

IDENTIFICACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y CONTROL DE MUÉRDAGO ENANO (*ARCEUTHOBIMUM* SPP.) EN BOSQUES DE CONÍFERAS

Ernesto González Gaona, Candelario Serrano Gómez, Karla Vanessa de Lira Ramos, Sergio Quiñonez Barraza, Guillermo Sánchez Martínez, Ivón López Pérez, Roberto Sánchez Lucio



**SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN**

M.A. José Eduardo Calzada Rovirosa
Secretario

Lic. Jorge Armando Narváez Narváez
Subsecretario de Agricultura

M.C. Mely Romero Celis
Subsecretario de Desarrollo Rural

M.C. Ricardo Aguilar Castillo
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

Dr. Rafael Ambriz Cervantes
Encargado del Despacho del INIFAP

Dr. Raúl Gerardo Obando Rodríguez
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M.C. Jorge Fajardo Guel
Coordinador de Planeación y Desarrollo

Mtro. Eduardo Francisco Berterame Barquín
Coordinador de Administración y Sistemas

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE-CENTRO

Dr. Arturo Daniel Tijerina Chávez
Director Regional

Dr. Francisco Javier Pastor López
Director de Investigación

Ing. Ricardo Carrillo Monsiváis
Director de Administración

Dr. Alfonso Peña Ramos
Director de Coordinación y Vinculación en Aguascalientes

IDENTIFICACIÓN, DISTRIBUCIÓN Y CONTROL DE
MUÉRDAGO ENANO (*ARCEUTHOBIUM* SPP.)
EN BOSQUES DE CONÍFERAS

Ernesto González Gaona¹
Candelario Serrano Gómez¹
Karla Vanessa de Lira Ramos¹
Sergio Quiñonez Barraza²
Guillermo Sánchez Martínez¹
Ivón López Pérez³
Roberto Sánchez Lucio⁴

¹Investigadores del Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes
CIR-Norte Centro, INIFAP.

² Enlace de Sanidad de la CONAFOR en Durango.

³ Laboratorio de Sanidad Forestal del Estado de Michoacán

⁴ Investigador del Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit
CIR-Pacífico Centro, INIFAP

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Norte Centro
Campo Experimental Pabellón
Pabellón de Arteaga, Ags., México
Diciembre de 2017

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso No. 5, Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán, C. P. 04010 México, D. F.
Teléfono (55) 3871-8700

**Identificación, distribución y control de muérdago enano
(*Arceuthobium* spp.) en bosques de coníferas**

ISBN: 978-607-37-0878-4

Primera Edición 2017

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

Hecho en México

Contenido

Página

Introducción	1
Daños	2
Identificación	7
Clave para separara géneros de la familia Loranthacea que afectan coníferas	8
Clave para identificación de los muérdagos enanos presentes en México	11
Distribución	15
<i>Arceutobium abietinum</i>	19
<i>Arceuthobium abietis religiosa</i>	20
<i>Arceuthobium blumeri</i>	21
<i>Arceuthobium douglasii</i>	21
<i>Arceuthobium duranguense</i>	24
<i>Arceuthobium gilli</i> y <i>Arceuthobium nigrum</i>	24
<i>Arceuthobium globosum</i>	27
<i>Arceuthobium rubrum</i>	29
<i>Arceuthobium strictum</i>	29
<i>Arceuthobium vaginatum</i>	31

<i>Arceuthobium verticilliflorum</i>	34
<i>Arceuthobium yecoreense</i>	35
<i>Arceuthobium guatemalense</i>	35
<i>Arceuthobium hondurense</i>	37
<i>Arceuthobium campylopodon</i>	38
<i>Arceuthobium divaricatum</i>	38
<i>Arceuthobium apachecum</i>	39
<i>Arceuthobium pendens</i>	39
Ciclo de vida y Fenología	40
Evaluación del daño en una parcela	44
Estrategias de manejo	46
Mecánico	49
Químico	49
Biológico	52
Empleo de Muérdagos	59
Agradecimientos	60
Literatura Revisada	61

Introducción

Los muérdagos son plantas parásitas de la familia Loranthaceae, que se presentan en casi todos los ecosistemas naturales. Existen 10 géneros y se han reportado alrededor de 150 especies (Cházaro *et al.*, 1992). Los que afectan coníferas se ubican en cuatro géneros; *Arceuthobium* conocidos como muérdagos enanos, mientras que *Psittacanthus*, *Phoradendron* y *Struthanthus* se denominan como muérdagos verdaderos (Vázquez *et al.*, 2006).

Los muérdagos enanos del género *Arceuthobium* afectan coníferas de las familias Pinaceae y Cupressaceae (Shamoun *et al.*, 2003). Estas plantas parásitas son ubicadas como el segundo agente biótico de destrucción de los bosques de clima templado, después de los insectos descortezadores. Se ubican en más de 10% de la superficie con bosques de nuestro país (Caballero, 1970), afectando alrededor de 1.8 millones de ha, lo que ocasiona una pérdida que equivale a dos millones de metros cúbicos de madera en rollo, sin contabilizar la muerte del arbolado joven ocasionado por la infestación de los muérdagos enanos (Vázquez, 1993b). Para estados Unidos y Canadá se reportan pérdidas de 11.3 y 3.8 millones de metros cúbicos respectivamente lo que equivale a varios billones de dólares anuales (Hawksworth y Wiens, 1996).

Por su importancia como agentes de disturbio en los bosques, se han realizado numerosos estudios y publicaciones tanto internacionales como nacionales donde se aborda como combatirlos; sin embargo, la información que se genera en este sentido es muy diversa y se reportan avances que es necesario actualizar. El objetivo del presente documento es recopilar la información actualizada sobre muérdagos enanos para proporcionar herramientas en la toma de decisiones en el combate local, que sean prácticas, oportunas y con conocimiento de causa.

Daños

Los muérdagos enanos (*Arceuthobium* spp., Santalales: Viscaceae) son plantas hemiparásitas, que obtienen los nutrientes minerales, agua y 70% de sus fotosintatos a partir del sistema vascular de su hospedero (Pinos y Juniperos) mediante una estructura especializada llamada haustorio (Press y Phoenix, 2005). Los muérdagos enanos afectan el desarrollo del hospedero a través del sistema endófito del muérdago involucrando procesos fisiológicos que regulan la producción de compuestos que regulan el desarrollo del hospedero y reubican para su beneficio agua, minerales y carbohidratos. Los síntomas de la infección son crecimiento anormal de las ramas infectadas, formación de escobas de bruja, muerte regresiva de la copa y muerte de plantas jóvenes (Figura 1) (Rey *et al.*, 1991; Hawksworth, 1961).

