

Caracterización de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cara sur del Pico de Orizaba



Rebeca Varo-Rodríguez*

Víctor Ávila-Akerberg

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

Jaqueline Gheno-Heredia

Resumen

En el estado de Veracruz existen bosques templados, como en el Parque Nacional Pico de Orizaba (PNPO). En la cabecera de esta montaña se desarrolla la especie *Pinus hartwegii*, brindando importantes servicios ambientales, pero a pesar de hallarse dentro de una área natural protegida, esta zona boscosa ha sufrido degradación humana y natural por una planta hemiparásita que afecta a los pinos. Se evaluó el nivel de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*), así como la relación entre los factores ambientales que más se vincularon con la presencia de tal especie. Se caracterizó la estructura y composición florística del bosque de *Pinus hartwegii* en la cara sur del PNPO. El muestreo fue estratificado aleatorio con 30 unidades de muestra de 0.1 ha cada una, en las que se evaluó el nivel de infestación con el sistema de seis clases de Hawksworth. En todo el predio se obtuvo un grado de infestación de 0.35, es decir, bajo. En la caracterización de la estructura se contabilizaron 664 individuos arbóreos, 64 individuos entre tocones y muertos, así como 1 375 jóvenes. Se registraron 70 especies (plantas vasculares, helechos, musgos y líquenes), siendo más representativas y abundantes las familias Poaceae, Asteraceae y Pinaceae. Un análisis multivariado permitió visualizar una relación inversa entre altitud y pendiente e infestación por muérdago: a menor altitud y pendiente, mayor infestación. Ya que en el área el muérdago no tuvo un nivel de infestación severo, solo se recomienda podar a los individuos más afectados y continuar con el monitoreo preventivo.

PALABRAS CLAVE

Hemiparásita, coníferas, pino de altura, montaña, patógeno.

Recibido: 14/09/2015 · Aceptado: 09/11/2015

*Correo electrónico: vicaviak@gmail.com

Teoría y Praxis 19
(2016: 11-31)





Characterization of infestation by dwarf mistletoe (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) in the *Pinus hartwegii* forest on the southern slope of the Pico de Orizaba

Rebeca Varo-Rodríguez*

Víctor Ávila-Akerberg

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales

Universidad Autónoma del Estado de México

Jaqueline Gheno-Heredia

Abstract

In the state of Veracruz there are temperate forest like the Pico de Orizaba National Park (PNPO) where the species *Pinus hartwegii* exists. Even though this forest is located within a protected natural area, it has suffered man caused degradation as well as natural degradation caused by a hemiparasitic plant that affects pine trees. The infection level by dwarf mistletoe (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) and the most significant environmental relationships related to the presence of this species were evaluated. The structure and floristic composition of the *Pinus hartwegii* forest on the southern flak of the PNPO was characterized. Stratified random sampling was used with 30 sample units of 0.1 ha each where the infection level was evaluated using the Hawksworth's six-class rating system. Throughout the area the infection level was 0.35, which is considered low. In the structure characterization 664 trees, 64 stumps or dead individuals and 1375 saplings were counted. 70 species were registered (vascular plants, ferns, mosses y lichens), with the Poaceae, Asteraceae y Pinaceae families being the most representative and abundant. A multivariate analysis allowed the visualization of an inverse relation between altitude and slope and mistletoe infection, the lower the altitude and slope the higher the infection. Since mistletoe infestation did not present a severe level in the area, pruning of the most affected samples as well as preventive monitoring are only recommended.

KEY WORDS

Hemiparasite, coniferous, high altitude pine, mountain, pathogen.

*E-mail: vicaviak@gmail.com

Introducción

En el estado de Veracruz se encuentra uno de los sistemas volcánicos de mayor elevación (5 636 msnm): Citlaltépetl o Pico de Orizaba, cuya parte más alta está ocupada por el Parque Nacional Pico de Orizaba (PNPO), donde se distribuyen bosques de encino, encino-pino, pino y oyamel. En la parte alta del bosque se desarrolla la especie *Pinus hartwegii* L., caracterizada por marcar el límite de la vegetación arbórea, adaptándose a climas extremos, además de brindar servicios ambientales dentro y en los alrededores del PNPO (Conanp, 2012: 17). A pesar de ser un área natural, los bosques sufren degradación y deforestación por diferentes factores, antropogénicos y naturales, como la plaga del muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*), una hemiparásita que toma el agua y los nutrientes de otro organismo conocido como hospedero para realizar su ciclo de vida, debilitándolo hasta llegar a ocasionarle la muerte (Hawksworth y Wiens, 1996: 216).

Se ha documentado la existencia del muérdago enano en los bosques de *P. hartwegii* en el lado norte del PNPO, dentro del paraje de Nueva Vaquería (Martínez, 2014: 18). Sin embargo, se desconoce su presencia y nivel de infestación en la cara sur del parque. El objetivo de este trabajo fue evaluar el nivel de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en el bosque de *Pinus hartwegii*, además de relacionar los niveles de infestación con factores de disturbio y fragmentación en el bosque y, finalmente, caracterizar la estructura y composición del bosque de la cara sur del Pico de Orizaba, con el propósito de que la información generada sea útil para el manejo, monitoreo y prevención de la degradación del bosque por esta plaga.

