oyamel denso con 1466 ha. *Psittacanthus* spp., ocupa un total de 55 ha infestadas, mientras que el *Phoradendron* spp., se establece en el bosque de aile con un total de 223 ha (Figura 1) (Endara-Agramont *et al.*, en prensa).

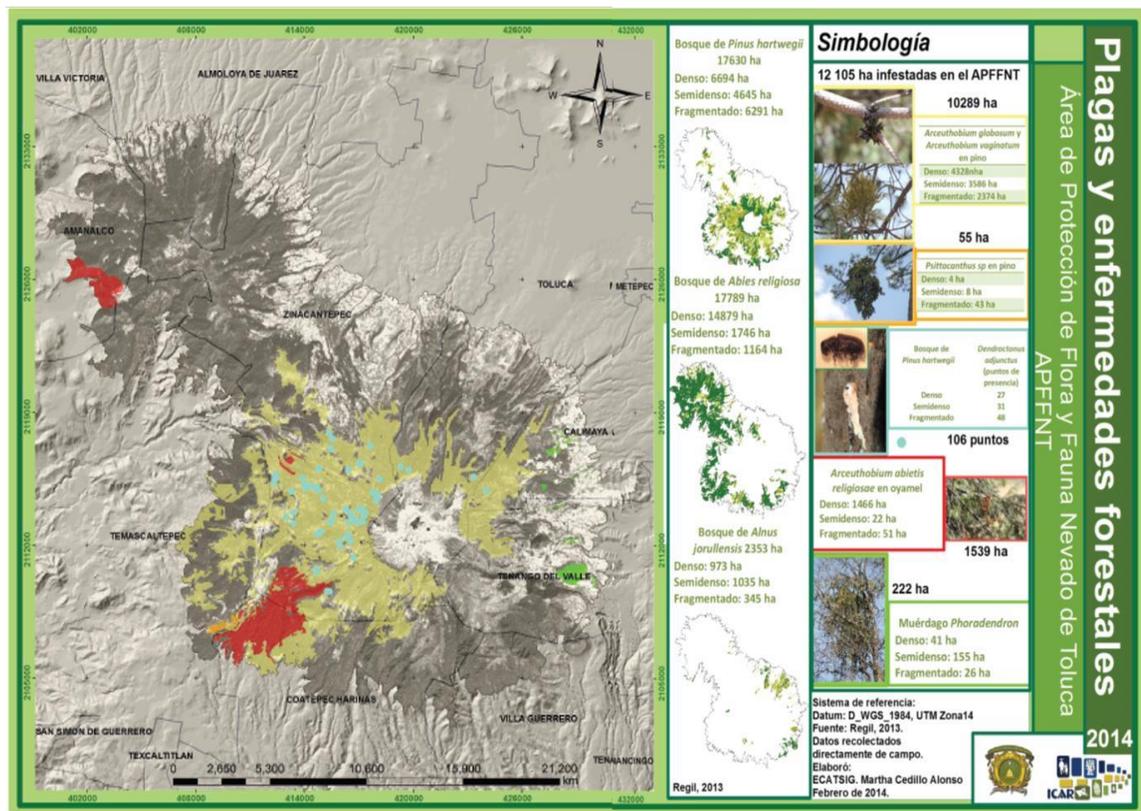


Figura 1. Mapa de plagas y enfermedades forestales del APFFNT (Endara-Agramont *et al.*, en prensa) 2014.

2.2. Familia Loranthaceae

Las especies de la familia Loranthaceae son plantas generalmente arbustivas o subarbustivas, hemiparásitas de arbustos y árboles; tienen tallos comúnmente dicotómicos; hojas verdes, amarillas hasta naranjas o negras, simples, habitualmente opuestas; las flores son solitarias o agrupadas en inflorescencias racimosas (panículas o espigas) o cimosas; además pueden ser hermafroditas o unisexuales, actinomorfas, perianto verdoso o de colores llamativos, sin diferenciación en cáliz y corola, los estambres son del mismo número que las divisiones del perianto y opuestos a ellas, anteras sésiles o subsésiles; el ovario es ínfero; el fruto es una baya mucilaginoso (Rzedowski *et al.*, 2005).

Taxonomía de la familia Loranthaceae

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Santalanae Thorne ex Reveal

Orden: Santalales R. Br. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Loranthaceae Juss.

Género: *Psittacanthus* Mart.

Fuente: Trópicos (<http://www.tropicos.org>)

2.2.1. Género *Psittacanthus* spp.

a. Descripción morfológica

El género *Psittacanthus* spp. agrupa arbustos perennes, con hojas opuestas o en pares y simples estipuladas y comúnmente decusadas, de forma variable que va de falcada hasta

ovada obovada. Inflorescencia terminal o axilar en umbela o racimo indeterminado con varias triadas o diadas de flores hermafroditas. Flores de color rojo a naranjado o escarlata brillante, estambres rojos a naranjados; estilo tan largo como los pétalos, liso y recto; estigma más o menos capitado. El fruto es una baya grande azulada o negruzca, a veces con el cálculo acrecente, con una semilla redonda por abundante tejido víscido (Gómez-Sánchez *et al.*, 2011; Vázquez-Collazo y W-Geils, 2002).

b. Distribución geográfica y altitudinal

La distribución geográfica del género *Psittacanthus* spp. se reporta en los siguientes estados de la República Mexicana: Guanajuato, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (Gómez-Sánchez *et al.*, 2011; Vázquez-Collazo y W-Geils, 2002).

La distribución altitudinal de *Psittacanthus* spp., es muy amplia ya que se localiza desde el nivel del mar hasta más de 3 000 msnm. Sin embargo, en algunas casos la distribución es más estrecha, como sucede en las especies parásitas del bosque templado y frío, donde su distribución está limitada a la presencia de especies arbóreas de este ecosistema; es decir, desde 800 msnm en *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., hasta 3 300 msnm en *Pinus rudis* Endl., (Vázquez-Collazo, 1993).

c. Ciclo de vida

El ciclo biológico de los muérdagos verdaderos (*Psittacanthus* spp.) es largo, varía de acuerdo a la especie, clima y altitud (Figura 2). Generalmente presenta un ciclo de vida de cinco años, tres de los cuales son de crecimiento vegetativo, siete meses de floración y 16 de fructificación (Vázquez-Collazo, 1993; Vázquez-Collazo y W-Geils, 2002).

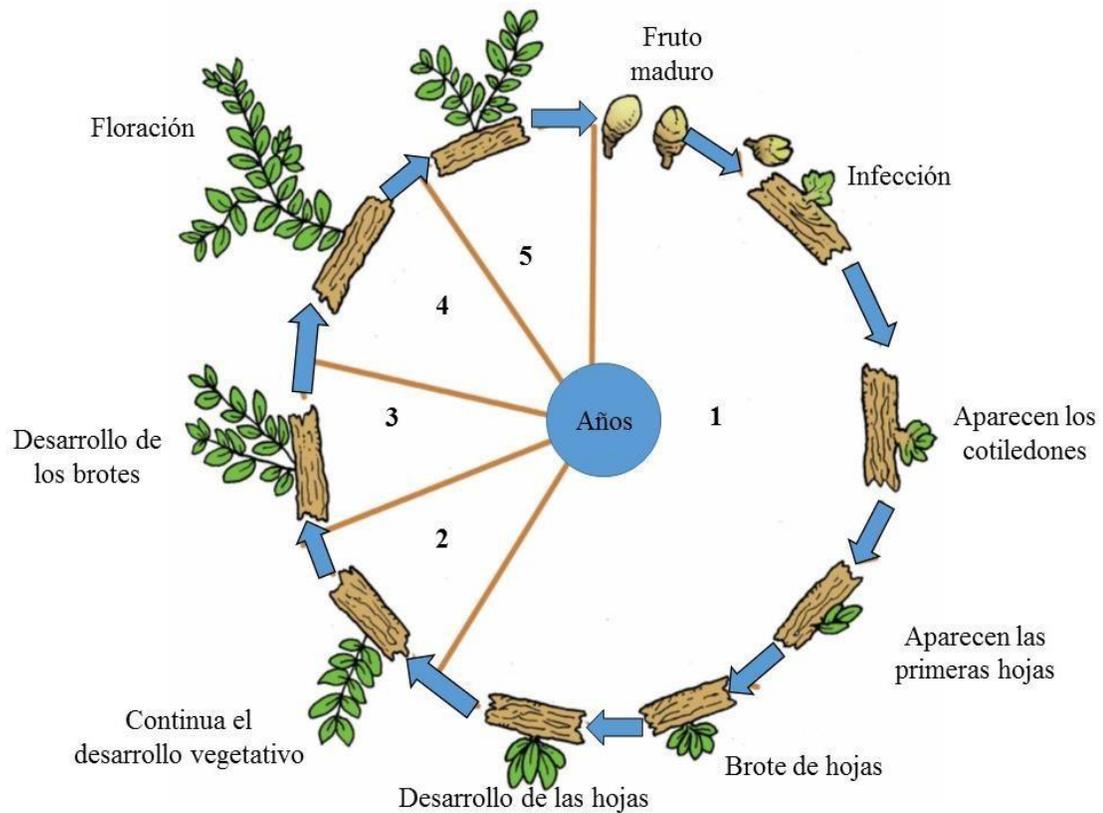


Figura 2. Ciclo de desarrollo de *Psittacanthus* spp., (muérdago verdadero) (VázquezCollazo y W-Geils, 2002).

Las semillas de *Psittacanthus* spp., son dispersadas por las aves que se alimentan de las frutas y defecan en ramas, algunas semillas caen a las ramas inferiores infestado por gravedad. Cuando la porción basal de una semilla madura hace contacto con la corteza del

árbol, la semilla germina y establece una infección perenne, cinco meses después se producen las primeras hojas verdaderas, el crecimiento vegetativo continúa durante el primer año (Vázquez-Collazo *et al.*, 2006; Vázquez-Collazo y W-Geils 2002).

Los botones florales de *Psittacanthus* spp., comienzan a producirse al cuarto año. La floración se alcanza a los seis meses; la polinización se produce en noviembre y diciembre, los polinizadores habituales para la mayoría especies son colibríes. La maduración de la fruta necesita alrededor de un año y ocurre de noviembre a febrero del quinto año, por lo tanto requieren aproximadamente de cinco años para completar su ciclo (Vázquez-Collazo y W-Geils, 2002).

d. Hospederos

En la actualidad, se tienen registradas más de 150 especies hospederas de *Psittacanthus* spp.: árboles, arbustos y cactáceas tanto de gimnospermas como de angiospermas.

Algunos hospederos para el género *Psittacanthus* spp., son; *Quercus* L. (encino), *Salix* L. (sauce), *Prunus* L. (durazno, capulín), *Prosopis* L. (mezquite), *Annona* L. (chirimoya), *Citrus* L. (limón, naranjo), *Crataegus* L. (tejocote), *Fraxinus* L. (fresno), *Persea* Mill. (aguacate), *Spondias* L. (ciruelo), *Pithecellobium* Mart. (pinzán), *Pyrus* L. (pera), *Cydonia* Mill. (membrillo). No se conocen especies de monocotiledóneas parasitadas por estos muérdagos; de las gimnospermas ataca a los géneros *Pinus* L. (Figura 3), *Cupressus* L. y *Abies* Mill., (Vázquez-Collazo, 1993).



Figura 3. *Psittacanthus* spp., parasitando *Pinus pseudostrobus* Lindl. en el APFFNT (Fuente propia).

e. Daños

Los daños que ocasionan las especies del género *Psittacanthus* spp., a sus hospedantes son pérdida de volumen maderable, disminución de la capacidad reproductiva de las especies debido a la escasa producción de conos, reducción del porcentaje de germinación de las semillas y muerte de los árboles a largo plazo, por lo que se considera que los daños en términos económicos, no son significativos (Cibrián *et al.*, 2007; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006).