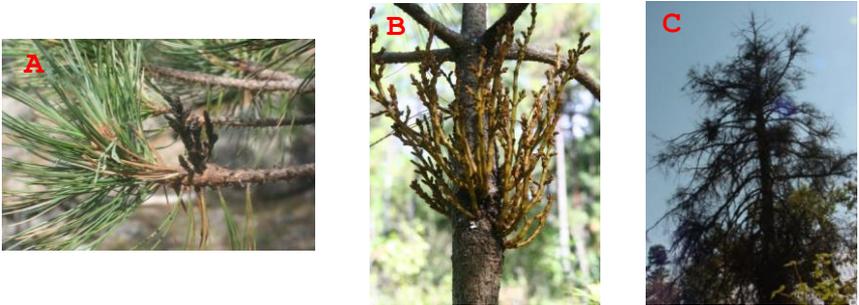


Figura 1. Infección de muérdagos enanos A) en ramas, B) tallo y C) formación de escobas de bruja (Fotos: A y B, González, 2016 y C, Quiñonez, 2016).

La infestación de los muérdagos enanos ocasiona diferentes daños en su hospedero, dentro de los cuales destacan la reducción del crecimiento en altura y diámetro; en México se presentan reducciones en *Pinus hartwegii* de 47% y 22% en altura y diámetro respectivamente (Andrade, 1981; Andrade y Cibrián, 1980). Datos similares son reportados por Reséndiz *et al.*, 2012, que mencionan reducciones de 30 a 40% en altura y 40% en diámetro ocasionados por *A. globosum*. Flores (2008)

cita reducciones de 60% y 17% para los mismos parámetros. Sin embargo, la reducción depende primordialmente de la intensidad del ataque, aunado a otros factores intrínsecos y extrínsecos como la especie de pino afectado, las condiciones del sitio, la fertilidad del suelo, capacidad de retención de agua, y la competencia con otros muérdagos que están afectando al mismo tiempo el mismo hospedero, así como eventos pasados de sequías, inundaciones o encharcamientos (Geils y Hawksworth, 2002). Madrigal y Vázquez (1998), citan que el parasitismo de *Arceutobium globosum*, puede ocasionar una reducción diferencial en *Pinus pseudostrobus* ya que en árboles dominantes las mayores reducciones se presentan en los mayores grados de infestación (5 y 6 con reducciones de 33% y 27% respectivamente en el incremento corriente anual (ICA), mientras que en árboles codominantes las mayores reducciones en el ICA se observaron en los grados de afectación 1, 2 y 3, y en los suprimidos se presentó una reducción de 74% del ICA en el grado 4. Hernández *et al.* (2005), observaron que *A. globosum* subsp. *grandicaule* afectó más a *P. hartwegii* mayores de 2.0 m (76% de incidencia) con respecto a los de menor talla (1.8% de incidencia) y señalan que <5.1 cm presentaban 1.49% de individuos infestados, de >5.1 a 157.58 cm la infestación subió de 26 hasta 72% mientras que, en árboles maduros >157.58 cm los niveles de infestación son de 88.8% de incidencia.

En el Parque Nacional “Volcán Nevado de Colima” se determinó el efecto de *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum* en la altura, diámetro y volumen de *Pinus hartwegii*, mediante el análisis troncal de árboles sanos y afectados en grado 6 con la escala de Hawksworth, concluyéndose que la infestación por muérdago enano redujo en 22, 9 y 50% la altura, diámetro y 50% volumen respectivamente afectando también al incremento corriente anual e incremento medio anual, lo cual disminuyó el volumen de madera producido y aumentó el turno técnico maderable del arbolado, en un promedio de 10 años (Martínez *et al.*, 2014).

La mortalidad es el efecto de la interacción entre la especie del muérdago y la susceptibilidad del hospedero siendo más notoria en árboles de menos de 25 cm de diámetro con grados de ataque superior al 3 (Hawksworth y Wiens, 1996). La infección severa del muérdago ocasiona un debilitamiento general de la planta lo cual la vuelve menos competitiva y en condiciones limitantes de humedad durante la época seca se produce la mortalidad en los rodales sin manejo y con mayor densidad de plantas (Roth, 2001). La susceptibilidad se puede observar como una mayor intensidad del ataque hacia una especie por ejemplo *Pinus contorta* es muy atacado mientras que *Picea* y *Abies* no son atacados (Vázquez *et al.*, 2006).

También se ha observado una reducción en el número y tamaño de los conos y semillas producidos, la calidad de la madera de los árboles infestados es menor y más suave ya que presentan menor contenido de humedad y peso específico, traqueídas cortas y distorsionadas, con mayor número de rayos (Piirto *et al.*, 1974; Stanton, 2006), así como una predisposición de la planta infectada al ataque de insectos y enfermedades.

En el área Natural protegida “Parque Nacional Nevado de Toluca” en el Estado de México, se determinó la presencia del muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*), en 6,003 ha, lo que representa 30% del total de la superficie del bosque de pino, siendo el ejido de Santa María del Monte el que presentó la mayor cantidad del bosque infestado con 1,833 ha (Cedillo *et al.*, 2012). En Coahuila se calcularon daños en 6,000 ha con *A. vaginatum* sobre *P. rudis*; *Abies vejarii* afectado por *A. abietis religiosae* y *Pseudotsuga flahaulti* por *A. douglasii*, así como *Cupressus arizonica* y *Juniperus monosperma* dañados por *Phoradendron bolleanum* (Sánchez y Torres, 2006).

En el Parque Nacional Iztaccihuatl Popocatepetl se ha detectado a *Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum* parasitando a *P. hartwegii* con incidencias de 3% a 77% (Hernández *et al.*, 2005; Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2011 y 2013a). Se cita además

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

que la infestación se asocia con la altura y la cobertura de los pinos (Arriaga *et al.*, 1988; Hernández-Benítez *et al.*, 2005), con la altitud, la pendiente y la densidad de árboles no hospederos (Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2013b), y que la infestación se presenta en forma agregada (Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2014), así como también por los disturbios antropogénicos (talas y tiraderos de basura), existiendo una interacción negativa entre ambas especies de muérdago enano (Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2013b).

Caballero (1970), señala los porcentajes de afectación por estado: Chihuahua 8.5%, Durango 15%, Jalisco 12%, Nayarit 10%, Sinaloa 10%, Sonora 9%, y Zacatecas 24%; aun y cuando estos datos son muy antiguos, dan la percepción de que el problema está ampliamente distribuido y desde hace mucho tiempo. Dentro de un área infestada la magnitud de la infestación y el porcentaje de árboles afectado puede alcanzar hasta 85% (Acosta y Rodríguez, 1989).

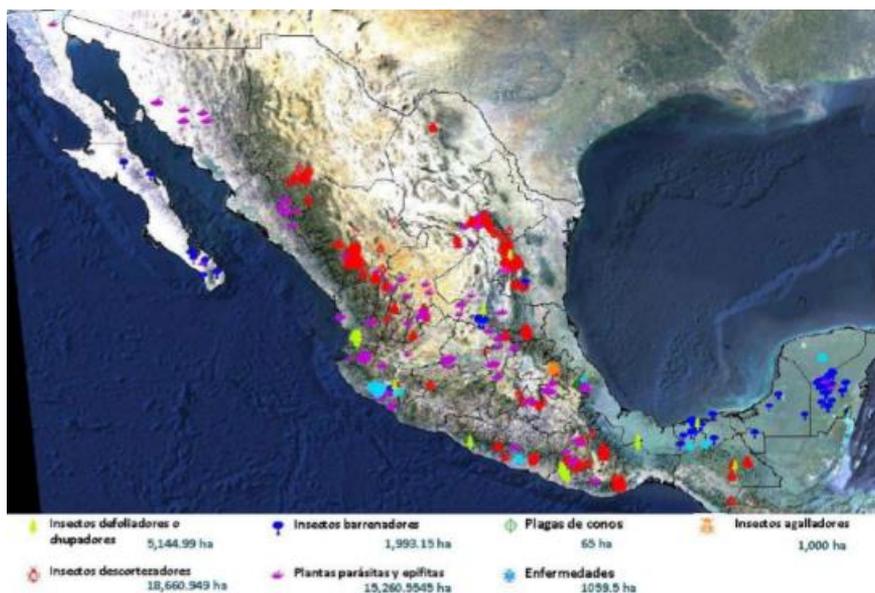


Figura 2. Mapa de la distribución de plagas y enfermedades en 2012 emitido por la gerencia de Sanidad de la CONAFOR.