Antecedentes

Las plantas hemiparásitas, también llamadas “muérdagos” –que proviene del latín *mordicus*, es decir, mordedor (Marchal, 2009: 10)–, son plantas heterótrofas que fotosintetizan cierta parte y solo toman una porción de los recursos de su hospedero, mediante un sistema de raíces específicas llamadas haustorios, para realizar su ciclo de vida. Se dividen en muérdagos verdaderos y enanos; los verdaderos son arbustos con hojas verdes y se distribuyen comúnmente en climas cálidos, mientras que los enanos son plantas de coloraciones amarillas a

negras, corta altura, tallos quebradizos, hojas escuamiformes, flores unisexuales, fruto ovoide, que dentro tiene una sustancia pegajosa llamada viscína, y, al madurar, explota y dispara las semillas envueltas. Se distribuyen en climas templados (Hawksworth y Wiens, 1996: 7; Vázquez, Villa y Madrigal, 2006: 12; Cibrián, Alvarado y García, 2007). El ciclo de vida de las hemiparásitas se divide en cuatro fases: dispersión por aire y accidentalmente por aves o mamíferos (cuando el fruto expulsa la semilla), establecimiento (cuando la semilla llega al hospedero hasta la germinación), incubación (empieza a desarrollar el sistema endofítico) y reproducción (cuando se inicia el crecimiento de los tallos aéreos con las partes reproductoras) (Hawksworth y Wiens, 1996: 9; Queijeiro, Cano y Castellanos 2011: 50).

Los síntomas que muestra el hospedero están relacionados con cambios en la forma, reducción de la altura del fuste, volumen con alteración en la calidad de madera, disminución de la producción de conos, cantidad y calidad de las semillas, y sensibilización al ataque de otras enfermedades. Todos estos síntomas, a su vez, se ven afectados por la edad del hospedero, la competencia, la calidad del sitio y el clima (Geils y Hawksworth, 2002: 59; Vázquez, Villa y Madrigal, 2006: 17). Por otro lado, existen estudios ecológicos donde se manifiesta la distribución vertical de dos especies de muérdago en los pinos (Queijeiro, Cano y Castellano, 2011: 53), complementados con otros trabajos que han documentado los factores ambientales o disturbio que favorecen la presencia del muérdago enano (Queijeiro, 2007: 50; Hernández, 2012: 28), por lo que la altitud y la pendiente van muy ligadas con la incidencia de la hemiparásita, en particular del terreno en donde se establezca (Hawksworth y Wiens, 1996: 65); así como la incidencia del muérdago a lo largo del tiempo, reportando que es susceptible a cambios antropogénicos (Queijeiro y Cano, 2015: 10).

En el nivel mundial se tiene el registro de aproximadamente 2 500 especies de plantas parásitas y hemiparásitas. El género *Arceuthobium* pertenece a la familia Santalaceae y se considera el principal agente que afecta las zonas forestales del planeta, con 42 especies (Agrios, 1996: 43; Cibrián, Alvarado y García, 2007; Hawksworth y Wiens, 1996: 6; Calderón de Rzedowski, 2001: 99). Sin embargo, en otros estudios taxonómicos (Nickrent *et al.*, 2004: 125) se propuso una nueva clasificación donde se reduce el número de especies del género *Arceuthobium* de 42 a 26. Para México, este género presenta 21 especies, que afectan a 18 individuos de los géneros *Pinus*, *Abies* y *Pseudotsuga*, y es el tercer agente patógeno

que disminuye los bosques de la alta montaña antecedido por los incendios y los descortezadores (Hawksworth y Wiens, 1996: 216; Rzedowski, 2001: 34; Cibrián, Alvarado y García, 2007; Madrigal, Vázquez y Velasco, 2007: 7).

El muérdago enano también se ha reportado para las áreas naturales protegidas al infestar grandes superficies arboladas (24 200 en 2009 y 24 500 ha en 2010) y debilitar de manera sustancial a los individuos afectados (Martínez, 2014: 2). Para las zonas forestales nacionales se reconocen 250 especies de patógenos (Semarnat, 2012: 75). Los datos oficiales publicados en el *Compendio de estadísticas ambientales* (Semarnat, 2012) muestran que de 1990 a 2010 se tuvo un promedio de 38 640 ha de superficie afectada por las plagas, 36 % por muérdago, 33 % por descortezadores, 20 % por defoliadores y 8 % por barrenadores. En 2010 en el plano nacional se tuvo una superficie de 76 787 ha dañada por tales plagas y otras enfermedades; en el estado de Puebla fueron diagnosticadas 431 ha y en Veracruz 1 050 ha (Semarnat, 2012: 79).

Los estudios para conocer el estado de salud de los bosques han sido una herramienta útil; en este caso se ha reportado que en el PNPO se distribuye *P. hartwegii*, uno de los principales hospederos del muérdago, y Martínez (2014) ha documentado la presencia de *A. globosum*, obteniendo el predio un grado 0.22, es decir bajo, en la cara norte en el paraje Nueva Vaquería. En el presente trabajo se evaluaron los niveles de infestación de la hemiparásita en la cara sur del parque.

Materiales y métodos

Área de estudio y fase de campo

El PNPO constituye uno de los principales macizos montañosos del país, cuyas cotas altitudinales van de los 3 038 a los 5 636 msnm. El área de estudio se encuentra al suroeste en el municipio de Atzitzintla, estado de Puebla (Conanp, 2012: 9) (figura 1). Se utilizó un diseño de muestreo estratificado aleatorio, a partir de la identificación de los rodales forestales en una imagen satelital en Google Earth (2014). Se clasificó, de manera representativa y homogénea, en bosque cerrado (> 66 % de cobertura del dosel, en azul), bosque semicerrado (< 66, > 33 %, en verde) y verde abierto (< 33 %, en naranja, naranja) (Ávila-Akerberg, 2010: 209).