2.3. Familia Santalaceae

Las especies de Santalaceae en su mayoría son hemiparásitas y pueden ser hierbas, arbustos o árboles. Las hojas son alternas u opuestas, o modificadas en espinas simples sin estipulas. La inflorescencia es una cima, racimo, espiga, cabezuela o fascículos, a

veces flores solitarias, brácteas presentes, flores pequeñas actinomorfas bisexuales. El fruto es una drupa o una nuez, semillas con endospermo aceitoso, sin testa. Los géneros son: *Arceuthobium*, *Comandra*, *Phoradendron* y *Santalum* (Martínez-Gordillo, 2014).

Taxonomía de la familia Santalaceae

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Superorden: Santalanae Thorne ex Reveal

Orden: Santalales R. Br. ex Bercht. & J. Presl

Familia: Santalaceae R. Br.

Géneros: *Arceuthobium* M. Bied

Phoradendron Nutt.

Fuente: Trópicos (<http://www.tropicos.org>)

2.3.1. Género *Arceuthobium* spp.

a. Descripción morfológica

Las especies del género *Arceuthobium* spp., son plantas parásitas de gimnospermas (*Pinus* L. y *Abies* Mill.), erguidos, amarillentos, rojizos o negruzcos, de 8 a 50 cm de alto, glabros; tallos brillantes, ramificados, articulados, quebradizos; hojas reducidas a pequeñas escamas, opuestas; flores una o varias, axilares, unisexuales, las masculinas generalmente trímeras, sin tubo, las femeninas bidentadas en el ápice, con el tubo del perianto soldado al ovario; fruto es una baya que contiene una sola semilla desprovista de testa y rodeada de una sustancia pegajosa (viscina) (Rzedowski *et al.*, 2005).

b. Distribución geográfica y altitudinal

En México, el muérdago enano se encuentra desde Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Jalisco, Estado de México, Puebla, Tlaxcala y Veracruz, tiene una distribución altitudinal de 1 475 a 3 990 m (Rodríguez, 1983; Rzedowski *et al.*, 2005).

c. Ciclo de vida

El ciclo de vida del muérdago enano se divide en cuatro fases: dispersión (expulsión balística de las semillas), establecimiento (comprende la llegada de la semilla al hospedero y su posterior germinación), incubación (desarrollo del sistema endofítico) y reproducción (formación de tallos aéreos con flores). El ciclo de germinación hasta la producción de semillas es de cuatro a seis años (Figura 4) (Mathiasen *et al.*, 2008).

La dispersión de la semilla del muérdago enano es mecánica, empieza cuando el fruto maduro descarga su semilla en forma explosiva lanzando sus frutos a una distancia de 15 metros (cae en un vuelo balístico hasta que la semilla se pega en una superficie). Aunque las aves, mamíferos e insectos pueden transportar a las semillas a distancias mayores. El establecimiento incluye la germinación de la semilla hasta que se inician las relaciones parasíticas (Rodríguez, 1983; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006).

La germinación de la semilla inicia cuando emerge la radícula y se proyecta hacia el interior del tejido del hospedero. La penetración puede ser a través de las hendiduras de la corteza, o por las yemas foliares (Rodríguez, 1983). En el segundo o tercer año después de haberse implantado la semilla, emergen los tallos y no viven más de siete años, el

promedio de vida es de dos a tres años y nuevos brotes reemplazan a los que van muriendo. Los tallos son articulados y con el tiempo producen ramificaciones verticiladas (Rodríguez, 1983).

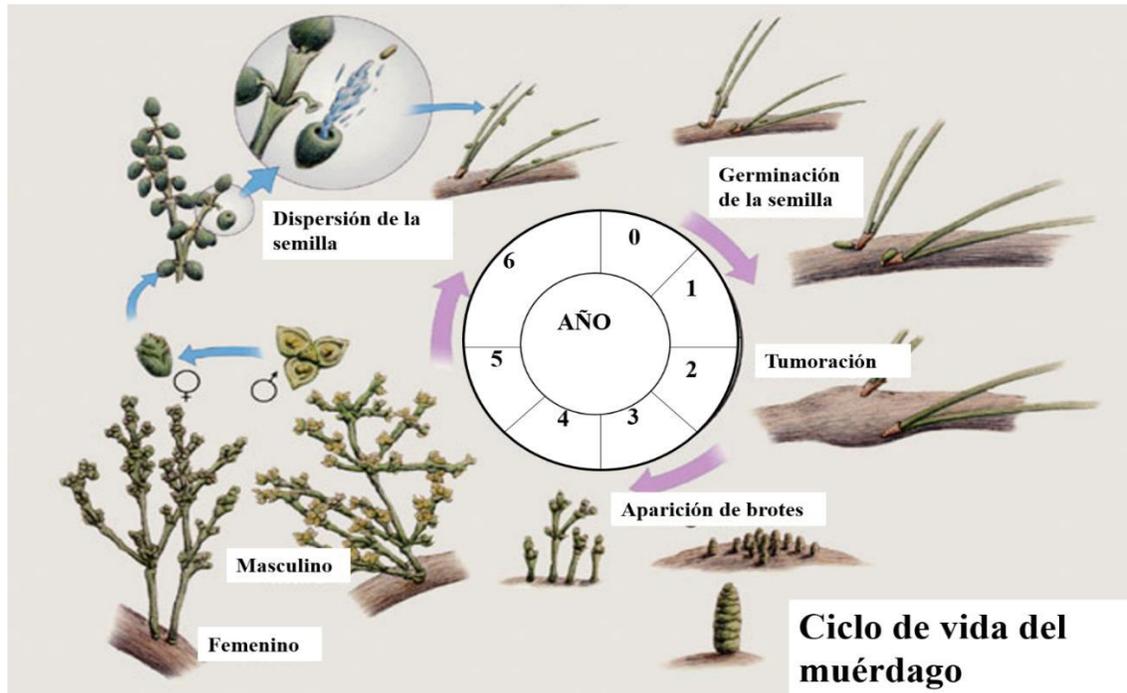


Figura 4. Ciclo de vida del muérdago enano (Vázquez-Collazo y W-Geils, 2002).

El periodo de floración del muérdago es de cuatro a seis semanas. La polinización puede ser anemófila (polinización por medio del viento) los granos de polen pueden ser dispersados hasta una distancia de 150 metros o entomófila (polinización por medio de insectos) (Rodríguez, 1983; Romero-Tovar, 2006). El fruto del muérdago (baya) tiene un periodo de maduración muy variado, puede ser muy corto (5 meses), como sucede con el muérdago enano del Este de Estados Unidos y Canadá, o hasta 18 meses en algunas especies de México (Hawksworth, 1972; Rodríguez, 1983).

d. Hospederos

En México, el muérdago enano parasita a: *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schltdl., *Pinus rudis* Endl., *Pinus cooperi* C.E. Blanco., *Pinus arizonica* Engelm., *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus hartwegii* Lindl., *Pinus pseudostrobus* Lindl., en ocasiones parásita a *Abies* L. (Figura 5) y *Pseudotsuga* Carrière., (Hawksworth, 1972; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006).



Figura 5. a) *A. abietis-religiosae* b) *A. globosum* subsp. *grandicaule* y c) *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* parasitando a su hospedero en el APFFNT (Fuente propia).

e. Daños

Los daños que ocasionan las especies del género *Arceuthobium* spp., sobre los hospederos son: reduce el crecimiento en diámetro y altura, disminuye la calidad de su madera por la presencia de grandes y numerosos nudos (provoca la formación de “escoba de bruja”) (Agrios, 2013; Rodríguez, 1983).

Cuando la planta parásita árboles en etapas juveniles, puede provocar la mortalidad del individuo en los cinco años posteriores (Agrios, 2013). Los árboles infestados son propensos a: ataque de descortezadores y barrenadores, pudrición de la madera (causada

por la presencia de hongos), enfermedades de la raíz, debilitamiento en el tronco que puede ocasionar fácilmente la caída del árbol con el viento. Los bosques con presencia de muérdago enano son más propensos a los incendios por un incremento de ramas o conos en el piso forestal (Valdivia, 1964).

2.3.2. Género *Phoradendron* spp.

a. Descripción morfológica

El género *Phoradendron* spp., comprende arbustos glabros o pubescentes; tallos ramificados más o menos dicotómicamente, con nudos manifiestos y en ocasiones con catáfilos escumiformes en o cerca de la base de las ramificaciones; hojas opuestas, generalmente pecioladas y laminares, de color verde o amarillento, gruesas y coriáceas, a veces con venas evidentes que nacen desde la base; inflorescencias en espigas axilares o terminales, flores unisexuales, sumidas en el eje de la inflorescencia; flores masculinas con anteras biloculares, casi sésiles; flores femeninas con el ovario unilocular, ínfero, estilo corto, estigma capitado; fruto carnososo, blanco, a veces amarillo o rojo (Rzedowski *et al.*, 2005; Gómez-Sánchez *et al.*, 2011).

b. Distribución geográfica y altitudinal

El género *Phoradendron* spp., se encuentra únicamente en América, se reporta desde Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Nayarit, Puebla, Morelos, Estado de México, Michoacán, Veracruz Oaxaca y Chiapas. Su distribución altitudinal oscila de 2 350 a 300 m (Gómez-Sánchez *et al.*, 2011; Rzedowski *et al.*, 2005; Vázquez-Collazo *et al.*,

2006).

c. Ciclo de vida

El ciclo de vida del género *Phoradendron* spp. inicia con la germinación de la semilla, que es influenciada por la temperatura, la humedad y la luz, esta semilla tiene un endospermo clorofílico que es capaz de producir azúcares simples, como fuente de energía antes de la germinación. Estas semillas al germinar desarrollan una radícula que entra en contacto con el hospedante, penetrar en la corteza hasta alcanzar tejidos vasculares y desarrollar los llamados haustorios corticales, es lento durante la primera estación esto es de 0.8 a 1.2 cm, pero cuando estos se han establecido, su desenvolvimiento es relativamente rápido, el tiempo transcurrido entre la infección y la producción de semilla es típicamente de cuatro a seis años y a veces mayor (De la I-De Bauer, 1984).

d. Hospederos

El género *Phoradendron* spp., se encuentra en diferentes tipos de vegetación arbórea (*Quercus* L., *Prosopis* L., *Juniperus* L., *Cupressus* L., y *Alnus* Mill. También se presenta en la vegetación de bosque pino-encino, matorral subtropical y particularmente en árboles del bosque caducifolio como *Liquidambar styraciflua* L. y *Clethra* spp L., también en *Pinus* L. y *Prunus* L. (Cházaro-Basañes *et al.*, 1992; De la I-De Bauer, 1984).

e. Daños

Los daños que causa el género *Phoradendron* spp., son los siguientes: reducción del vigor por la competencia por nutrientes y agua, provoca atrofia de la rama desde el punto de inserción hacia la punta, presenta una afectación local que genera tumoración o

abultamiento en el sitio de la inserción lo cual reduce la cantidad de frutos y semillas, predispone al ataque de otros agentes como insectos y hongos, reduce la capacidad fotosintética (Luna-López, 2012; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

El Estado de México se localiza en la parte centro-sur de la República Mexicana. Tiene una superficie territorial de 21 461 km² que representa el 1.1 % del territorio nacional. El

Estado de México cuenta con 92 Áreas Naturales Protegidas, que representan aproximadamente el 44.77 % del territorio estatal, entre las que se encuentra el APFFNT (CEPANAF, 2014).

El APFFNT se encuentra ubicada en la parte central del Estado de México, entre los 18° 59' y 19° 13' de latitud norte y los 99° 33' y 99° 58' longitud oeste. Comprende un área de 51 000 ha y abarca superficie que abarca parte de los municipios: Zinacantepec, Villa Guerrero, Temascaltepec, Amanalco, Villa Victoria, Almoloya de Juárez, Toluca, Calimaya, Coatepec de Harinas y Tenango del Valle (Figura 6) (CONANP, 2013 a). Se encuentra dentro de la provincia fisiográfica Faja Volcánica Transmexicana, está constituyete una franja de 130 km que conforma la cordillera con las cimas más altas del país, de las cuales el Nevado de Toluca ocupa el cuarto lugar con una altitud de 4 680 msnm.