Las zonas con afectaciones son atendidas por la gerencia de Sanidad de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) quien otorga apoyo para que se controle el muérdago en las áreas con afectación y proporciona información del estatus que guarda una plaga a nivel nacional (Figura 2). En el Cuadro 1 se observan los estados que solicitaron apoyo para el combate de plantas parasitas en 2016.

Cuadro 1. Estados con afectación por plantas parasitas y apoyados por la CONAFOR durante 2016.

Estados	Ha
Aguascalientes	643
Baja California	623
Ciudad de México	833.6
Colima	107
Durango	195
Edo de México	447
Guanajuato	1062
Hidalgo	168
Jalisco	250
Michoacán	100
Morelos	740.14
Nayarit	300
Nuevo león	209.8
Oaxaca	2638.12
Querétaro	1457.3
Quintana Roo	30
San Luis potosí	114.08
Sinaloa	388
Sonora	664.23
Tabasco	210
Tamaulipas	641
Tlaxcala	704
Veracruz	205.10
Zacatecas	568

Identificación

Un parasito es aquel que obtiene los nutrientes de otro organismo que se le llama hospedero, al cual le causa efectos detrimentales. Las plantas parasitas se dividen en dos grupos Holoparasitas y Hemiparasitas; las primeras no poseen clorofila y reciben el carbono fijado, agua, minerales y nutrientes del hospedero, mientras que las hemiparasitas si tienen clorofila y pueden fijar carbono vía la fotosíntesis, pero obtiene mucho de sus requerimientos (agua y minerales) del hospedero (Baskin y Baskin, 2014). Las hojas y los tallos a menudo son verdes y el contenido de clorofila en sus hojas puede ser comparable al de su hospedero; sin embargo, la cantidad de nitrógeno fijado que obtienen de su huésped es de 23% a 45% en *Viscum* y hasta 62% en *Phoradendron juniperinum* (Marshall and Ehleringer (1990) citados por Baskin y Baskin (2014).

Los muérdagos son plantas angiospermas hemiparásitas aéreas de árboles y arbustos, con raíces modificadas llamadas haustorios (Vázquez *et al.*, 2006).

En la República mexicana existen 9 géneros de muérdagos: *Antidaphne* Poepp. y Endl., *Oryctanthus* Eichler, *Phthirusa* Mart., *Arceuthobium* Bienb., *Phoradendron* Nuttall, *Dendrophthora* Eichler, *Cladocolea* van Tieghem, *Struthanthus* Mart. y *Psittacanthus* Mart. (Cházaro y Oliva, 1991). De estos solo *Arceuthobium* (muérdagos enanos), *Psittacanthus*, *Phoradendron* y *Struthanthus* (muérdagos verdaderos) afectan coníferas (Figura 3 a, b, c y d) (Vázquez *et al.*, 2006). En la siguiente clave se presenta la forma de separar los diferentes géneros.

Clave para separar los géneros de la familia Loranthaceae que afectan Coníferas. Tomado de Vázquez *et al.*, 2006.

- 1a. Flores sin cáliz en dos o más hileras 2
 - 2a. Flores solitarias en las axilas de las brácteas; hojas reducidas a escamas (Figura 3a) *Arceuthobium*
 - 2b. Flores naciendo arriba de las brácteas sobre el eje de la espiga; hojas con frecuencia con buen desarrollo (Figura 3b) *Phoradendron*
- 1b. Flores con cáliz, con frecuencia grandes y vistosas 3
 - 3a. Flores no hendidas en el eje de la inflorescencia, sésiles o pediceladas, rodeadas, de 1 cm de longitud, brácteas o perianto de 4 mm de largo (Figura 3c) *Struthanthus*
 - 3b. Flores grandes y vistosas de color amarillo o anaranjado de 2 cm de longitud o más (Figura 3d) *Psittacanthus*



Figura 3.- Géneros de muérdagos presentes en México a) *Arceuthobium*, b) *Phoradendron*, c) *Struthanthus* d) *Psittacanthus*.

Por lo general los muérdagos son más abundantes en bosques de coníferas de clima frío y se les encuentra en más de 10% del área boscosa, las infestaciones varían en cada estado, se reporta en Durango 15%, Nayarit 10%, Sonora 9%, Baja California 7%, Zacatecas 24%, Sinaloa 10% y Jalisco 12% (Caballero 1970).

Los muérdagos del género *Arceuthobium*, son angiospermas que se incluían dentro de Loranthaceae como miembros de Viscaceae; sin embargo, actualmente se les trata como parte de Santalaceae (Santalales). Debido a que las diferencias de Santalaceae con los miembros de Loranthaceae y Viscaceae fueron puntualizadas desde 1895 por Van Tieghem, quien propuso que *Arceuthobium* se separara en una familia independiente ubicada entre Viscaceae y Santalaceae (Hawksworth y Wiens 1996; Quiñonez, 2016). Una diferencia práctica es que las flores de Viscaceae son pequeñas e incospicuas mientras que las de Loranthaceae son grandes, coloridas y poseen cáliz; las primeras se desarrollan en zonas templadas del hemisferio norte y las segundas en las zonas tropicales, aunque cabe mencionar que en México existe traslape (Barlow, 1983).

Pudiendo aun coexistir en el mismo árbol dos géneros de muérdago, se citan los casos de *Pinus engelmannii* que es coinfectado por *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* y *Psittacanthus macrantherus* en Durango y *Pinus pseudostrobus* coinfectado por *A. globosum* subsp. *grandicaule* y *Psittacanthus macrantherus* en Michoacán. En Durango se observó a *globosum* y *A. vaginatum* sobre *P. durangensis* (Figura 4) (Quiñonez, 2016), aunque esta situación es más bien rara (Geils et al., 2002). No se han detectado infestaciones en *Abies durangensis*, *A. guatemalense*, *A. hickel*, *A. mexicana* y *A. michoacana*, *Picea chihuahuana*, *P. mexicana*, *Pinus chapensis*, *P. gregii*, *P. maximartinezii*, *P. nelsoni*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P.*

rzedowskii, *P. torreyana*, *P. washoensis* y *Pseudotsuga macrocarpa* (Hawksworth y Wiens, 1972)



Figura 4.- *Pinus durangensis* afectado por A) *Arceuthobium globosum* y B) *Arceuthobium vaginatum*. (Foto: Sergio Quiñonez Barraza, 2016).