■ Caracterización de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cara sur del Pico de Orizaba

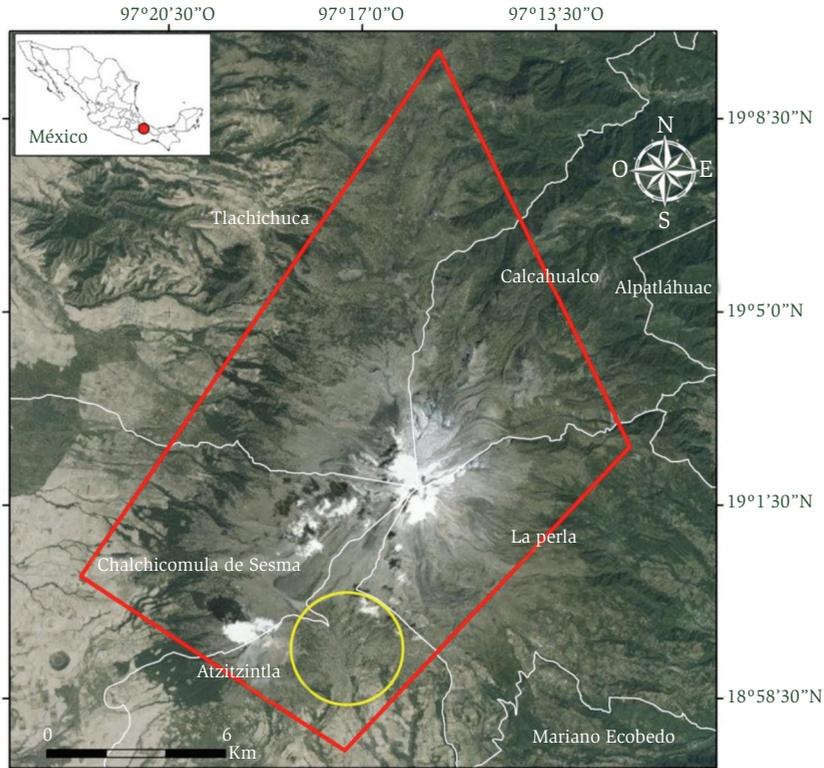
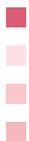


Figura 1. Mapa del polígono del PNPO y la zona de la presente investigación (en amarillo)

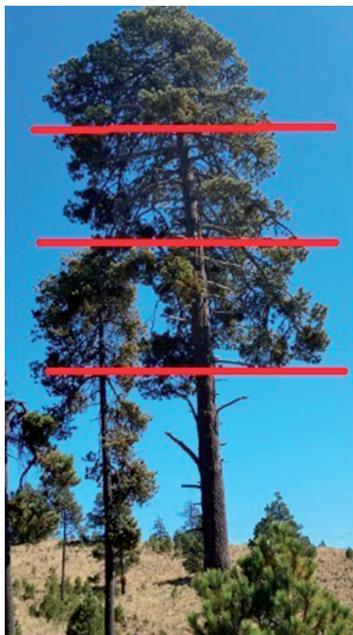
La unidad de muestra constó en trazar cuadros de 25 x 25 m (625 m²), los cuales a su vez se extendieron 5 m por cada lado para formar un círculo con un diámetro de 35 m y un área total de 1 000 m², es decir, 0.1 ha (Orozco y Brumér, 2002: 22). Se emplearon 30 muestreos de 0.1 ha cada uno. Los muestreos se llevaron a cabo entre noviembre de 2014 y enero de 2015.

De acuerdo con Braun-Blanquet (1979), se utilizó el muestreo de vegetación (cuadrante 25 x 25 m), y se elaboró la toma de datos del listado florístico y estructura de los diferentes estratos de vegetación. Se estimó la cobertura aérea de los individuos de cada especie vegetal entre el área total del cuadrante y se expresó en porcentaje, para obtener la riqueza específica del bosque.



Dentro de la unidad de muestreo (círculo 0.1 ha) se registraron de los individuos arbóreos parámetros como el diámetro a la altura del pecho (DAP) > 5 cm (DAP 1.30 m) y la altura total (Orozco y Brumér, 2002: 26), algunos daños (incendio, ocoteo, desrame, descortezador, manchas, tumores y crecimiento irregular, presencia de líquenes y musgos), además de contabilizar a los individuos vivos, tocones, muertos en pie, árboles caídos y < 5 cm de DAP como individuos de regeneración o reforestación.

Para evaluar la presencia de la hemiparásita en los pinos por medio del sistema de seis clases propuesto por Hawksworth (1977), primero se divide horizontalmente la copa de un individuo en tres fragmentos (se le considera copa a partir de la primera rama viva) (figura 2), después cada tercio se evalúa por separado, asignando una calificación (cuadro 1), y luego se suman los valores de las tres secciones para obtener la calificación total.



Fuente: Elaboración propia por Varo-Rodríguez (2014).

Figura 2. Pino dividido

Cuadro 1. Clasificación del sistema de seis niveles por Hawksworth (1977)

PORCENTAJE DE RAMAS INFESTADAS	VALOR CORRESPONDIENTE
0	0
1-50	1
< 50	2

Fuente: Conafor (2007).

Respecto a la toma de datos generales dentro de las unidades de muestreo se registraron aspectos ambientales (cobertura de suelo desnudo, vegetación, hojarasca), de disturbio (turismo, caminos y ganadería), y parámetros de relieve como altitud, orientación y pendiente (Hernández, 2012: 23), lo cual se utilizó para elaborar la relación entre los niveles de infestación por muérdago y las variables mencionadas.

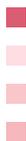
Fase de gabinete

Se capturaron en hojas de cálculo separadas los datos registrados en campo, obteniendo gráficas para la síntesis y mejor interpretación de estos. Una vez elaborados los promedios del nivel de infestación de las unidades de muestreo (volumen total de la parcela, multiplicando el volumen infectado por el nivel de infestación promedio que le corresponde a esa parcela, y el resultado se divide entre el volumen total de la parcela correspondiente) se realizó en el programa Arcview el mapa de las parcelas con sus respectivos grados de infestación.

El análisis multivariado fue un análisis canónico de correspondencia (ACC), en el que se obtuvo la relación de los sitios infestados por la hemiparásita (30 unidades de muestreo) y los factores ambientales y de disturbio, con el programa Canoco. El gráfico resultante explica las relaciones generales entre estas variables y la composición encontrada en campo. Este tipo de análisis se utiliza para conocer las comunidades en razón de su entorno (Ter Braak, 1986: 1167).