3.1.1. Hidrología

De las montañas que conforman el APFFNT descienden aproximadamente 61 arroyos permanentes que contribuyen a la formación de las Regiones Hidrológicas Lerma-Santiago y la del Balsas (CONANP, 2013 b).

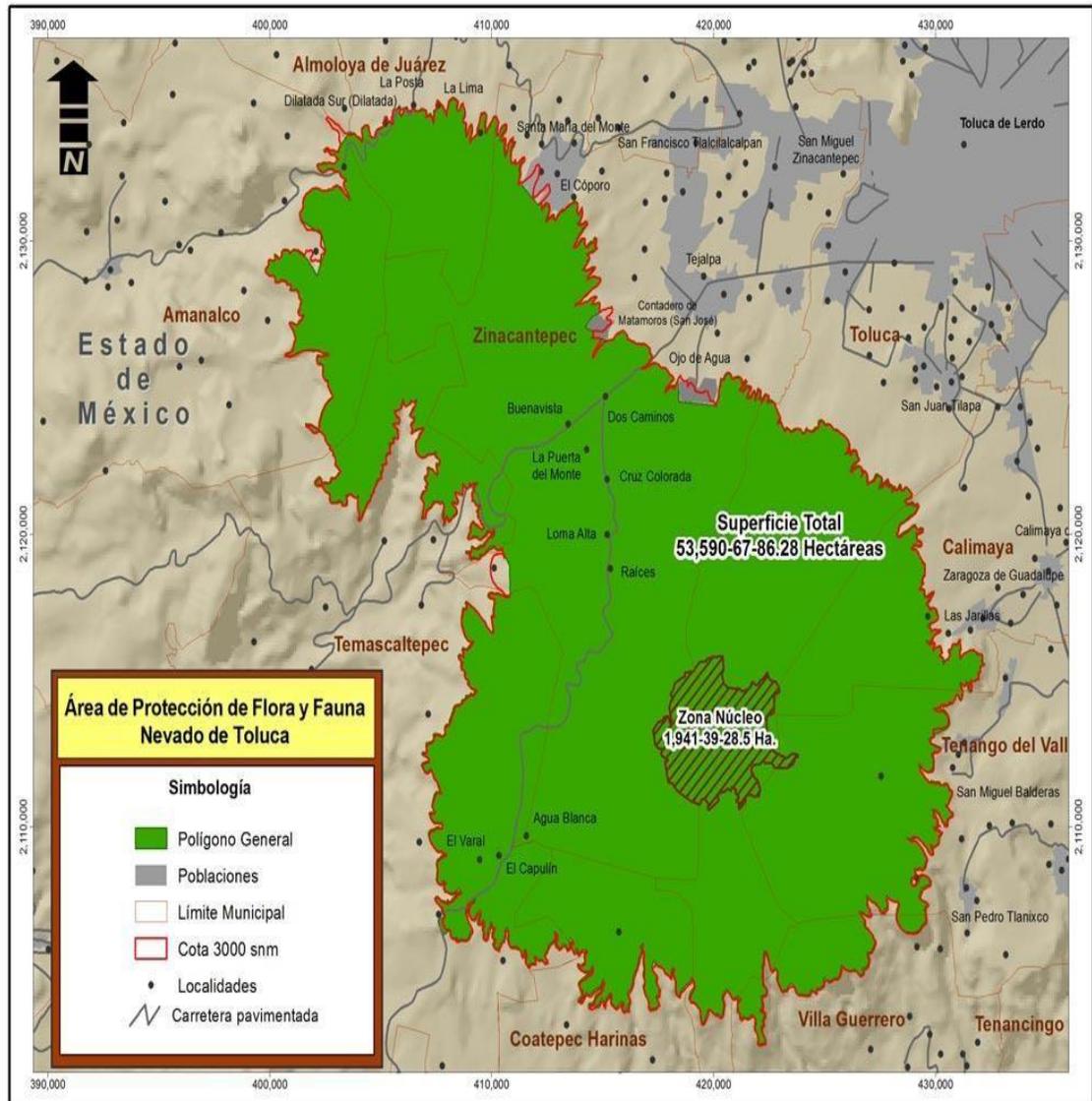


Figura 6. Ubicación geográfica del APFFNT (CONANP, 2013 b).

3.1.2. Suelo

El suelo predominante en el APFFNT es andosol, el cual se caracteriza por derivarse de cenizas volcánicas recientes ricas en alófanos en un clima semi-frío subhúmedo; esta relación aunada a la precipitación, genera un pH ácido que permite tener una alta capacidad de intercambio catiónico y una baja saturación de bases, lo que facilita la

retención de agua y nutrientes para el desarrollo de vegetación de pino-encino, que proporcionan a su vez abundante materia orgánica, INEGI (2000).

Los suelos con menor superficie ocupada en el APFFNT son: feozem el cual presenta una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes; su textura es arenosa o arcillosa con un pH más ácido que los andosoles. Regosol se localiza en la estructura geomorfológica de montaña, formada por el cráter del volcán, son suelos pobres en materia orgánica y en nutrimentos. Cambisol se caracteriza por la coloración amarillento-café-rojizo, tiene una textura media con alta porosidad, es pobres en nutrientes y apto para el uso forestal. Leptosol se distribuyen en la zona plana del interior del cráter, este suelo tiene menos de 10 cm de profundidad y está limitado por roca o tepetate. Fluvisol presenta textura gruesa, dependiendo del material depositado; su fertilidad es variable y por lo general son bajos en nutrimentos, (INEGI, 2000).

3.1.3. Clima

En el APFFNT existen los siguientes tipos de climas:

Clima frío con lluvias en verano. La temperatura media anual oscila entre -2 °C y 5 °C, la temperatura del mes más frío es menor de 0 °C y la del mes más cálido entre corresponde entre 0 °C y 6.5 °C. Este clima se presenta a partir de los 3 700 m de altitud (CONANP, 2013 a).

Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de -2 °C y 7 °C. Se presenta en la cota altitudinal de 2 800 m a los 3 700 m (CONANP, 2013 a).

Presenta clima templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 17.3 °C y la precipitación anual corresponde a 800 mm (Vargas, 1997).

3.1.4. Cobertura forestal

En el bosque del APFFNT se encuentran varias especies nativas de pinos; sobre los 3 500 msnm hasta los 4 000 msnm se desarrolla *Pinus hartwegii* Lind. (el pino de las alturas), especie adaptada a condiciones de frío, entre 3 000 y 3 200 msnms se desarrolla *Pinus pseudostrabus* Lind. y *Pinus montezumae* Lamb. El primero crece en bosque mixto (*P. pseudostrabus* y *A. religiosa*), mientras el segundo forma pequeñas manchas de bosques aislados. El bosque de oyamel se sitúan entre los 3 000 y 3 400 msnm, ocupa grandes superficies de bosques monoespecíficos y mixtos. Los bosques de aile (*Alnus jorullensis* Kunth.) se distribuyen entre los 3 000 y 3 200 msnm. Finalmente el bosque de encino (*Quercus laurina* Bonpl.) ocupa el gradiente altitudinal ubicado entre 3 000 y 3 100 msnm (Arriaga y Gómez, 2004; Endara-Agramont *et al.*, 2012).

3.2. Recolección y determinación de ejemplares botánicos

Para la recolección de material vegetal (estructuras vegetativas y reproductivas) de las familias Loranthaceae y Santalaceae, se realizaron visitas al Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca (APFFNT) en el periodo de diciembre 2015 a octubre de 2016 (Figura 7). Se procuró recolectar por lo menos tres duplicados de cada especie para contar con ejemplares para la donación al Herbario “Eizi Matuda” (CODAGEM) de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

El prensado se realizó conforme se recolectaron los ejemplares, se colocaron en papel periódico, las hojas se arreglaron de forma que algunas mostraran el haz y otras el envés. Se procuró evitar el traslape entre las diferentes estructuras del espécimen (flores, frutos y hojas). Se asignó una numeración progresiva a cada una de las especies recolectadas, con la finalidad de evitar confusiones entre los diferentes materiales recolectados. En la libreta de campo se registró para cada especie: lugar, fecha de recolecta, número de recolecta así como características que se puedan perder durante el secado del material vegetal (color de flores y fruto).

En el laboratorio de secado de muestras del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (ICAR) se llevó a cabo el deshidratado de los ejemplares, mediante una secadora eléctrica de madera, la duración dependió de la consistencia de la muestra, con un máximo de ocho días.

La determinación taxonómica de los ejemplares botánicos se realizó mediante el uso de claves taxonómicas disponibles en bibliografía especializada (Hawksworth y Wiends, 1972; Rodríguez, 1983; Rzedowski *et al.*, 2005; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006), este proceso se llevó a cabo en el laboratorio de secado de muestras del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (ICAR).

Los ejemplares fueron etiquetados con la información recabada en campo y la obtenida durante la determinación taxonómica: nombre científico, altitud, forma biológica, altura de la planta, color de las flores, tipo de vegetación, hospedero, fecha de recolecta,

recolector, número de recolecta y nombre de la persona que realizó la determinación taxonómica.



Figura 7. a) Recolecta de material vegetal de *Psittacanthus schiedeanus* y b) prensado de ejemplares botánicos (Fuente propia).

3.3. Evaluación de áreas afectadas por el género *Arceuthobium* spp.

Los sitios reportados con muérdago en el APFFNT se obtuvieron de la base de datos del estudio fitosanitario (Endara *et al.*, en prensa). Se eligieron 22 puntos de muestreo (16 corresponden al bosque de *Pinus* y seis al bosque de *Abies*), en cada uno se tomaron las coordenadas geográficas, altitud, densidad del bosque: denso (80 a 100% de cobertura de copa), semidenso (50 a 80 %) o fragmentado (20 a 50 %). Posteriormente, en cada punto se trazaron dos líneas: una con dirección norte-sur y otra con dirección este-oeste (cada una de 35.6 m de diámetro). La regeneración en el bosque (plántulas, brinzales y latizales),

así como los individuos juveniles fueron muestreados en el radio de cada cuadrante con 1 m de ancho en cada costado de línea (Figura 8).