El género *Arceuthobium* es parasítico sobre plantas de las familias Pinaceae y Cupresaceae; son plantas glabras de colores verde amarillento a naranja, rojizos o negruzcos con tallos ramificados, las hojas opuestas reducidas a escamas, flores sésiles, arregladas en el tallo en pares opuestos en ángulo recto en brotes jóvenes, de 2 a 4 mm en sección transversal, las flores estaminadas con un nectario central perianto segmentado usualmente tres o cuatro y fruto ovoide con una sola semilla que al madurar lanza al exterior en forma explosiva (Calderón, 1979; Hawksworth *et al.*, 2002).

La mayor diversidad se presenta en el noroeste de México y oeste de los Estados Unidos, donde se han detectado 28 de las 34 especies del Nuevo Mundo, con un rango de distribución desde el oeste de los Estados Unidos hasta Centro América (Hawksworth *et al.*, 2002). En la República Mexicana se tienen registros de muérdagos enanos en 24 estados (Hawksworth y Wiens, 1996) parasitando exclusivamente a los géneros *Pinus*,

Pseudotsuga y *Abies* con 29, 2 y 2 especies respectivamente (Vázquez *et al.*, 2006).

Clave para identificación de los muérdagos enanos (*Arceuthobium* spp.) presentes en México.

(Modificado de Quiñonez, 2016 y Hawksworth y Wiens, 1972 y Hawksworth y Wiens, 1980)

- 1a Parásitas de *Abies* y *Pseudotsuga* (cahuites, pinabetes) 2
 - 2a Plantas de 1 a 3 cm de longitud (es el más pequeño de los muérdagos enanos), de color verde grisáceo; crece únicamente sobre *Pseudotsuga* *douglasii*
 - 2a Plantas en promedio de 3 a 8 (máximo <12) cm de longitud; de color verde, verde amarillento, verde marrón, rara vez café rojizo; no verticiliadas parasita a *Abies durangensis* en Chihuahua y Durango
..... *abietinum* subsp. *concoloris*
 - 2c Plantas de <16 cm de longitud; de color verde olivo, los más viejos variegados con negro; parasita *Abies religiosa* en Ciudad de México, Estado de México, Jalisco, Hidalgo y Nuevo León
..... *abietis* subsp. *religiosae*
- 1b Parásitas de pinos en centro-norte de México 3
- 1c Parásitas de pinos en Baja California o sur de México 12
 - 3 Parasita únicamente a pinos blancos (*Pinus strobiformis*); plantas promedio de 3 a 7 (máximo <18) cm, de color verde-grisáceo a pajizo o amarillento 3a y 3b
 - 3a presente en la sierra madre Occidental (Durango, Chihuahua y Sonora) brotes pajizos usualmente mayor a 6 cm *blumeri*
 - 3b presente en la sierra madre Oriental (Coahuila) amarillento de 3 a 4 cm *apachecum*
 - 3 Parasita *Pinus cembroides* y *Pinus discolor* (S.L.P. y Veracruz) plantas verde olivo tamaño promedio de 15

- (máximo 22) cm de longitud produce escobas de bruja en plantas estaminadas en forma sistémica *pendens*
- 3** Parasitan a pinos amarillos, nunca a *P. strobiformis*; plantas de tamaño y color diversos 4
- 4** Plantas masculinas y femeninas con ramificación diferente (marcado dimorfismo sexual), las femeninas más ramificadas que las masculinas; pueden formar escobas de bruja (Figura 1C) 5
- 5** Flores estaminadas (masculinas) arregladas en forma verticilada (Figura 5), 6 a 8 por nudo, en espigas que se caen después de la floración; frutos maduros grandes (1.0 cm o más de largo) *verticilliflorum*
- 5** Flores estaminadas no verticiladas, usualmente dos por nudo, las plantas pueden caducar o no, después de la floración; frutos maduros menores a 1.0 cm de largo 6
- 6** Plantas de color verde amarillento, las masculinas no o poco ramificadas, las femeninas densamente ramificadas; frutos no glaucos *strictum*
- 6** Plantas de color castaño rojizo oscuro, castaño verdoso, gris verdoso oscuro o casi negras cuando maduras, a veces verdes o amarillentas cuando jóvenes, las masculinas con ramificación abierta, las femeninas densamente ramificadas; frutos glaucos; parasitan a diversas especies 7
- 7** Plantas masculinas hasta de 22 cm de alto y 6.5 mm de diámetro en la base, las femeninas hasta de 29 cm de alto y hasta 8.5 mm en la base; flores de color verde a verde amarillento, abren en marzo y abril; fruto hasta de 4.4 mm de ancho *gillii*
- 7** Plantas masculinas hasta de 54 cm de alto y 12.5 mm de diámetro en la base, las femeninas hasta de 37 cm de alto y hasta de 13 mm de

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

- diámetro en la base; flores de color rojo, abren de septiembre a enero; fruto hasta de 5 mm de ancho..... *nigrum*
- 4** Plantas masculinas bien ramificadas, al igual que las femeninas (escaso dimorfismo sexual o este poco visible); no forman escobas de bruja **8**
- 8** Plantas de color amarillo brillante o amarillo verdoso, las maduras en forma de globo o bola; en infestaciones severas llega a crecer sobre los troncos; parasita principalmente a *P. durangensis*, *P. cooperi* y *P. arizonica* *globosum*
- 8** Plantas de color amarillo, anaranjado, castaño, rojo, verde grisáceo y negro, no en forma de globo o bola; longitud variable; parasitan a diversas especies **9**
- 9** Plantas y fruto de color rojo a castaño rojizo brillante, se secan gris oscuro o castaño opaco con amarillo dorado en la parte apical de los entrenudos (bandedado característico, Hawksworth y Wiens, 1996), el fruto seca rojo o castaño; plantas comúnmente menores a 10 cm, pero las masculinas llegan a alcanzar hasta 20 cm, distribución en Oaxaca y Durango *rubrum=oaxacatum*
- 9** Plantas y fruto no de color rojo brillante; comúnmente mayores a 10 cm, excepto *A. yecorensis*, que va desde 6 cm de largo) **10**
- 10** Plantas de 6 a 18 cm de largo, delgadas, de 2 a 5 mm de diámetro en la base, de color amarillento, castaño amarillento o verde amarillento *yecorensis*
- 10** Plantas con frecuencia de más de 10 cm de largo, pudiendo alcanzar hasta 55 cm, diámetro en la base mayor de 4 mm, a veces más de 1 cm, de color variable **11**

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

- 11** Plantas de color castaño oscuro a negro, a veces verdoso o rojo, pero no brillante; frutos 4 a 5.5 mm de longitud, de color rosa a gris pálido o marrón pálido con ápice más oscuro que el resto del fruto; parásita de pinos de la región “Madrense” ver Quiñonez, 2016 (*P. arizonica*, *P. cooperi*, *P. engelmannii*, rara vez sobre *P. durangensis* y *P. leiophylla*)
..... *vaginatum*
- 11** Plantas de color anaranjado a amarillento oscuro; frutos de 7 mm de largo, de color gris azulado glauco con ápice de color amarillento a anaranjado, más pálido que el resto del fruto *durangense*
- 12a** Parasitas presentes en Baja California 13
- 13a** afectando a pinos piñoneros, plantas cafés con internudos de 1 a 2 mm de ancho, afecta *P. edulis*, *P. quadrifolia*, y *P. monophylla* *divaricatum*
- 13b** afectando *P. jeffreyi*, plantas amarillentas con internudos de 2 a 4 mm de ancho
..... *campylopodum*
- 12b** parasitas presentes en el sur de México* 14
- 14a** afectando a *P. ayacahuite* *guatemalense*
- 14b** diversos hospederos, *P. oaxacana*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. tucumanii*; plantas café olivo a verde grisáceo, con diámetro basal de brotes de 3 a 9 mm *hondurensis*

*En esta región también se presentan *A. rubrum* y *A. globosum* (*grandicaule*, *petersonii* y *aureum*) (Mathiasen et al., 2011).