Resultados

De los 30 puntos de muestreo en el área estudiada se consignó un total de 664 individuos arbóreos vivos, 12 muertos en pie, 14 troncos caídos, 38 tocones y 1 375 individuos jóvenes, de los cuales 65.2 % fue de regeneración y 34.7 % de

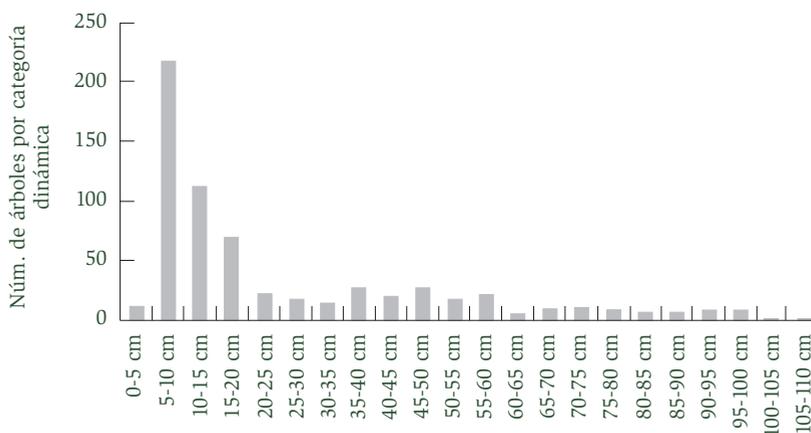


reforestación. Parte fundamental de la estructura del bosque fueron los parámetros de los individuos arbóreos, por lo que se obtuvo la gráfica de las categorías diamétricas (con una amplitud de 5 cm) y los individuos registrados; la mayoría de pinos se agrupa en las categorías con DAP entre 5, 10 y 15 cm, por lo que estos individuos son aparentemente jóvenes, con la mezcla entre intermedios y pocos viejos (figura 3).

En la gráfica de distribución de alturas (figura 4) se observa que la mayoría de los árboles censados están por debajo de los 5 m de alto, indicando que algunos son arbolado joven proveniente de la regeneración natural, y hay pocos individuos de 25 a 35 m de altura.

Composición florística

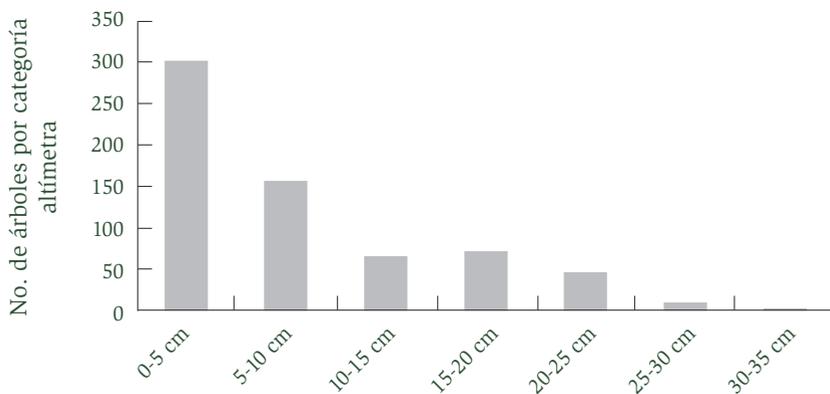
Dentro de las parcelas de muestreo se encontraron 70 especies, 47 géneros y 30 familias, dentro de las cuales dos especies se ubican en alguna categoría de riesgo: *Juniperus monticola* en la categoría protección especial y *Abies hickelii* en categoría peligro de extinción según la NOM-059-SEMARNAT-2011. Las familias con mayor número de especies fueron Asteraceae, Poaceae y Caryophyllaceae (cuadro 2).



Fuente: Elaborada por Varo-Rodríguez (2015).

Figura 3. Gráfica de los individuos (árboles) por categoría diamétrica

■ Caracterización de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cara sur del Pico de Orizaba



Fuente: Elaboración propia por Varo-Rodríguez (2015).

Figura 4. Gráfica de los individuos (árboles) por categoría de alturas

Cuadro 2. Lista de las especies recolectadas en la vertiente sur del PNPO

	FAMILIA	ESPECIE
1	Apiaceae	<i>Eryngium monocephalum</i> Cav. 1800
2	Aspleniaceae	<i>Asplenium</i> aff. <i>trichomanes</i>
3	Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i> Kunth. 1820
4		<i>Bidens</i> sp.
5		<i>Cirsium nivale</i> (Kuth.) 1856
6		<i>Erigeron</i> sp.
7		<i>Laennecia schiedeana</i> (Less.) 1990
9		<i>Packera bellidifolia</i> (Kunth) 1981
10		<i>Pseudognaphalium liebmannii</i> (Sch. Bip. ex Klatt) 1991
11		<i>Roldana angulifolia</i> (DC.) 1974
12		<i>Roldana barba-johannis</i> (DC.) 1974
13		<i>Senecio callosus</i> Sch. 1845
14		<i>Senecio cinerarioides</i> Kunth 1818
15		<i>Senecio roseus</i> Sch. 1845

(continúa)

Cuadro 2. Lista de las especies recolectadas en la vertiente sur del PNPO
(continuación)