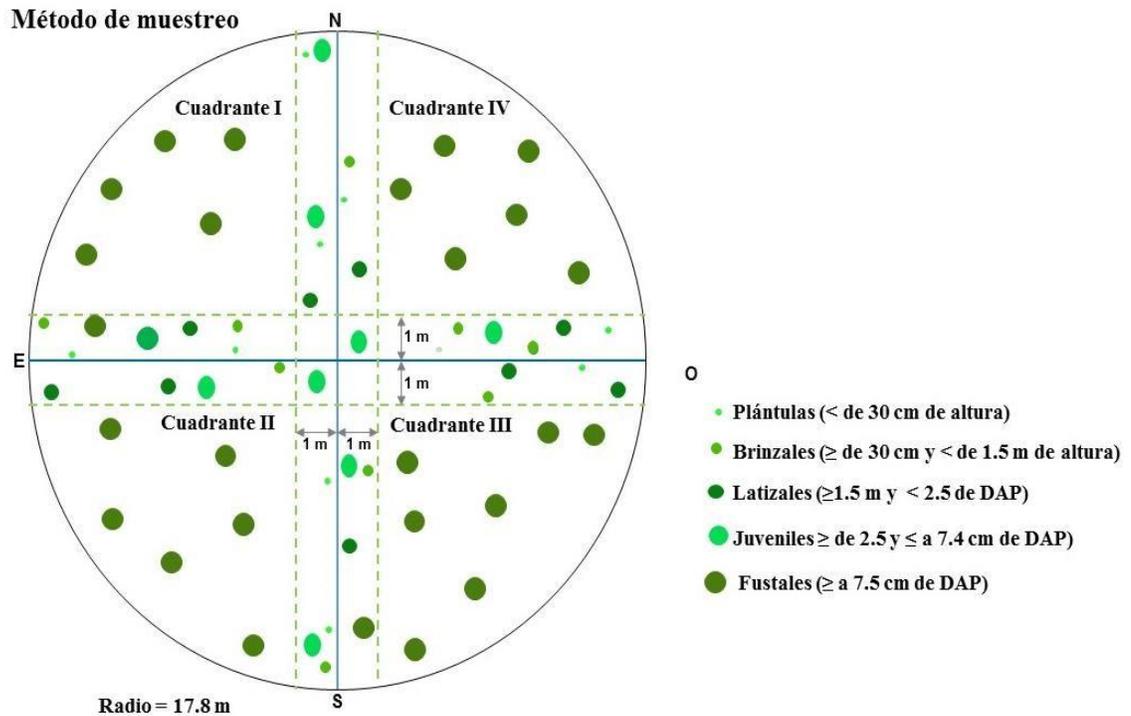


Figura 8. Método de muestreo para *Arceuthobium* spp., (Elaboración propia)

Las plántulas, brinzales y latizales se contabilizaron y se registró la presencia o ausencia de muérdago (Figura 9). A los elementos arbóreos presentes dentro del círculo de muestreo (con un área total de 995 m²) que registraron un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 7.5 cm (fustales), se les evaluó: DAP, altura del árbol (mediante el uso de un clinómetro para el primer árbol muestreado y los restantes por estimación), nivel de infestación propuesto por (Hawksworth, 1977). Para los individuos juveniles se tomaron los mismos datos evaluados en los árboles. Los elementos juveniles y arbóreos se agruparon de acuerdo con el DAP en categorías diamétricas (a intervalos de 5 cm). El

método empleado es una adaptación al muestreo sistemático y de transectos de Mostacedo y Fredericksen (2000).



Figura 9. Brinzal (a) y latizal (b) de *P. hartwegii* con presencia de muérdago enano (Fuente propia).

3.3 .1. Evaluación por tercio para árboles

El árbol se dividió en tres secciones o tercios (Figura 10), en forma ascendente (de la base del fuste del árbol hacia la cima de la copa), se calificó cada sección del árbol y se asignaron los valores de acuerdo con la información presentada en el Cuadro 1.

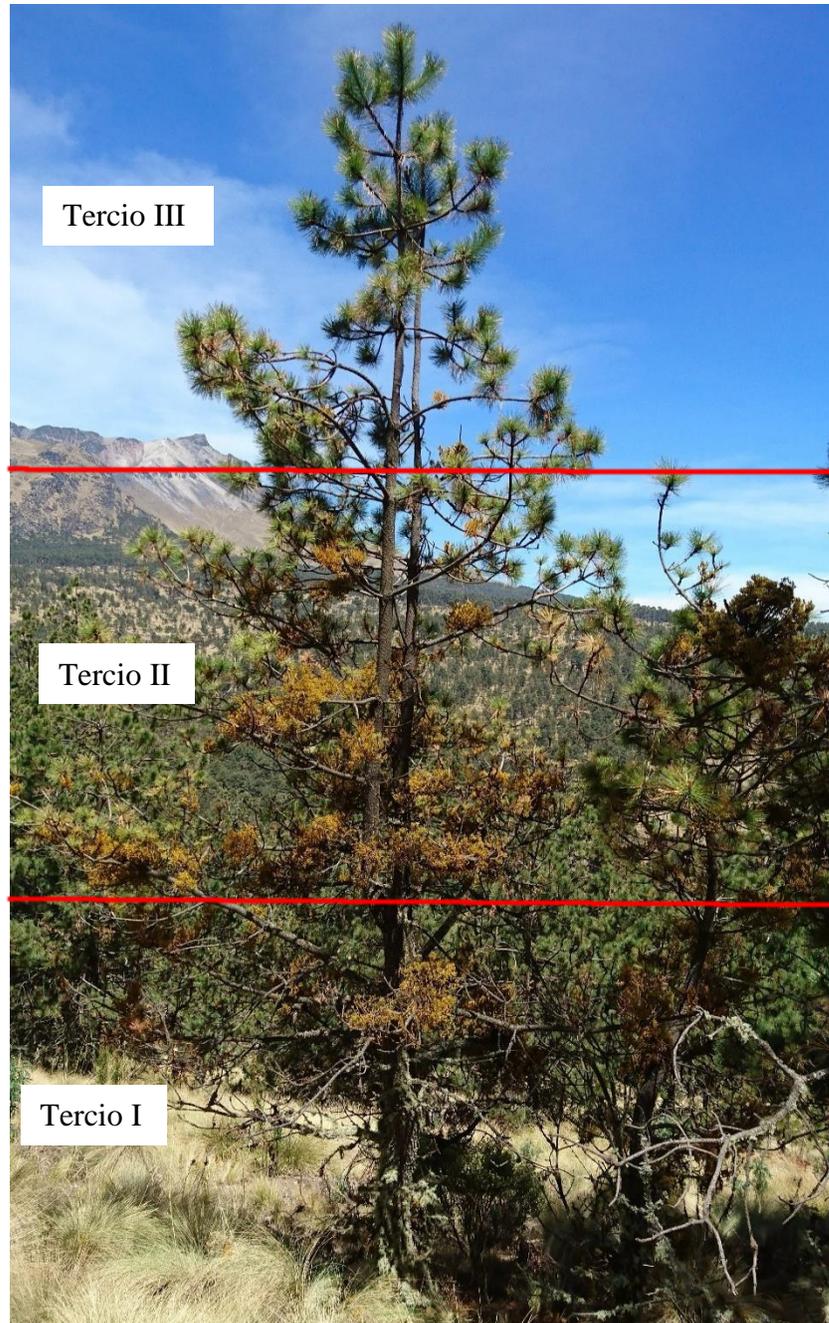
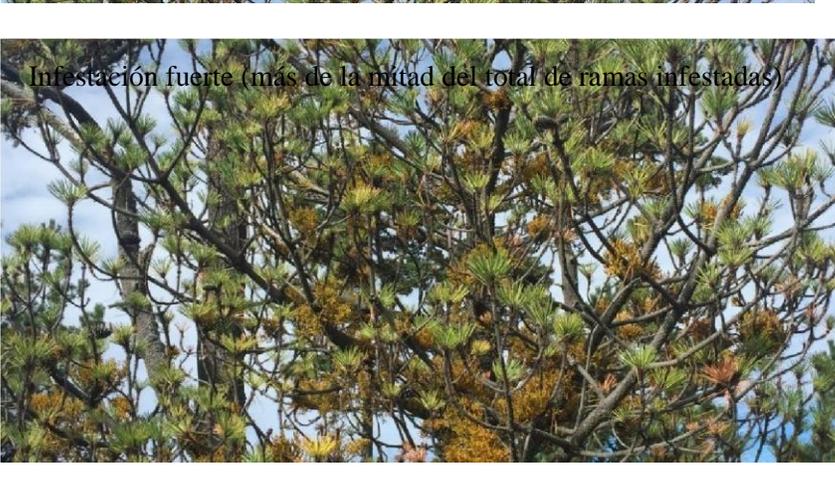


Figura 10. División del árbol en tercios (Elaboración propia).

Cuadro 1. Valores de infestación para cada sección del árbol (Elaboración propia).

Valor	Descripción
0	<p data-bbox="704 428 980 462">Ausencia de muerdago</p> 
1	<p data-bbox="704 953 1458 987">Infestación leve (la mitad o menos del total de ramas infestadas)</p> 
2	<p data-bbox="704 1415 1458 1449">Infestación fuerte (más de la mitad del total de ramas infestadas)</p> 

Posteriormente, se sumaron los valores de cada sección para obtener la calificación del árbol (Cuadro 2, Figura 11). En los casos donde existieron resultados con decimales (igual o mayor a 0.5), se ajustaron a la categoría siguiente superior.

Cuadro 2. Volumen de infestación en árbol.

Calificación	Nivel de infestación
0	Sano
1-2	Infestación leve
3-4	Infestación moderada
5-6	Infestación severa

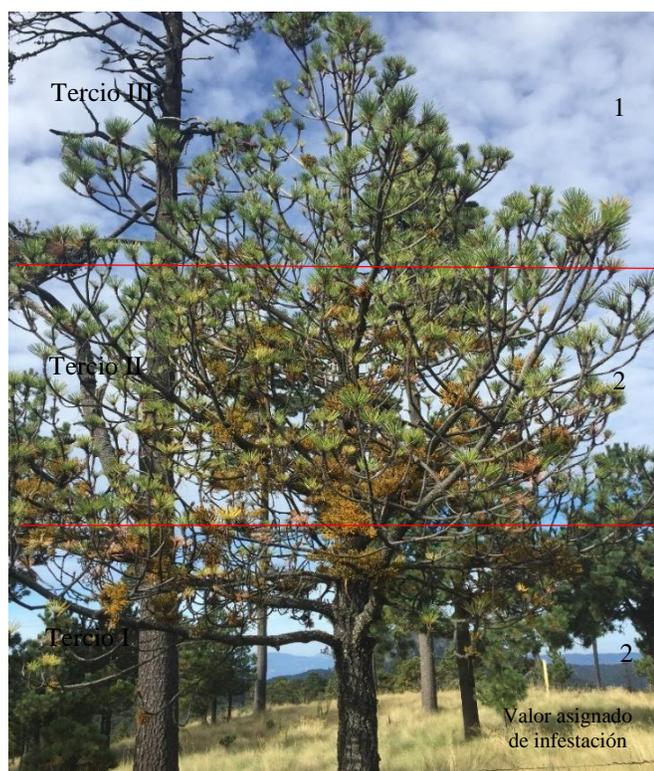


Figura 11. División del árbol (en tercios) con un nivel de infestación 5 (resultado de sumar los valores asignados para cada tercio), infestación severa (Elaboración propia).

IV. RESULTADOS

En el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca (APFFNT) las especies de muérdago pertenecen a las familias de Loranthaceae y Santalaceae (Cuadro 3 y Figuras 12-16). Santalaceae está representada por *Arceuthobium* y *Phoradendron*. En tanto que Loranthaceae está constituida por el género *Psittacanthus*.

Cuadro 3. Especies de la familia Santalaceae y Loranthaceae en el APFFNT.

Familia	Especie
Santalaceae	<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i> Heil <i>A. globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i> Hawksw. & Wiens <i>A. vaginatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J. Presl subsp. <i>vaginatum</i> <i>Phoradendron velutinum</i> (DC.) Oliv.
Loranthaceae	<i>Psittacanthus schiedeana</i> (Schltdl. & Cham.) G. Don



Figura 12. *Arceuthobium abietis-religiosae* (Fuente propia).



Figura 13. *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* (Fuente propia).



Figura 14. *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum* (Fuente propia).



Figura 15. *Phoradendron velutinum* (Fuente propia).



Figura 16. *Psittacanthus schiedeanus* (Fuente propia).

Los géneros de Santalaceae prosperan en bosque de *P. hartwegii*, *A. jorullensis* y *A. religiosa*. En tanto que la especie de Loranthaceae se presenta en bosque de *P. pseudostrabus* (Cuadro 4 y 5).

Cuadro 4. Especies de muérdago por tipo de bosque en el APFFNT.

Bosque/género	<i>Psittacanthus</i>	<i>Phoradendron</i>	<i>Arceuthobium</i>
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	X	X	✓
<i>Pinus pseudostrabus</i> Lindl.	✓	X	X
<i>Alnus jorullensis</i> Kunth	X	✓	X
<i>Abies religiosa</i> (Kunth) Schltl. & Cham.	X	X	✓

Cuadro 5. Especies de *Arceuthobium* spp., por tipo de bosque en el APFFNT.