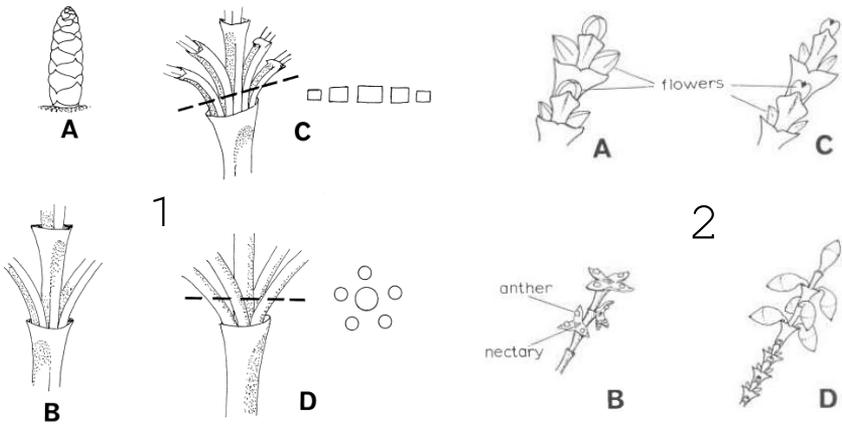


Figura 5. Características de los brotes de muérdago enano 1a) brote joven mostrando el arreglo decusado de los entrenudos, 1b) brote viejo con entrenudos alargados, 1c) ramificación flabelada (abanico), 1d) ramificación verticiliada (círculo). 2a y 2b brotes con flores estaminadas, 2c brotes con flores pistiladas y 2d brote con dos generaciones de frutos (Tomado de Hawksworth y Wiens, 1972).

Distribución

La diversidad de muérdagos es más grande en las zonas tropicales y subtropicales, aunque los géneros *Arceuthobium*, *Phoradendron* y *Viscum* (familias Viscaceae y Laurasian) se ubican en zonas templadas (Vidal-Russell y Nickrent, 2007 citado por Baskin y Baskin, 2014)). El género *Arceuthobium* se distribuye tanto en el viejo mundo como en América (Hawksworth, 1987), su distribución al norte se limita por la presencia de bajas temperaturas en el invierno, exposiciones a temperaturas de $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 96 h. matan las semillas (Brandt *et al.* (2004) citado por Baskin y Baskin, 2014).

La mayor concentración de muérdagos enanos en América son el norte de California y sur de Oregon en EUA con 12 taxones y Chihuahua y Durango en México con 13 taxones, esta última zona se ubica en la Sierra Madre Occidental en el área comprendida entre Chihuahua y norte de Durango y es

considerada como el área con mayor diversidad de muérdago enano (Figura 6) (Mathiasen *et al.*, 2008; Quiñonez, 2016).



Figura 6. Distribución del muérdago enano *Arceuthobium* spp. en Norteamérica. Redibujado de Hawksworth y Wiens, 1972.

La CONAFOR reporta infestaciones por muérdagos en la mayoría de los estados de la República Mexicana, los más afectados son: Michoacán, Veracruz, Tlaxcala, Morelos, Oaxaca, Guerrero y Querétaro (Marchal-Valencia, 2009).

En el Sur de México se reportan cuatro especies de *Arceuthobium*: *A. globosum* con cuatro subespecies (*aureum*, *grandicaule*, *petersonii* y *globosum*, aunque esta última se distribuye en Chihuahua y Durango), *A. guatemalense*, *A. hondurensis*, y *A. rubrum* (Mathiasen, 2008). Cuadro 2 y Figura 7 muestran la distribución, así como los diferentes hospederos.

Cuadro 2.- Hospederos de muérdagos enanos en el sur de México tomado de Mathiasen *et al.*, 2011.

HOSPEDERO	MUÉRDAGO ENANO REPORTADO COMO PARÁSITO
<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Arceuthobium guatemalense</i>
<i>P. devoniana</i>	<i>A. petersonii</i> ; <i>A. rubrum</i>
<i>P. hartwegii</i>	<i>A. globosum</i> subesp. <i>grandicaule</i>
<i>P. lawsonii</i>	<i>A. hondurense</i> ; <i>A. rubrum</i>
<i>P. montezumae</i>	<i>A. globosum</i> subesp. <i>petersonii</i>
<i>P. maximinoi</i>	<i>A. globosum</i> subesp. <i>aureum</i>
<i>P. oaxacana</i>	<i>A. hondurense</i> ; <i>A. globosum</i> subesp. <i>petersonii</i> ; <i>A. rubrum</i>
<i>P. patula</i>	<i>A. globosum</i> subesp. <i>grandicaule</i> ; <i>A. globosum</i> subesp. <i>petersonii</i> ; <i>A. hondurense</i>
<i>P. pseudostrobus</i>	<i>A. globosum</i> subesp. <i>aureum</i> ; <i>A. globosum</i> subesp. <i>grandicaule</i> ; <i>A. globosum</i> subesp. <i>petersonii</i> ; <i>A. hondurense</i> ; <i>A. rubrum</i>
<i>P. tecunumanii</i>	<i>A. hondurense</i>
<i>P. teocote</i>	<i>A. hondurense</i>

En el Campo Experimental Forestal “San Juan Tetla”, Puebla, Rodríguez (1986) cita la presencia de *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum* afectando a *Pinus hartwegii* con una incidencia de 3 árboles infestados por 0.10 ha con mayor afectación en el rango 3500-3699 msnm donde se incrementó a 10 árboles atacados para la misma superficie; en ese rango *A. globosum* subsp. *grandicaule* presento una abundancia de 22 árboles para 0.10 ha. También reporta la infestación de *Abies religiosa* por *Arceuthobium abietis religiosae* con una incidencia de 3 a 5 árboles en 3100 a 3299 msnm.

En Michoacán se han registrado entre 10 y 17 especies de muérdago dentro de los géneros: *Arceuthobium*, *Phoradendron*, *Psittacanthus*, *Struttanthus* y *Cladocolea* (Bello, 1984; Bello y Gutiérrez, 1985). De los muérdagos enanos se han identificado

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

a. *globosum* subsp. *grandicaule*, *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* y *A. abietis* subsp. *religiosae* (Vázquez et al., 2006).