FAMILIA	ESPECIE
16	<i>Senecio toluccanus</i> DC. 1838
17	<i>Senecio</i> sp.
18	<i>Stevia jorullensis</i> Kunth 1818
19	<i>Stevia</i> sp.
20	Boraginaceae <i>Phacelia platycarpa</i> (Cav.) 1824
21	brassicaceae <i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) 1792
22	<i>Draba jorullensis</i> Kunth 1821
23	<i>Descurainia impatiens</i> (Cham. & Schltld.) 1924
24	Briaceae <i>Brachymenium systyion</i> (Müll. Hal.) 1875
25	Caryophyllaceae <i>Arenaria bourgaei</i> Hemls. 1879
26	<i>Arenaria bryoides</i> D.F.K. 1819
27	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) 1872
28	<i>Arenaria lycopodioides</i> D.F.K. 1816
29	<i>Ceratium nutans</i> Raf. 1814
30	Cladoniaceae Liquen 5
31	Crassurialiaceae <i>Echeveria</i> sp.
32	<i>Villadia mexicana</i> (Schlicht) 1958
33	Cupressaceae <i>Juniperus monticola</i> Martínez 1946
34	Dryopteridaceae <i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) 1834
35	Ericaceae <i>Arbutus xalapensis</i> Kunth 1819
36	<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth 1819
37	<i>Pernettya</i> sp.
38	Fabaceae <i>Lupinus</i> sp.
39	Gentianaceae <i>Halenia plantaginea</i> (Kunth) 1838
40	Geraniaceae <i>Erodium cicutarium</i> (L.) 1789
41	Grossurialiaceae <i>Ribes ciliatum</i> Humb. & Bonpl. 1819
42	Orobancaceae <i>Castilleja toluensis</i> Kunth 1818
43	Parmeliaceae Liquen 2

(continúa)

■ Caracterización de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cara sur del Pico de Orizaba

Cuadro 2. Lista de las especies recolectadas en la vertiente sur del PNPO (finaliza)

	FAMILIA	ESPECIE
44	Parmeliaceae	Liquen 3
45	Phrymaceae	<i>Mimulus glabratus</i> Kunth 1817
46	Pinaceae	<i>Abies hickelii</i> Flous & Gausson 1932
47		<i>Pinus hartwegii</i> Lindl. 1839
48	Plantaginaceae	<i>Penstemon gentianoides</i> (Kunth) 1825
49		<i>Veronica serpyllifolia</i> L. 1723
50	Poaceae	<i>Calamagrostis orizabae</i> (Rupr.) 1896
51		<i>Calamagrostis tolucensis</i> Kunth 1840
52		<i>Festuca tolucensis</i> (Kunth) 1815
53		Poaceae 1
54		Poaceae 2
55		Poaceae 3
56		Poaceae 4
57		Poaceae 5
58		Poaceae 6
59		Poaceae 7
60	Polemoniaceae	<i>Polemonium grandiflorum</i> Benth 1845
61	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i> L. 1753
62	Pottiaceae	<i>Didymodon australasiae</i> (Hook. & Grev.) 1978
63	Pteridaceae	<i>Astrolepis laevis</i> M Martens & Galeotti 2004
64		<i>Cheilanthes</i> sp.
65	Rosaceae	<i>Alchemilla procumbens</i> Rose 1906
66	Salicaceae	<i>Salix</i> sp.
67	Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i> Hawksw. & Wiens 1977
68	Usneaceae	Liquen 1
69	Usneaceae	Liquen 4
70		Liquen 6

Fuente: Elaboración propia por Varo-Rodríguez (2015).

Descripción de los estratos en el bosque de *Pinus hartwegii*

En la cara sur del Pico de Orizaba el bosque de *Pinus hartwegii* está conformado por cinco diferentes estratos:

- El estrato rastrero se caracteriza por la presencia de *Alchemilla procumbens* con mayor cobertura, seguido de *Arenaria lycopodioides*, *A. bryoides*, *A. bourgaei*, así como los musgos *Brachymenium systylium* y *Didymodon australasiae*.
- Dentro del estrato herbáceo se halló *Eryngium monocephalum*, *Pseudognaphalium liebmanni*, *Senecio roseus*, *Draba jorullensis*, *Laennecia shiedeana*, *Senecio callosus*, *Bidens* sp., *Erigeron* sp., *Halenia plantaginea*, *Packeria bedillifolia*, *Polemonium mexicanum*, *Castilleja toluensis*, *Arenaria lanuginosa*, *Rumex acetosella*, *Mimulus glabratus*, *Villadia mexicana*, *Erodium cicutarium*, *Descurainia impatiens*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cerastium nutans*, *Senecio toluanus*, *Veronica serpyllifolia*, *Pernettya* sp. y *Echeveria* sp. Dentro de la familia Poaceae, las principales especies fueron *Camalagrostis toluensis*, *Festuca toluensis* y *Calamagrostis orizabae*. Finalmente, entre los helechos se registraron los géneros *Asplenium*, *Astrolepis*, *Dryopteris* y *Cheilanthes*, todos rupícolas.
- En el estrato arbustivo las especies encontradas fueron *Senecio cinerarioides*, *Lupinus* sp., *Ribes ciliatum*, *Baccharis conferta*, *Stevia jorullensis*, *Juniperus monticola*, *Cirsium nivale*, *Roldana angustifolia*, *Arctostaphylos pungens* y *Roldana barba-johannis*.
- El estrato arbóreo se dividió en inferior y superior; la cobertura es dominada por *Pinus hartwegii*, seguida de pocos individuos de *Abies hickelii*, *Arbutus xalapensis* y *Salix* sp., mientras que en el estrato arbóreo superior solo predomina *P. hartwegii*, debido a que es un bosque monoespecífico.
- En el estrato epífita se observaron líquenes de las familias Usneaceae, Parmeliaceae y Cladoniaceae, y la especie *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*.