Nombre científico/Bosque	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Abies religiosa</i>
<i>Arceuthobium globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i>	✓	X
<i>Arceuthobium vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i>	✓	X
<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i>	X	✓

Cuadro 6. Distribución de las especies de muérdago por estrato de árbol en el APFFNT.

Nombre científico	Fuste	Copa
<i>Psittacanthus schiedeana</i>	X	✓
<i>Phoradendron velutinum</i>	X	✓
<i>Arceuthobium globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i>	✓	✓
<i>Arceuthobium vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i>	✓	✓
<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i>	✓	✓

En el bosque de *P. hartwegii* del APFFNT, los elementos arbóreos presentan muérdago enano, el cual corresponde al género *Arceuthobium* spp. (Figuras 12-14). El muérdago enano que presenta tallos de color amarillo pertenece a la especie *Arceuthobium globosum*

subsp. *grandicaule* y el que tiene tallos de color negro es *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum*. Estas especies se encuentran en bosque semidenso y fragmentado de *P. hartwegii*.

En bosque semidenso de *P. hartwegii*, el 27 % de los árboles no registran muérdago. La mayoría de los elementos arbóreos (73 %) presentan muérdago enano. *A. globosum* subsp. *grandicaule* se localiza en el 88 % de los árboles, *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* se encuentra en el 5 % de los individuos y el 7 % restante alberga a ambas especies: *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*.

El género *Arceuthobium* spp., está presente en las diferentes categorías diamétricas registradas en el bosque semidenso de *P. hartwegii*. Sin embargo, muestra preferencia por los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) de 10 cm (Figura 17).

En el bosque semidenso de *P. hartwegii*, las categorías diamétricas de 5 y 60 cm (representan a los individuos arbóreos en etapa juvenil y adulta), registraron leve nivel de infestación. En tanto que las categorías de 10 a 30 cm y de 45 a 55 cm de DAP exhibieron moderada y severa infestación, respectivamente. En particular, el primer y segundo tercio de los árboles resultaron más afectados al tener un nivel de infestación de 1.39 y 1.35. *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* ocasionan moderado nivel de infestación (Cuadro 7).

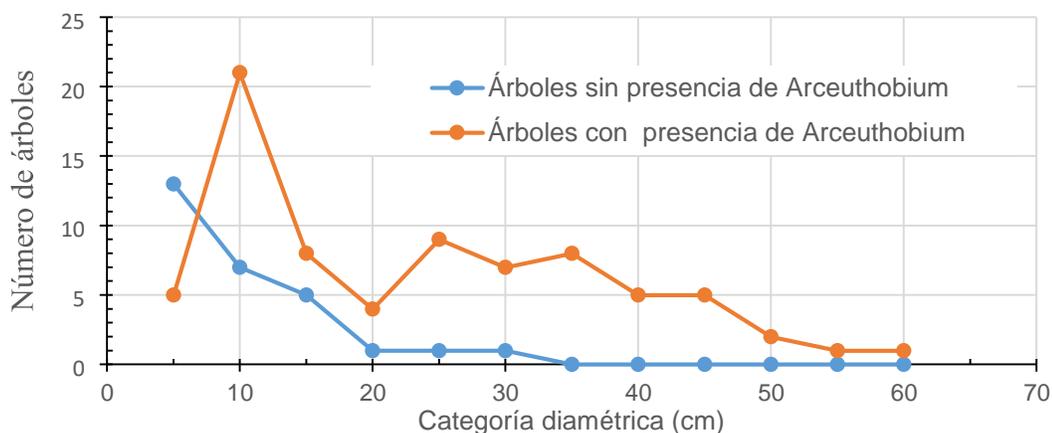


Figura 17. Distribución de *Arceuthobium* spp., en las categorías diamétricas del bosque semidenso de *P. hartwegii* en el APFFNT.

Cuadro 7. Árboles infestados por muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) de acuerdo con su categoría diamétrica en bosque semidenso de *P. hartwegii* en el APFFNT.

Categoría diamétrica	Categoría			Total	Total	Nivel de redondeado infestación
	Tercio I	Tercio II	Tercio III			
5	0.39	0.39	0.17	0.94	1	Leve
10	1.07	1.29	0.89	3.25	3	Moderado
15	0.85	1.08	1.00	2.92	3	Moderado
20	1.40	1.40	1.00	3.80	4	Moderado
25	1.20	1.50	1.30	4.00	4	Moderado
30	1.25	1.63	1.50	4.38	4	Moderado
35	1.50	1.75	1.25	4.50	5	Severo
40	2.00	1.40	1.00	4.40	4	Moderado
45	2.00	1.80	1.80	5.60	6	Severo
50	1.00	2.00	1.00	4.00	4	Severo
55	2.00	2.00	2.00	6.00	6	Severo
60	2.00	0.00	0.00	2.00	2	Leve
Total	1.39	1.35	1.08	3.82	4	Moderado

La regeneración en el bosque semidenso de *P. hartwegii* es continua ya que se presentan: plántulas, brinzales y latizales. En las plántulas no existe presencia de *Arceuthobium* spp., a diferencia de los brinzales y latizales donde el 7 % y 22 % de los individuos respectivamente manifiestan la presencia de muérdago (Figura 18).

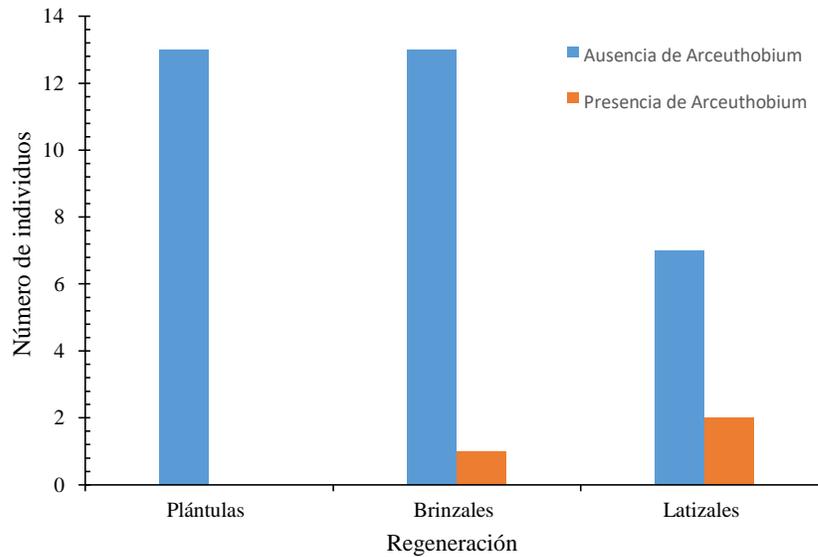


Figura 18. Regeneración en bosque semidenso de *P. hartwegii* en el APFFNT.

En el bosque fragmentado de *P. hartwegii* se tiene la presencia de muérdago en el 85 % de los elementos arbóreos, el 15 % restante no presentan muérdago. *A. globosum* subsp. *grandicaule* se registró en la mayor proporción de árboles 87 %, *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* se encontró en 11 % de los elementos arbóreos. Mientras que el 2 % de los árboles presentan *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*.

El género *Arceuthobium* spp., está presente en el bosque fragmentado de *P. hartwegii* mostrando preferencia por los individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) de 5 a 20 cm, concentrándose principalmente en la categoría con diámetro de 10 cm (Figura 19).

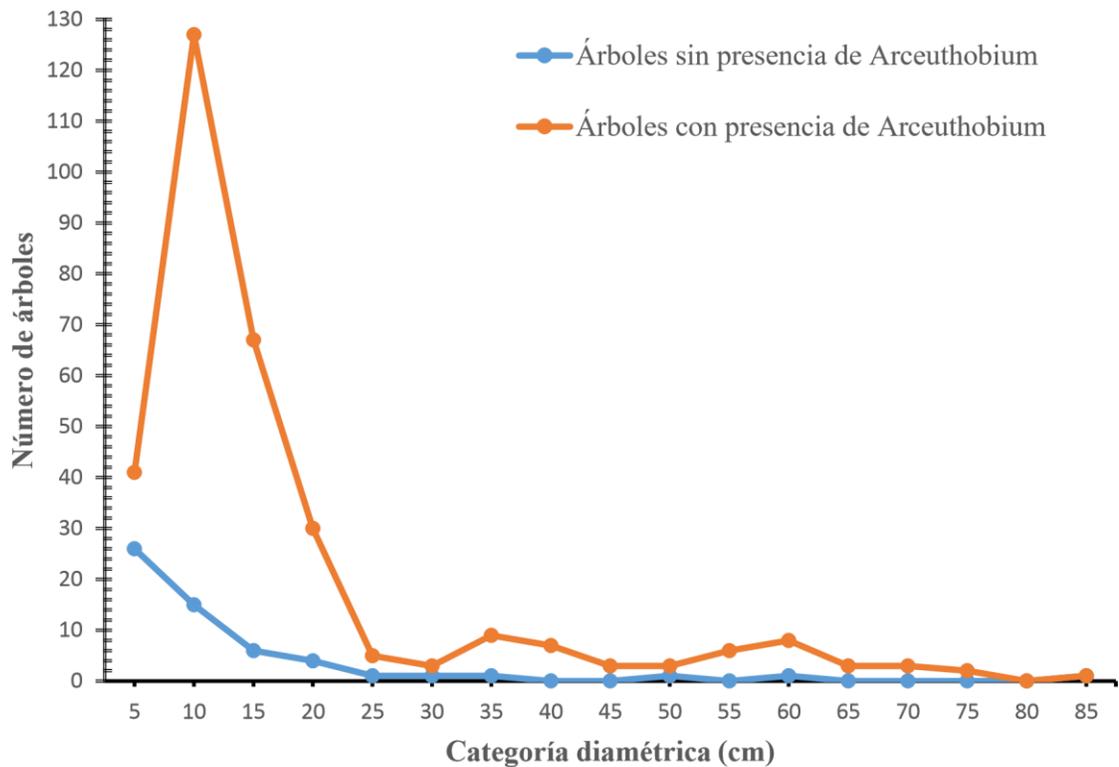


Figura 19. Distribución de *Arceuthobium* spp., en las categorías diamétricas en bosque fragmentado de *P. hartwegii* en el APFFNT.

En general, el bosque fragmentado de *P. hartwegii* es moderado el grado de infestación causado por *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*. Las categorías diamétricas de 5 y 85 cm son las únicas que presentan leve nivel de infestación. El resto de las categorías diamétricas tienen un nivel de infestación moderado y en menor proporción severo.

En los árboles del bosque fragmentado de *P. hartwegii*, resultó más afectado el segundo tercio al registrar un nivel de infestación de 1.49 y el menos afectado fue el primer tercio, con un nivel de infestación de 0.98 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Árboles infestados por muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) de acuerdo con la categoría diamétrica (cm) en el bosque fragmentado de *P. hartwegii* en el APFFNT.

Categoría diamétrica					Total	Nivel de infestación
	Tercio I	Tercio II	Tercio III	Total	redondeado	
5	0.54	0.54	0.31	1.36	1	Leve
10	1.20	1.46	1.10	3.76	4	Moderado
15	1.22	1.67	1.37	4.26	4	Moderado
20	1.38	1.65	1.35	4.38	4	Moderado
25	1.50	1.67	1.17	4.33	4	Moderado
30	0.50	0.75	1.25	2.50	3	Moderado
35	1.10	1.50	1.40	4.00	4	Moderado
40	0.71	1.57	1.86	4.14	4	Moderado
45	1.33	2.00	2.00	5.33	5	Severo
50	0.50	1.50	1.50	3.50	4	Moderado
55	2.00	2.00	2.00	6.00	6	Severo
60	0.67	1.56	1.67	3.89	4	Moderado
65	1.00	1.00	1.67	3.67	4	Moderado
70	1.00	2.00	1.67	4.67	5	Severo
75	1.00	2.00	2.00	5.00	5	Severo
85	0.00	1.00	1.00	2.00	2	Leve
Total	0.98	1.49	1.46	3.92	4	Moderado

El muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) está ausente en las plántulas del bosque fragmentado de *P. hartwegii*. Mientras que el 9 % de los brinzales y 17 % de los latizales presentaron ambas especies: *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*. (Figura 20).