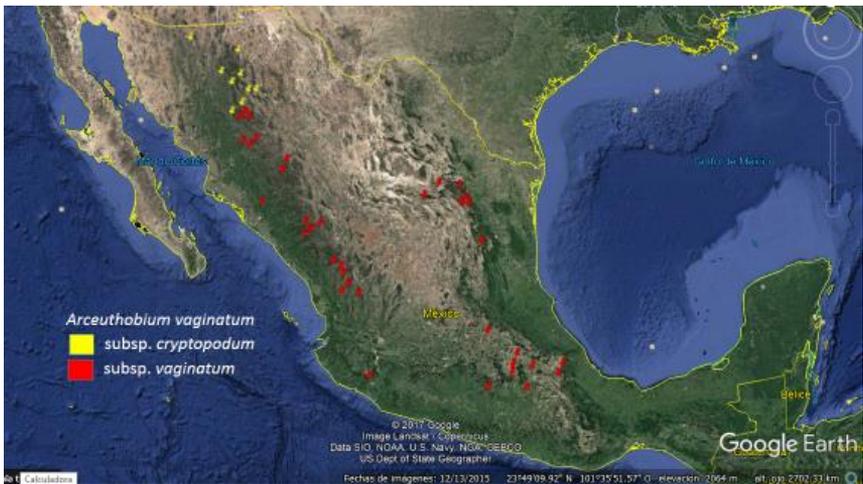
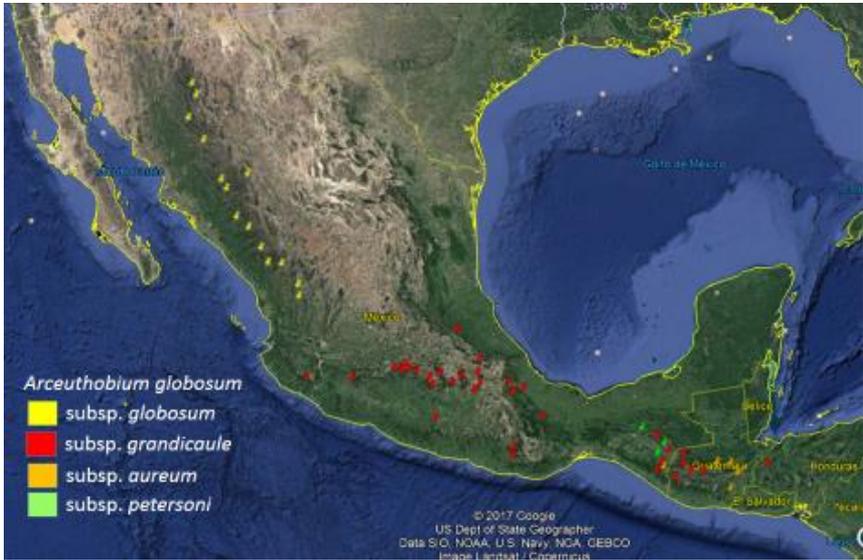


Figura 7.- Distribución de las principales especies de *Arceuthobium* en México (Mathiasen et al., 2011).

Arceuthobium abietinum

Este muérdago afecta principalmente a *Abies concolor*, *A. grandis*, *A. duranguense* y *A. lowiana*, en nuestro país afecta a *Abies duranguense* (Figura 8b) reportándose que se distribuye en el occidente de Estados Unidos desde Washington y Oregon hasta California, Arizona y New Mexico, así como en Chihuahua y Durango en México (Figura 8a). Este muérdago

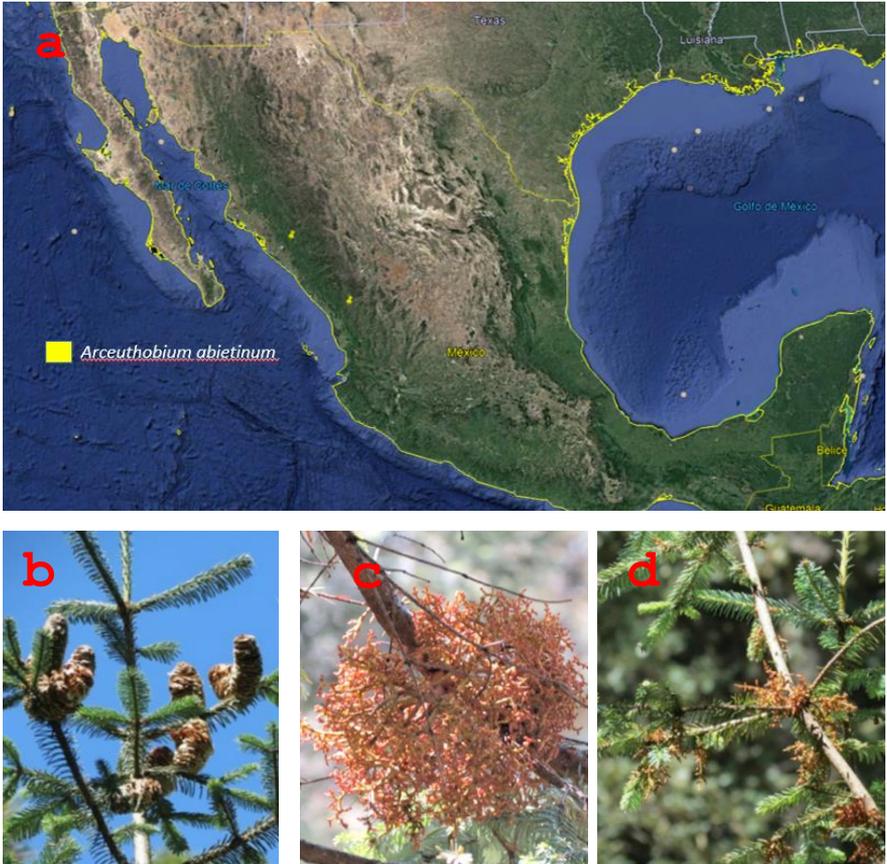


Figura 8. Distribución y características de *A. abietinum* en *Abies duranguense*. a) distribución en México (redibujado de Quiñonez, 2016), b) aspecto de brotes y conos de *A. duranguense* y c, d) aspecto general del muérdago (Fotos Quiñonez, 2016).

presenta brotes de 8 cm de alto de color verde amarillento a amarillo (Figura 8c y d) con distribución flabeladas (abanico) (Figura 5), el diámetro basal de los brotes dominantes es 1.5 a 6.0 mm (2.0 mm) rango y promedio respectivamente (esta anotación se seguirá para el resto de las descripciones), con el tercer entrenudo con 4 a 23 (14) mm. Flores estaminadas de 2.5 mm, perianto trímero del mismo color que los brotes frutos maduros de 4 por 2 mm los frutos maduran en septiembre-octubre después de un año de la polinización con la maduración de las semillas de febrero a junio (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium abietis religiosa

Afecta preferentemente a *Abies religiosa*, aunque puede parasitar también a *a. vejari*, se le ubica en el centro de México, Nuevo León y Jalisco (Figura 9), presenta brotes verde olivo, aunque los brotes viejos presentan una variegación con negro, la ramificación en ocasiones es verticiliada (círculo) Figura 5, diámetro basal de brotes dominantes 2 a 10 (4) mm con el