Niveles de infestación por *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*

El área de estudio cubrió 3 ha de superficie, en la que se obtuvo un volumen total de 1 153.16 m³, de los cuales 730.05 m³ son sanos, y el volumen infestado por el muérdago enano es de 423.49 m³. Se clasificaron los volúmenes totales de las parcelas en los seis niveles de infestación. Como se aprecia en el cuadro 3,

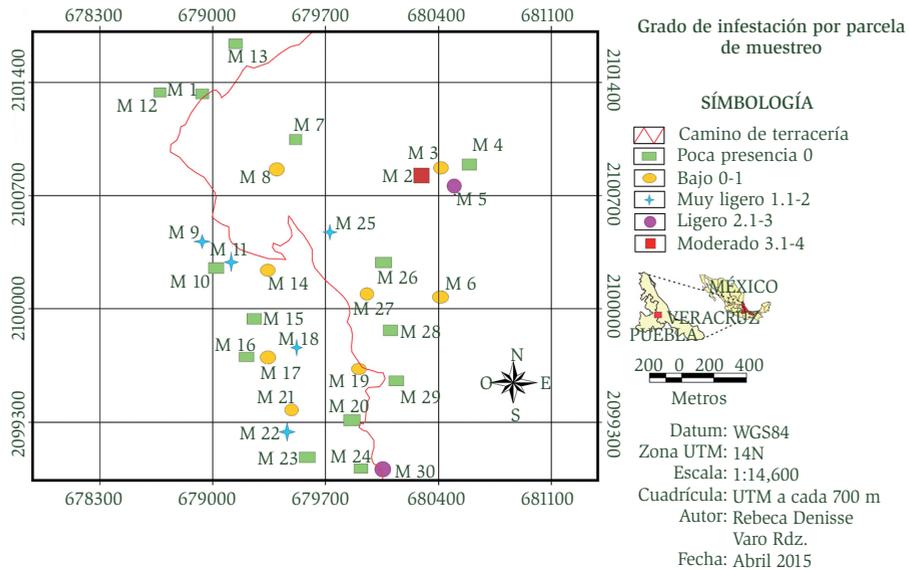
Caracterización de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cara sur del Pico de Orizaba

el nivel 0 está representado con 63.3 %, es decir, sin muérdago, y en los demás se advierte menos de 10 %, lo que indica que la especie no se está saliendo de control, ya que los niveles se conservan bajos.

Cuadro 3. Volumen de las parcelas muestreadas y porcentaje de los niveles de infestación

NIVELES	VOLUMEN TOTAL M ³ DE PARCELAS MUESTREADAS	PORCENTAJE
0	730.05	63.3
1	67.76	5.8
2	79.13	6.8
3	85.53	7.4
4	38.25	3.3
5	65.91	5.7
6	86.53	7.4
Total	1 153.16	100

Fuente: Elaboración propia por Varo-Rodríguez (2015).



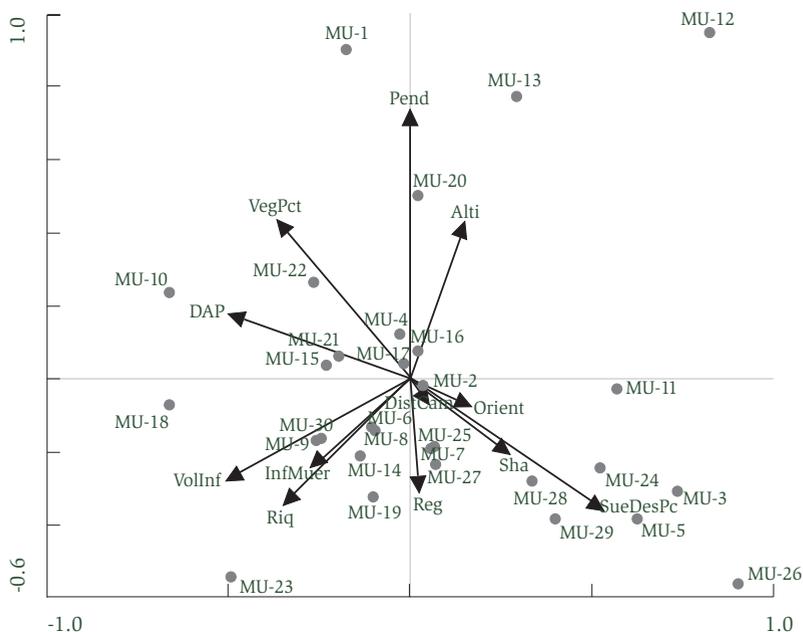
Fuente: Elaboración propia por Varo-Rodríguez (2015).

Figura 5. Mapa de las parcelas con grado de infestación

Por otra parte, se obtuvieron los promedios del grado de infestación de las parcelas muestreadas, la mayoría con un valor 0, esto es, con poca presencia; en los valores con un grado bajo, el promedio se encontró entre 0.36 y 0.97; el sitio con grado moderado de infestación fue en el cuadrante MUER-2, donde se observó con mayor frecuencia y abundancia el muérdago (figura 5), pero en general el predio de 3 ha exhibió un grado de 0.35, o sea, bajo.

Relación de los niveles de infestación

El ACC arrojó autovalores (*eigenvalues*) de 0.131 para el primer eje y de 0.121 para el segundo. El primer eje explica 13 % de la varianza de los datos y, junto



Fuente: Elaboración propia por Ávila-Akerberg (2015).

Figura 6. Análisis canónico de correspondencia. Se muestran las parcelas de muestreo y las variables ambientales. VolInf (volumen de infestación), Alt (altura promedio de los árboles), VegPct (porcentaje de cobertura de la vegetación), Pend (inclinación de la pendiente), Alti (altitud), InfMuer (nivel de infestación por muérdago), Sha (índice de diversidad de Shannon), DAP (diámetro a la altura del pecho, promedio), Orient (orientación de la ladera de la parcela de muestreo), Riq (número de especies de plantas), DistCam (distancia a caminos principales), SueDesPc (% de cobertura de suelo desnudo).

con el segundo, 25 %. En el gráfico del ACC (figura 6) se presenta la relación entre las variables ambientales y la composición encontrada en las parcelas de muestreo. La variable altitud tiene una dirección opuesta a las variables de infestación por muérdago, así que se podría esperar que a mayor altitud, como se aprecia en las parcelas MUER-1, 12 y 13, menor infestación, mientras que a menor altitud junto con una menor pendiente, según se registra en las parcelas MUER-14, 18, 19 y 23, mayor infestación. Donde hay mayores niveles de infestación también hay más riqueza de especies. Sin embargo, la variable distcam (distancia a caminos) no tuvo una relación importante con la varianza encontrada; además se observa que las parcelas del lado derecho inferior presentan mayores promedios de cobertura de suelo desnudo (figura 6).