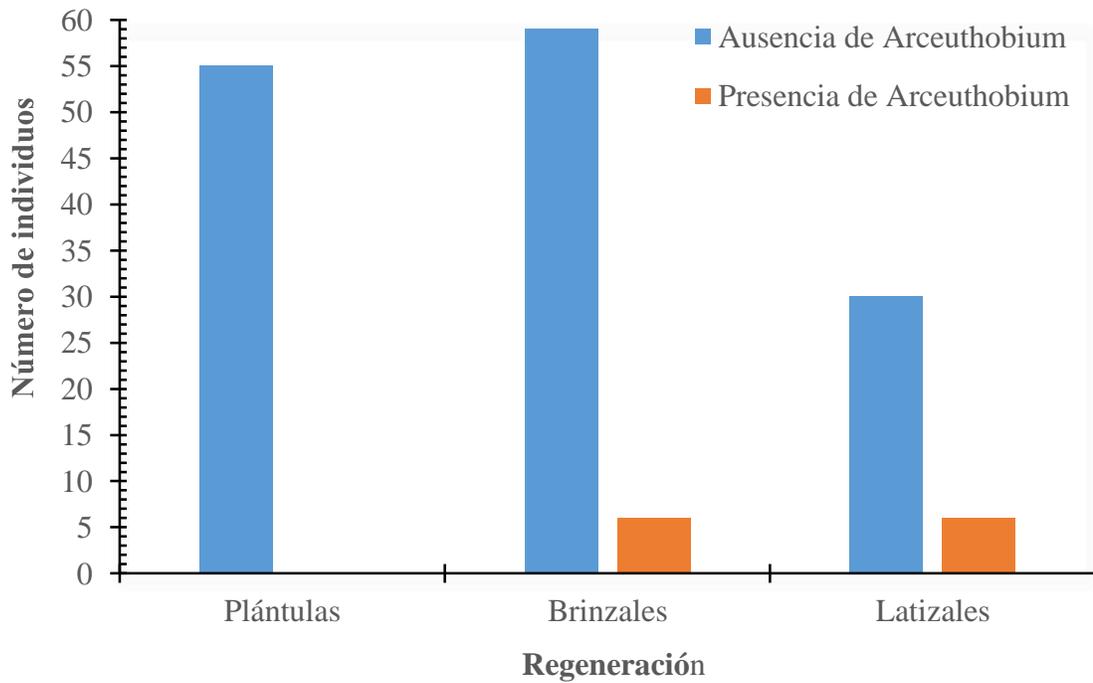


Figura 20. Regeneración en bosque fragmentado de *P. hartwegii* en el APFFNT.

En el bosque denso, semidenso y fragmentado de *A. religiosa* se registró la presencia de muérdago enano, el cual corresponde a *A. abietis-religiosae*. Esta especie se encontró en el 19 % de los elementos arbóreos del bosque fragmentado, en 15 % de los individuos del bosque semidenso y en 25 % de los árboles del bosque denso.

En el bosque fragmentado la mayoría de los arboles (81%) no presentan *A. abietisreligiosae*, en el bosque semidenso y en el bosque denso también predominan los árboles que están libres de la presencia de muérdago enano (Figura 21).

En el bosque fragmentado de *A. religiosa* el 55 % de los árboles que presentan *A. abietisreligiosae* tienen un diámetro a la altura del pecho (DAP) entre 10 y 15 cm. La distribución de *A. abietis-religiosae* tiene ligera preferencia por individuos jóvenes, no

dejando de lado los individuos adultos con categoría diamétrica de 35 y 55 cm (Figura 22).

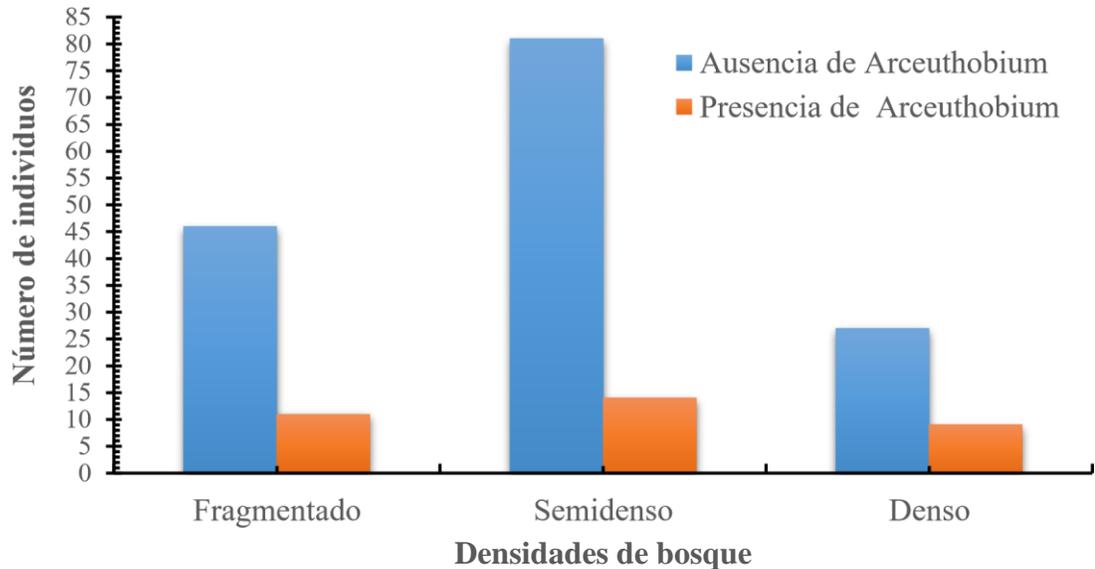


Figura 21. Ausencia o presencia de *Arceuthobium* spp., en árboles del bosque de *A. religiosa* del APFFNT, bajo tres densidades (fragmentado, semidenso y denso).

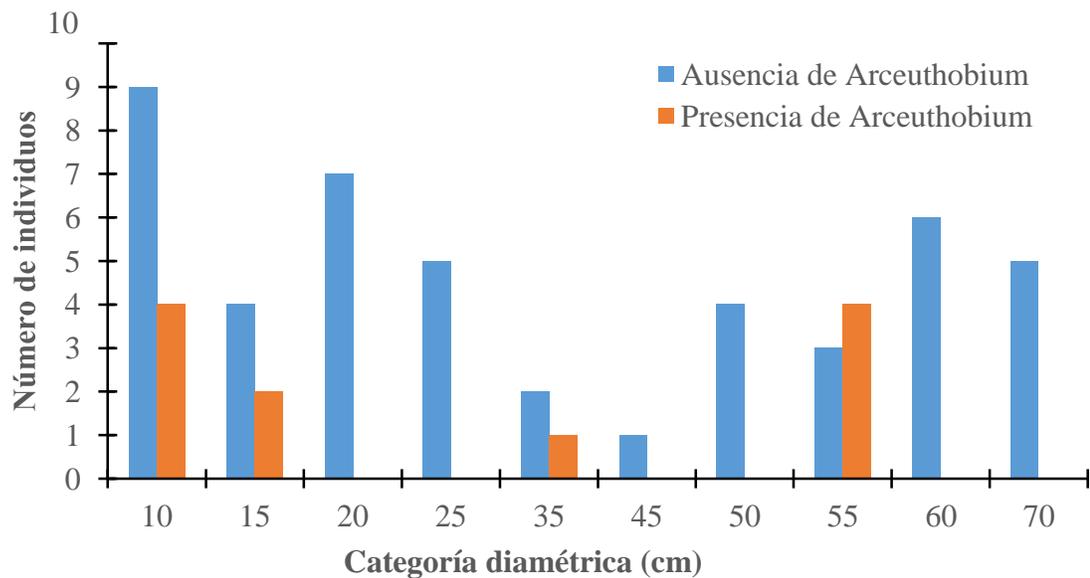


Figura 22. Categoría diamétrica (cm) de árboles con presencia o ausencia de *A. abietis-religiosae* en bosque fragmentado de *A. religiosa* en el APFFNT.

En el bosque fragmentado de *A. religiosa*, la especie *A. abietis-religiosae* está ausente en algunas categorías diamétricas, principalmente en las de menor diámetro (de 10 a 35 cm de DAP). Lo cual sugiere que no sigue un patrón de distribución. Es leve el nivel de infestación ocasionado por *A. abietis-religiosae* en esta densidad de bosque, donde el segundo tercio de los árboles es el que presenta mayor nivel de infestación (0.26) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Árboles infestados por muérdago enano (*A. abietis-religiosae*) de acuerdo con la categoría diamétrica (cm) en el bosque fragmentado de *A. religiosa* en el APFFNT.

Categoría diamétrica	Tercio I	Tercio II	Tercio III	Total	Total redondeado	Nivel de infestación
10	0.38	0.54	0.08	1.00	1	Leve
15	0.00	0.50	0.50	1.00	1	Leve
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
35	0.67	0.67	0.00	1.33	1	Leve
45	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
50	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
55	1.00	0.86	0.14	2.00	2	Leve
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
Total	0.21	0.26	0.07	0.53	1	Leve

En el bosque semidenso de *A. religiosa* está presente *A. abietis-religiosae*, el cual mostró preferencia por elementos arbóreos con diámetro a la altura de pecho (DAP) de 40 a 65 cm. Los individuos arbóreos que no presentan muérdago se ubican en las categorías de

menor diámetro (10 a 35 cm de DAP) y en las de mayor diámetro (80 a 85 cm) (Figura 23).

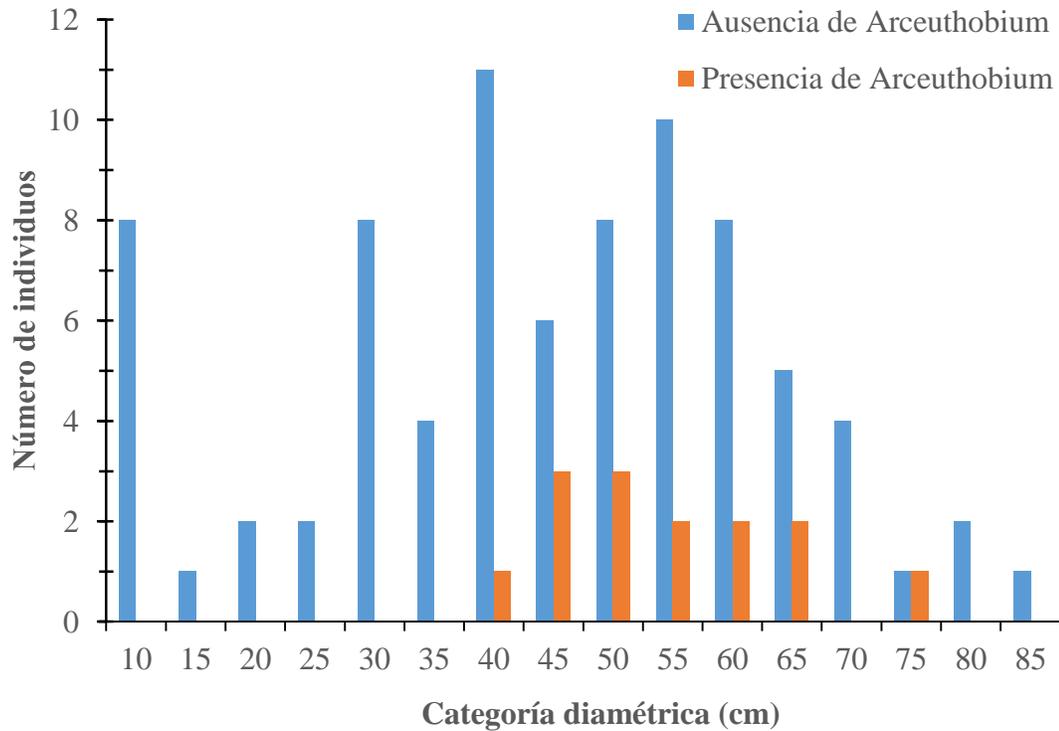


Figura 23. Categoría diamétrica (cm) de árboles con presencia o ausencia de *Arceuthobium* spp., en bosque semidenso de *A. religiosa* en el APFFNT.