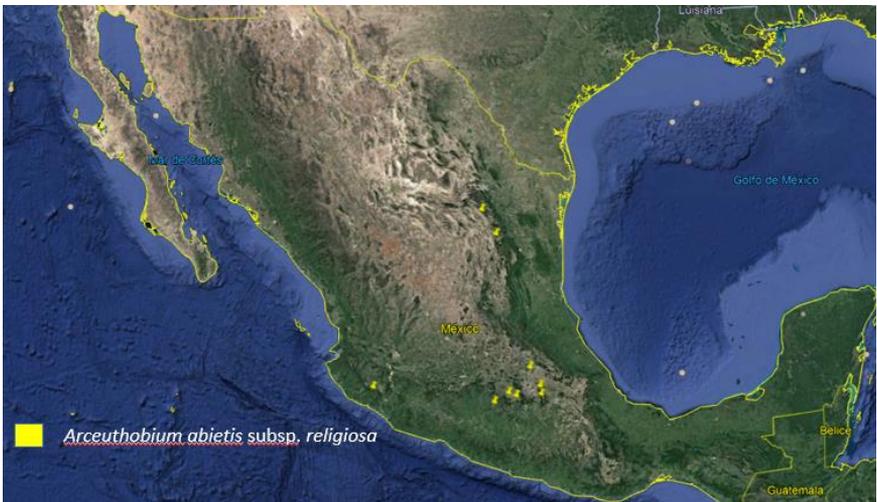


Figura 9. Distribución de *A. abietis subsp. religiosa* Hell Redibujado de Hawksworth *et al.*, 2002.

tercer entrenudo de 8 a 24 (15) mm, los botones estaminados de dos a cuatro por nodo, flores estaminadas de 2.0 mm de largo y 2.4 mm de ancho perianto trímero en ocasiones tetrámero del mismo color que los brotes en la superficie exterior, rojizo en la interior. Las flores pistiladas de 1.0 mm de longitud 0.5 de ancho, frutos maduros de 3.5 por 2.0 mm florea en marzo a abril y septiembre a octubre con la maduración de los frutos en octubre a noviembre (Hawksworth *et al.*, 2002).

Arceuthobium blumeri

Arceuthobium blumeri se conoce del sur de Arizona y de la Sierra Madre Occidental en Chihuahua, Durango, oriente de Sinaloa (Figura 10a). Aunque Hawksworth (1991), lo ubica también en la Sierra Madre Oriental en Coahuila y Nuevo León. Brotes grisáceos a amarillo o verde claro de 6 a 7 (18) cm (Figura 10c) pudiendo formar escobas de bruja (Figura 10d), ramificación flabelada, el diámetro basal de brotes dominantes 1 a 3 (2.1) mm, tercer entrenudo 5 a 14 (9.1) mm, flores estaminadas de 2.5 mm largo por 2.5 a 3.0 mm de ancho perianto trímero a sexámero (preferentemente 3 o 4), frutos maduros de 4 por 2.5 mm, el desarrollo de los frutos tarda de 13 a 14 meses y ocurre de agosto a octubre. Parasita a *Pinus ayacahuite* var *brachyptera* en la sierra Madre Occidental (Figura 10 b) y *P. strobiformis* var *potosiensis* en Nuevo León Figura 10 (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium douglasii

Presenta brotes verde olivo de 1.0 a 3.0 cm de alto considerado el más pequeño de los muérdagos enanos (Figura 11d), ramificación flabellada, diámetro de brotes dominantes 1.0 a 1.5 (1.0) mm, el tercer entrenudo 2 a 6 (3.6) mm largo 1.0 mm ancho. Ocasiona infecciones sistémicas y grandes escobas de bruja (Figura 11c y d). Flores axilares en pares ocasionalmente nacen en segmentos parecidos a pedicelos.

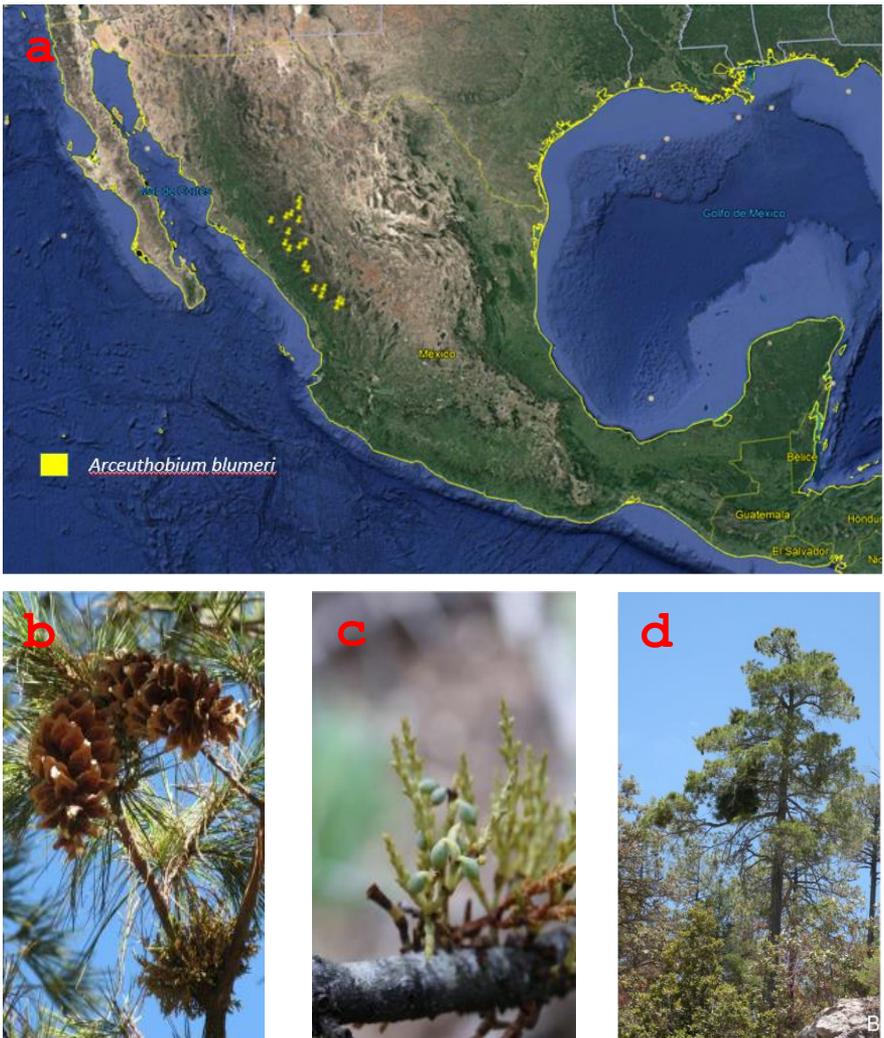


Figura 10.- Distribución y características de *A. blumeri* a) distribución de *A. blumeri*, b) aspecto de los conos de su hospedero *Pinus ayacahuite*, c) aspecto de muérdago con frutos y d) formación de escobas de bruja (redibujado de Quiñonez, 2016) (Fotos: Sergio Quiñonez Barraza).