Discusión

En el bosque de la cara sur del Pico de Orizaba, la mayoría de los individuos (399 pinos) tiene un DAP de entre 10 y 20 cm, por lo tanto se considera que son jóvenes, ya que Vargas (1999) documentó que, en un gradiente altitudinal de 3100-3300 msnm en el cerro Potosí, los individuos de *Pinus hartwegii* con DAP de entre 5.4 y 12.6 cm tienen de 15 a 25 años, y los árboles de entre 85 y 90 años presentan un diámetro de 35.5 a 36 cm. De igual manera, los pinos tienen alturas cortas entre 5 y 10 m, así que se puede explicar que los árboles que constituyen el bosque de *P. hartwegii* son jóvenes, con una mezcla entre adultos y viejos, y, por los datos históricos, los bosques estaban siendo explotados para extracción de madera y leña y para la agricultura (Ávila, 1996), por lo que están pasando por etapas sucesionales secundarias.

Dentro del bosque de alta montaña, es característica su composición florística, con una riqueza de especies considerable de 30 familias, 47 géneros y 70 especies, siendo Asteraceae, Poaceae y Caryophyllaceae las familias con mayor cantidad de especies, en contraste con una menor riqueza reportada por Espinoza, Rodríguez y Zamudio (2008) en el bosque de *P. hartwegii* de la sierra Chichinautzin con 41 especies, de las cuales las familias botánicas son las más ricas en número de especies. Vázquez (2014) documentó un total de 21 especies en el bosque de *P. hartwegii* del Cofre de Perote, mucho menos que las encontradas en la cara sur del parque, que incluyen plantas vasculares, helechos, líquenes y musgos.

Parte del estudio del bosque de *P. hartwegii* fue conocer el nivel de afectación que ha causado el muérdago enano a los pinos, a lo que corresponde 63.3 % (730.05 m³) al nivel 0 y a los demás menos de 10 %, es decir, 423.4 m³. Martínez (2014) reportó un volumen total de 540 m³, clasificando el nivel 0 de infestación con mayor presencia con 81.87 %, sin encontrarse los niveles 4, 5 y 6 en la cara norte del PNPO. Los porcentajes que arrojó este trabajo indican que los niveles de infestación son bajos y aceptables, pero es fundamental continuar con su monitoreo.

Por otro lado, en el cuadrante MUER-2, con un grado de infestación moderado, hay árboles con niveles 5 y 6, por lo que se propone aplicar poda en las ramas según lo recomendado por la literatura forestal existente (Valderrama y Medina, 2002: 63; Conafor, 2007: 38; Cibrián, Alvarado y García, 2007), ya que es un método económico y de prevención, además de seguir con el monitoreo de la zona. Cabe recalcar que los niveles son permitidos, por tanto, el muérdago actualmente no representa un riesgo para el bosque; asimismo, es importante recordar que constituye otro organismo que forma parte del ecosistema, tiene semidependencia hacia los árboles de *P. hartwegii* e influye en la aceleración de la pérdida de algunos individuos enfermos u avanzados de edad, permitiendo una selección de aquellos árboles que lo han resistido y así conservar esas masas forestales que han ganado cierta inmunidad hacia él.

Por medio del ACC se conoció que las variables ambientales, como altitud y pendiente, tienen una relación negativa con los mayores niveles de infestación en las parcelas muestreadas, es decir, a menor altitud y pendiente, mayor presencia de la hemiparásita, mientras que Queijeiro (2007) documentó en su trabajo que la altitud está vinculada positivamente con la especie *A. globosum* en el Estado de México. El hecho de no haberse encontrado en estas parcelas de mayor altitud podría deberse a que 4 110 msnm es demasiado para el muérdago, teniendo en cuenta que las condiciones óptimas para su desarrollo se ubican entre 2 700 y 3 900 msnm (Hawksworth y Wiens, 1996), puesto que se ha documentado que requiere factores climáticos específicos, como la temperatura y la humedad, de gran relevancia para su fecundidad y supervivencia (Hawksworth y Wiens, 1996). Por otra parte, la variable distancia a caminos no tuvo un valor significativo, contrario a lo hallado por Hernández (2012), quien registró una relación positiva de los caminos con la incidencia de *A. globosum* subsp. *grandicaule* en la cuenca del río Magdalena. Este estudio coincide con la literatura,

en cuanto a que en el área de estudio el establecimiento y desarrollo de la hemiparásita está relacionada directamente con las condiciones ambientales como las que se mencionaron con anterioridad. El cambio climático y otros disturbios provocados por el ser humano pueden promover el aumento de la infestación de esta planta hemiparásita y ser así un problema en la salud del bosque y el Pico de Orizaba en general.

Conclusiones

Se evaluó por primera vez la infestación por muérdago enano en los bosques de *P. hartwegii* en la cara sur del PNPO, con un promedio de infestación de 0.35, es decir, un grado bajo. El nivel de infestación con mayor presencia fue de 0 en las parcelas de muestreo, esto es, poca presencia, con un volumen de 730.05 m³, que representa 63.3 % del total del sitio de estudio, y la parcela MUER-2 con el mayor grado (3.44, moderado). Se describe la estructura del bosque con 664 individuos vivos, 12 muertos en pie, 14 troncos caídos, 38 tocones y 1 375 individuos jóvenes (regeneración y reforestación), además de los principales daños observados en los pinos: 232 con ramas secas, 143 quemados, 109 con marcas de descortezador, 57 con desrame, 43 ocoteados, 17 con crecimiento irregular y nueve con tumoración. Se documentaron 70 especies, entre plantas con flores, helechos, líquenes y musgos, y se describieron los diferentes estratos con las más abundantes. La familia de plantas con mayor cobertura fue Poaceae (58.2 %). El ACC mostró relaciones negativas entre la altitud y la pendiente y los niveles de infestación por muérdago. En las parcelas con mayores niveles de infestación también fue mayor la riqueza de plantas.