En bosque semidenso de *A. religiosa* es leve el nivel de infestación ocasionado por *A. abietis-religiosae*. El mayor nivel de infestación (0.23) se presentó en el primer tercio de los árboles y el último tercio es el menos afectado, debido a que únicamente se presentó en la categoría diamétrica de 40 cm (Cuadro 10). Lo cual está relacionado a que esta especie tiende a infestar al árbol en forma ascendente.

Cuadro 10. Árboles infestados por muérdago enano (*A. abietis-religiosae*) de acuerdo con la categoría diamétrica (cm) en el bosque semidenso de *A. religiosa* en el APFFNT.

Categoría diamétrica	Tercio I	Tercio II	Tercio III	Total	Total redondeado	Nivel de infestación
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
25	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
40	0.17	0.17	0.08	0.42	1	Leve
45	0.67	0.44	0.00	1.11	1	Leve
50	0.55	0.18	0.00	0.73	1	Leve
55	0.33	0.33	0.00	0.67	1	Leve
60	0.40	0.20	0.00	0.60	1	Leve
65	0.57	0.00	0.00	0.57	1	Leve
70	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
75	1.00	0.50	0.00	1.50	2	Leve
80	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
Total	0.23	0.11	0.01	0.35	1	Leve

A. abietis-religiosae está presente en el bosque denso de *A. religiosa*. Sin embargo, no es uniforme la presencia de la especie en las categorías diamétricas, específicamente se registró en los elementos arbóreos con DAP de 15, 25, 30, 45 y 60 cm. Los individuos que muestran ausencia de muérdago se ubican en las categorías diamétricas con menor (árboles jóvenes), medio (maduros) y superior (adultos) DAP (Figura 24).

En el bosque denso de *Abies*, el primer y segundo tercio de los elementos arbóreos resultaron más afectados al tener un nivel de infestación de 0.38 y 0.35 respectivamente. El último tercio no tiene presencia de muérdago. En esta densidad de bosque es leve el nivel de infestación causado por *A. abietis-religiosae* (Cuadro 11).

Cuadro 11. Árboles infestados por muérdago enano (*A. abietis-religiosae*) de acuerdo con la categoría diamétrica (cm) en el bosque denso de *A. religiosa* en el APFFNT.

Categoría diamétrica					Total	Nivel de
	Tercio I	Tercio II	Tercio III	Total	redondeado	infestación
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
15	2.00	2.00	0.00	1.33	1	Leve
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
25	0.50	0.50	0.00	1.00	1	Leve
30	0.00	0.50	0.00	0.50	1	Leve
35	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
40	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
45	0.67	0.00	0.00	0.67	1	Leve
50	0.50	0.50	0.00	1.00	1	Leve
55	0.50	0.00	0.00	0.50	1	Leve
60	0.75	0.00	0.00	0.75	1	Leve
65	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
70	0.33	0.00	0.00	0.33	1	Leve
85	0.00	0.00	0.00	0.00	0	Nulo
Total	0.38	0.25	0.00	0.43	1	Leve

El bosque de *A. religiosa* presenta plántulas para las tres densidades de bosque: fragmentado, semidenso y denso. El bosque fragmentado únicamente registró brinzales, por lo que los latizales están ausentes. En el bosque semidenso y denso existe ausencia de brinzales y latizales. Las plántulas de las tres densidades de bosque así como los brinzales del bosque fragmentado no mostraron presencia de *A. abietis-religiosae* (Figura 25).

En el bosque de *Abies* (fragmentado, semidenso y denso) del APFFNT existe extracción de elementos arbóreos (Figura 25). Particularmente, el bosque semidenso registró mayor porcentaje de tocones (27 %), seguido por el bosque semidenso (16 %) y el bosque fragmentado es el que presentó menor proporción de tocones. Sin embargo, este último es resultado de la tala de árboles maduros, por lo que permanecen en mayor cantidad individuos jóvenes y adultos (Figura 26)

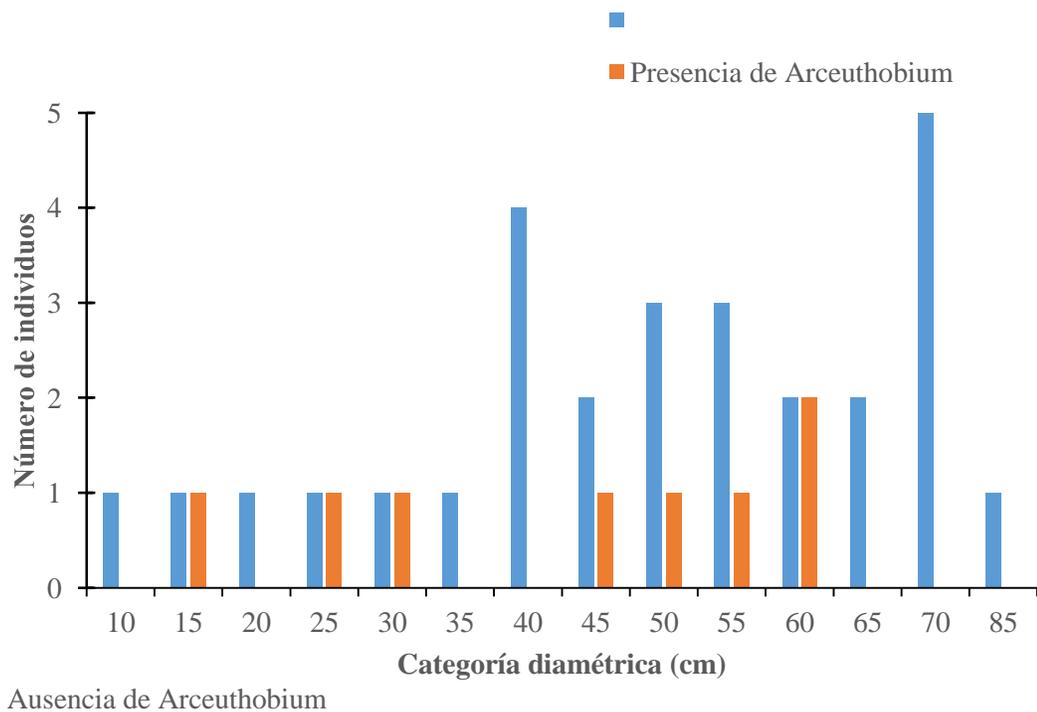


Figura 24. Categoría diamétrica (cm) de árboles con presencia o ausencia de *Arceuthobium* spp., en bosque denso de *A. religiosa* en el APFFNT.

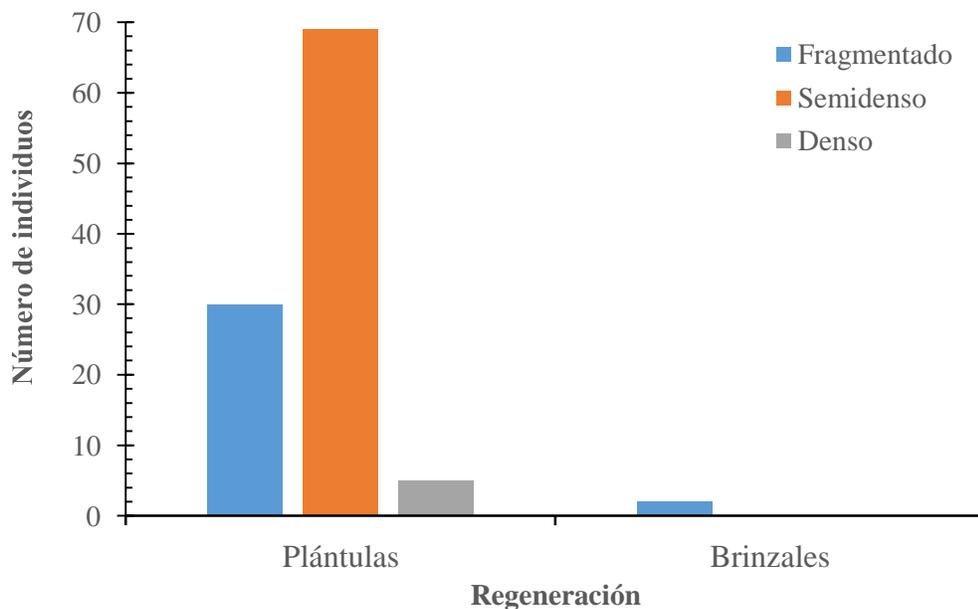


Figura 25. Regeneración en el bosque fragmentado, semidenso y denso de *A. religiosa* en el APFFNT.

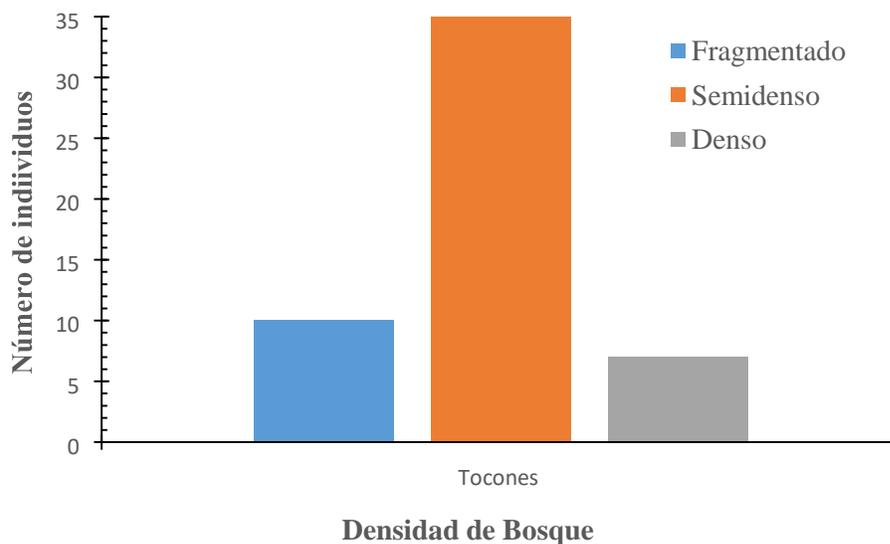


Figura 26. Tocones en tres densidades de bosque de *A. religiosa* en el APFFNT.

V. DISCUSIÓN

Endara *et al.*, en prensa; Díaz-Roldán, 2013; Hasksworth y Wiens, 1972 reportan en el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca dos familias botánicas de plantas parásitas: Santalaceae y Loranthaceae. Las especies de la familia Santalaceae parásitas de *P. hartwegii* y *A. religiosa* son: *A. abietis-religiosae*, *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*. *Phoradendron velutinum* es una especie parásita de *A. jorullensis*.

Díaz-Roldán (2013) menciona a *Psittacanthus schiedeanus* como la especie de la familia Loranthaceae parásita de *Pinus* spp., lo cual concuerda con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde *P. schiedeanus* es una planta parásita de *P. pseudostrabus*.