Fuentes consultadas

- Agrios, G. (1996). *Fitopatología*. 2^a ed. México: Limusa.
- Ávila, B. C. (1996). "Observaciones sobre un sistema de producción agrícola en el Pico de Orizaba, Veracruz, México". *Revista Soc. Bot. Mex.*, 59, 59-66.
- Ávila-Akerberg, V. (2010). *Forest quality in the southwest of Mexico City. Assessment towards ecological restoration of ecosystem services*. Friburgo de Brisgovia: Institut für Landespflege.

- Braun-Blanquet, J. (1979). “Las unidades básicas de vegetación, su estructura e interpretación”, en *Fitosociología*. 3a ed. Madrid: H. Blume Ediciones, 16-134.
- Calderón de Rzedowski, G. (2001). “Loranthaceae”, en G. Calderón de Rzedowski y J. Rzedowski (coords.). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª ed. Pátzcuaro: Instituto de Ecología/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 98-102.
- Cibrián, D., R. Alvarado y D. García (2007). *Enfermedades forestales en México/Forest diseases in Mexico*. México: Universidad Autónoma Chapingo/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional Forestal/Canadian Forest Service/Comisión Forestal de América del Norte/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 587 p.
- Conafor (2007). *Manual de sanidad forestal*. México: Comisión Nacional Forestal-Coordinación General de Conservación y Restauración-Gerencia de Sanidad Forestal.
- Conanp (2012). “Borrador del Programa de Manejo del Parque Nacional Pico de Orizaba (PNPO), para consulta artículo 65 de LGEEPA”. México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Espinoza, L. M., T. Rodríguez y S. F. Zamudio (2008). “Sinecología del sotobosque de *Pinus hartwegii* dos y tres años después de quemas prescritas”. *Agrociencia*, 42, 717-730.
- Geils, B. y F. Hawksworth (2002). “Damage, Effects, and Importance of Dwarf Mistletoes”, en B. Geils, J. Cibrián y B. Moody (eds.). *Mistletoes of North American Conifers*. Ogden: United States Department of Agriculture/Canadian Forest Service/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 57-65.
- Google Earth (2014). Imagen de la cara sur del Parque Nacional Pico de Orizaba. Google Earth 7.1.1557 [2014, 14 de octubre].
- Hawksworth, F. G. (1977). *The 6-class dwarf mistletoe rating system. General Technical Report RM-48*. Fort Collins: United States Department of Agriculture/Forest Service/Rocky Mountain Forest/Range Experiment Station.
- Hawksworth, F. y D. G. Wiens (1996). *Dwarf Mistletoes: Biology, Pathology, and Systematics*. Washington, D. C.: United States Department of Agriculture/Forest Service.

- Hernández, S. A. (2012). “Distribución y nivel de infestación de *Arceuthobium vaginatum* subs. *vaginatum* y *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* en el bosque de *Pinus hartwegii* de la cuenca del río Magdalena”. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Madrigal, S., I. C. Vázquez y E. Velasco (2007). “Obtención de parámetros dasométricos para evaluar efecto causado por *A. vaginatum* en *P. hartwegii* del Nevado de Colima”, en *Memoria del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. Morelia: 28 a 31 de octubre de 2005, 1-7.
- Marchal, D. V. (2009). “El muérdago en la ciudad de México”. *ArbolAMA*, 2, 10-30.
- Martínez, D. E. (2014). “Evaluación de nivel de infestación de muérdago enano ‘*Arceuthobium* spp.’ en un predio en el Parque Nacional Pico de Orizaba”. Tesis de ingeniería en Restauración Forestal. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo.
- Nickrent, D. L., M. A. García, M. P. Martín y R. L. Mathiasen (2004). “A phylogeny of all species of *Arceuthobium* (Viscaceae) using nuclear and chloroplast DNA sequences”. *American Journal of Botany*, 91 (1), 125-138.
- Orozco, L. y C. Brumér (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Queijeiro, M. E. (2007). “Interacciones entre dos especies de muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) y *Pinus hartwegii* en el parque nacional Zoquiapan, Estado de México: el papel del disturbio”. Tesis de licenciatura en Biología. México: Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Ciencias, 50 pp.
- Queijeiro, M. E. y Z. Cano (2015). “Dinámica temporal de la infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*) en Zoquiapan (Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl), México”. *CienciaUAT*, 9 (2), 06-14.
- Queijeiro, M. E., Z. Cano e I. Castellanos (2011). “Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre *Pinus hartwegii* en el área natural protegida ‘Zoquiapan y anexas’, Estado de México”. *Acta Botánica Mexicana*, 96, 49-57.

- Rzedowski, J. (2001). "Principales comunidades vegetales", en G. Calderón de Rzedowski y J. Rzedowski (coords.). *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª ed. Pátzcuaro: Instituto de Ecología/Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 32-38.
- Semarnat (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental*. Edición 2012. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ter Braak, J. F. C. (1986). "Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis". *Ecology*, 67 (5), 1167-1179.
- Valderrama, J. B. y R. O. Medina (2002). "Evaluación de muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en rodales del género (*Pinus* spp.) y propuesta de manejo en la estación forestal experimental Zoquiapan. Estado de México". Tesis de Ingeniería Forestal. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo.
- Vargas, L. B. (1999). "Caracterización de la productividad y estructura de *Pinus hartwegii* en tres gradientes altitudinales en el cerro Potosí, Galeana". Tesis de maestría en Ciencias. Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Vázquez, R. J. (2014). "Fenología reproductiva de las comunidades vegetales del Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz, México". Tesis de maestría en Ciencias Forestales. Universidad Veracruzana.
- Vázquez, I., A. Villa y S. Madrigal (2006). *Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Libro Técnico núm. 2*. Uruapan: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Pacífico Centro.