La mayor incidencia de muérdago se presentó en el bosque fragmentado de *P. hartwegii* (85 %) debido a que la masa arbórea es reducida y en menor porcentaje (73 %) en el bosque semidenso de *P. hartwegii*, lo cual concuerda con lo dicho por Queijeiro-Bolaños y Cano-Santana (2015) quienes señalan que los muérdagos responden a las presiones ambientales, la disminución en la densidad del hospedero puede favorecer la infestación de árboles remanentes ya que los muérdagos reciben una mayor incidencia de luz, la cual es necesaria para la producción de estructuras vegetativas y reproductivas, experimentan menos competencia por recursos al tener una menor cantidad de árboles vecinos, derivando por lo tanto, una mayor cantidad de recursos hacia los muérdagos, además que se aumenta la probabilidad de infestación en los árboles.

Por otro lado la extracción selectiva del recurso forestal es un factor determinante para que el patógeno se extienda, ya que implica la extracción de los individuos con mejores características (diámetros y alturas considerables, fustes de buena conformación), dejando un bosque residual, con individuos altamente vulnerables (Cedillo-Alonso, 2012; Endara-Agramont *et al.*, en prensa).

Hasksworth y Wiens (1972) mencionan que *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* se presentan con frecuencia en una misma área, a veces en el mismo árbol, debido a que las condiciones climáticas suelen ser similares. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos en la investigación, en donde se registró la presencia de *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* y la asociación de *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* (en un mismo hospedero) en el bosque semidenso y fragmentado de *P. hartwegii*.

Las categorías diamétricas registradas en el bosque semidenso y fragmentado de *P. hartwegii* manifestaron *Arceuthobium* spp. con mayor presencia en los individuos con un diámetro a la altura del pecho de 10 cm lo cual coincide con Rodríguez (1983) quien menciona que la susceptibilidad es mayor en los tejidos jóvenes que en los viejos, casi siempre los pinos son susceptibles cuando tienen de cuatro a seis años de edad.

El nivel de infestación uno (leve) para el bosque fragmentado y semidenso de *P. hartwegii* se localizó en la categoría diamétrica inferior y superior para cada densidad de bosque, lo cual concuerda con lo dicho por Hernández-Sánchez (2012) quien indica que la probabilidad de ocurrencia del nivel de infestación uno está relacionada negativamente

con la altura de los árboles. Por otro lado Hernández-Benítez *et al.*, 2005, menciona que los pinos menores de dos metros de altura presentan un nivel de infestación bajo debido a que presentan una cobertura reducida que disminuye la probabilidad de interceptar semillas, los árboles más jóvenes tienen un menor tiempo de exposición a la lluvia de semillas de muérdago.

En el bosque semidenso de *P. hartwegii* el primer tercio es el que resulto más afectado mostrando una infestación sucesiva a los tercios superiores, lo cual coincide con lo reportado con Vázquez-Collazo *et al.* (2006) quienes mencionan que la infestación es de manera ascendente. En el bosque fragmentado de *P. hartwegii* no concuerda debido a que el segundo tercio es el mas afectado debido a que los elementos arbóreos que incluye este bosque es adulto.

Los brinzales y latizales del bosque de *P. hartwegii* (fragmentado y semidenso) manifiestan la presencia de *Arceuthobium* spp., esto coincide con lo indicado por Vázquez-Collazo *et al.* (2006) quienes mencionan que los brinzales y arbolado joven pueden ser afectados seriamente.

En las tres densidades de bosque de *A. religiosa* (fragmentado, semidenso y denso) se registró la presencia de *A. abietis-religiosae*, presentando la mayor incidencia en el bosque denso, lo cual coincide con Endara *et al.* (en prensa) quienes mencionan que la planta parásita afecta con mayor intensidad al bosque de oyamel denso, debido a que el arbolado se encuentra más compacto y existe mayor probabilidad de infestación.

A. abietis-religiosae no sigue un patrón de distribución en las tres densidades de bosque de *A. religiosa* (semidenso, denso y fragmentado), lo cual coincide con Rodríguez (1983) quien indica que la susceptibilidad del hospedero es mayor en tejidos jóvenes que en viejos, en oyameles (*Abies* spp.) hasta los 20 años. En los árboles del bosque semidenso y denso de *A. religiosa* el nivel de infestación es en forma ascendente, esto concuerda con lo reportado por Vázquez-Collazo *et al.* (2006).

La regeneración del bosque de *A. religiosa* no es continua, en el bosque fragmentado, semidenso y denso se presentan plántulas, los brinzales solo están presentes en el bosque fragmentado. No se muestra presencia de latizales en el bosque de *A. religiosa*, esto podría estar asociado por la extracción de elementos arbóreos debido al momento del corte y posterior caída de los árboles dañan las diferentes etapas de regeneración, coincidiendo con lo indicado por Nava-Bernal *et al.* (2012) quienes mencionan que los volúmenes de leña que se extraen del bosque de oyamel (*A. religiosa*), reduce las densidades de población tanto del estrato arbóreo como la regeneración.

VI. CONCLUSIONES

Las plantas parásitas presentes en el Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca (APFFNT) pertenecen a dos clases de muérdago: enano y verdadero. El muérdago enano incluye: muérdago amarillo (*A. globosum* subsp. *grandicaule*), negro (*A. vaginatum* subsp. *vaginatum*) y rojo (*A. abietis-religiosae*). Mientras que el muérdago verdadero está representado por las especies: *Phoradendron velutinum* y *Psittacanthus schiedeanus*. El bosque fragmentado es más susceptible a la presencia de muérdago que el bosque semidenso de *P. hartwegii*. En ambos tipos de bosque predomina el muérdago amarillo sobre el negro y presentan moderado nivel de infestación. El bosque de *A. religiosa* registra muérdago rojo, con leve nivel de infestación. En el APFFNT, la regeneración no es constante debido a que carece de latizales, los cuales resultan afectados por la extracción de elementos arbóreos.

VII. LITERATURA CITADA

Agrios, N. G. 2013. Fitopatología. Limusa. México. 838 p.

- Arriaga, L. y Gómez, L. 2004. Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México. In: Martínez J. y A. FernándezBremauntz (comps.). Cambio Climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT. México, D. F. 255-265 p.
- Cedillo-Alonso, M. 2012. Distribución espacial y análisis de la presencia de plagas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Tesis de Licenciatura (Geografía). Universidad Autónoma del Estado de México. 122 p.
- Cibrián, T.D., Alvarado, R.D. y García, D.S.E. 2007. Enfermedades forestales en México. Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF). 2014. Áreas Naturales Protegidas. Disponible en: http://cepanaf.edomex.gob.mx/ubicacion_areas_naturales_protegidas. Consultado el 30 de noviembre de 2016.
- Cházaro-Basañes, M., Huerta-Martínez, M., Patiño-Beltrán, R., Sánchez-Formué, R., Lomelí-Mijes, E. y Flores-Marcías, A. 1992. Los muérdagos (Loranthaceae) de Jalisco, parásitos poco conocidos. Ciencia y Desarrollo 17 (102): 70-86 p.
- Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2013a. Borrador del programa de manejo Área de Protección de Flora y Fauna “Nevado De Toluca”. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/anp/consulta/BORRADOR%20PM%20NEVADO%20DE%20TOLUCA-311013.pdf>. Consultado el 08 de julio de 2016.
- Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2013b. Estudio Previo Justificativo para la Modificación de la Declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca, ubicada en el Estado de México, México. 123 p.

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2007. Manual de sanidad vegetal. Primera edición. México. 75 p.
- De la I-De Bauer, M. de. L. 1984. Introducción a la fitopatología. Limusa. México. 295 p.
- Díaz-Roldán, A.V. 2013. Diagnósis de la vegetación y flora del Parque Nacional Nevado de Toluca (Estado de México, México) y propuesta para su gestoría. Tesis de Licenciatura (Biología). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. 71 p.
- Endara-Agramont, A. R., Mora-Santacruz, A. y Valdéz-Hernández, J.I. 2012. Bosques y árboles del tropico mexicano: estructura, crecimiento y usos. Guadalajara, Jalisco. Prometeo editores. 107 p.
- Endara-Agramont, A. R., Cedillo-Alonso, M y Nava-Bernal, G. En prensa. Actualización del mapa de plagas y enfermedades forestales del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México. 88 p.
- Franco-Maass. S., Endara-Agramont, A.R., Regil-Garcia, H.H., y Nava-Dotor, A. 2010. Estudio fitosanitario forestal del parque nacional nevado de Toluca. México: Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Gómez-Sánchez, M., Sánchez-Fuentes, L. J. y Salazar-Olivo, L. A. 2011. Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus* endémicos del nuevo mundo. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 1203-1218.
- Hawksworth, F.G y Wiends, D. 1972. Biology and classification of dwarf mistletoe

- (*Arceuthobium*). USDA. Forest Service Department of Agriculture. Washington. 233 p.
- Hawksworth, F. 1977. The 6 class dwarf mistletoe rating system. USDA. FS. RM-48. 6 p.
- Hernández-Benítez, R., Cano-Santana, Z y Castellanos-Vargas, I. 2005. Incidencia de infestación de *Arceuthobium globosum grandicaule* (Hawksw. & Wiens) en *Pinus hartwegii* Lindl. Revista Ciencias Forestales en México. Enero-junio. 79-86 p.
- Hernández-Sánchez, A. P. 2012. Distribución y nivel de infestación de *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum* y *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* en el bosque de *Pinus hartwegii* en la cuenca del río Magdalena, México, D.F. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. 57 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. XII Censo General de Población y Vivienda. México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Luna-López, M. 2012. Identificación y determinación de incidencia y severidad de los muerdagos *Phoradendron* spp. sobre Nogal pecanero (*Carya illinoensis*) de huertos establecidos en la UAAAN. Tesis de Licenciatura (Ingeniero Agrónomo en Parasitología). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 38 p.
- Martínez-Gordillo, M. 2014. Atlas de familias de angiospermas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. 274 p.
- Mathiasen, R. L., Nickrent, D. L., Shaw, D. C. y Watson, D. M. 2008. Mistletoes: pathology, systematics, ecology, and management. *Publications*, 1.

- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. S. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Nava-Bernal, G., Ordóñez-Díaz, J. A., Endara-Agramont, A. R., Espinoza-Maya, A., Franco-Maass, S., Mallén-Rivera, C. 2012. Extracción de madera en el Parque Nacional Nevado de Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Mayo-Junio: 81-90.
- Nickrent, D. L. y Musselman, J. L. 2004. Introduction to parasitic flowering plants. En Cházaro-Basañes, M. 2006. Las plantas parásitas de México; Florística y Fitogeografía. Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. 210 p.
- Queijeiro-Bolaños, M. E y 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* Enero-junio: 6-14.
- Rzedowski y colaboradores. 2005. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., 1a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Rodríguez, A. 1983. Muérdago enano sobre *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga* de México. *Revista Ciencias Forestales* 45(8): 7-45.
- Romero-Tovar, A. 2006. Influencia del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en densidad básica, ancho de anillos, porcentaje de madera temprana y madera tardía en dos especies de pino Singuilucan, Hidalgo. Tesis de Licenciatura (Ingeniero en Manejo de Recursos Forestales). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 58 p.

- Valdivia, S. J. 1964. El muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en los bosques de la zona noreste de Michoacán. Boletín No. 15. Serie Técnica.
- Vargas, M. F. 1997. Parque Nacional de México. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP. México.
- Vázquez-Collazo, I. 1993. Contribución al conocimiento del muérdago verdadero (*Psittacanthus* spp.) en México. Boletín Técnico. No. 11. CIPAC. INIFAP. SARH. Uruapan, Michoacán. México. 41 p.
- Vázquez-Collazo, I. y W-Geils, B. 2002. Loranthaceae and Viscaceae in North America. Mistletoes of North American conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. USA. pp 1-8.
- Vázquez-Collazo, I., Villa-Rodríguez, A. y Madrigal-Huendo, S. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Uruapan, Michoacán. 93 p.