Flores estaminadas 2.0 mm de largo por 2.3 mm de ancho con perianto preferentemente trímero (pudiendo existir dímero o tetrámero) redondeados en el ápice con la superficie interior rojiza a púrpura, mientras que la superficie exterior es del

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

mismo color que los brotes. Flores pistiladas de 1.5 largo y 1.5 mm de ancho. Frutos maduros verde olivo a verde de 3.5 a 4.5 (4.0) mm de largo y 1.5 a 2.0 mm de ancho ovoides. Floración de marzo a mayo con la maduración de los frutos de agosto-septiembre con un periodo de maduración de 17 a 18 meses (Hawksworth *et al.*, 2002).



Figura 11. – Distribución de *A. douglasii* en *Pseudotsuga menziesii* a) distribución de *A. douglasii* redibujado de Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016, b) conos de *Pseudotsuga menziesii*, c) infecciones sistémicas, d) aspecto general del muérdago (Fotos: Sergio Quiñonez Barraza).

Los hospederos principales son *Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* (Figura 11b) (Washington, Oregon y California) y *P. menziesii* var. *glauca* (de Columbia británica hasta el centro de México) en México se le ubica en Chihuahua, Durango y probablemente Sonora, así como Coahuila y Nuevo León (Figura 11a) (Hawksworth, 1991; Quiñonez, 2016). Se le considera como el muérdago presente a mayor altitud.

Arceuthobium duranguense

Brotes grandes 20 a 50 (30) cm naranja brillante (Figura 12b), los viejos se tornan pendulosos, diámetro basal de brotes dominantes 4 a 8 (6.0) mm, tercer internudo 9 a 22(17.9) mm de largo por 3.5 a 6.0 (4.5) mm de ancho. Flores estaminadas 2.5 largo por 2.5 mm ancho. Frutos maduros de 7.0 por 3.5 mm de color azulado (Figura 12), el periodo de desarrollo es de 15 a 18 meses y la maduración ocurre de julio a septiembre. *Arceuthobium duranguense* tiene distribución casi restringida a la Sierra Madre Occidental en Durango y Sinaloa, a excepción de algunas sierras en Jalisco, llegando al sur hasta la sierra de Quila (Figura 12a). Es común en la vertiente occidental de la Sierra Madre Occidental o región Madreense-Tropical, y raro en la región Madreense (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium gilli* y *Arceuthobium nigrum

El muérdago enano *A. gilli* presenta brotes de 8 a 15 (25) cm color verdoso-café, ramificación flabellada con el diámetro basal de los brotes 2.5 a 8 (4.0) mm con el tercer internudo 5 a 18 (10.7) mm de largo y 2.0 a 4.5 (2.8) mm de ancho, flores estaminadas de 3.5 de largo y 2.5 a 4.0 (3.2) mm de ancho de color amarillo (Figura 13b), flores pistiladas de 1.5 x 1.0 mm, frutos maduros de 4 a 5.0 mm de largo y 2 a 3 mm de ancho, la floración de marzo a abril con un periodo de maduración de 19 meses y la maduración de los frutos en octubre. Los hospederos preferidos son *Pinus leiophylla* var *chihuahuana*, *P. lumholtzi* y

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

P. herrerae, también puede afectar a *P arizonica* var *arizonica* y *P cooperi*, aunque esto no es común. Se distribuye desde el Sur de Arizona y New Mexico a Chihuahua y extremo norte de Durango. Para Durango se conoce un solo registro cerca de los límites con el estado de Chihuahua (Figura 13a) (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

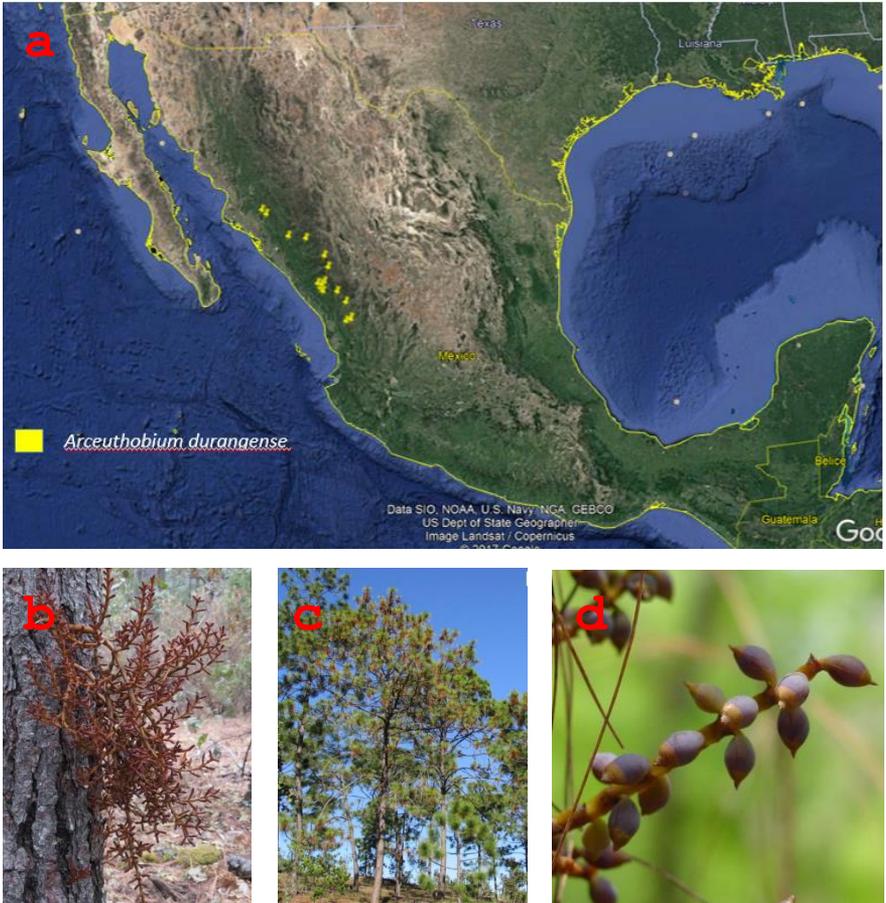


Figura 12.- Distribución de *A. durangense* y características del muérdago. a) distribución, redibujado de Quiñonez, 2016, b) aspecto de una planta en el fuste del hospedero, c) árbol muy infestado, d) aspecto del fruto. (Fotos: Sergio Quiñonez Barraza).

Arceuthobium nigrum presenta brotes de 15 a 45 (35) cm café oscuro a negro con el diámetro basal de los brotes dominantes 3 a 8 (5) mm, el tercer entrenudo 5 a 19 (10.8) mm de largo 2.5 a 6.0 (3.7) mm de ancho flores estaminadas de 3 mm de largo por 3.5 mm de ancho, de color rojizo (Figura 13c) frutos maduros de 6 a 9 (7) mm de largo por 3.5 mm de ancho presenta dos épocas de floración marzo a abril y septiembre a octubre. La dispersión de las semillas es en septiembre del año posterior, desconociéndose la época de esta etapa para la

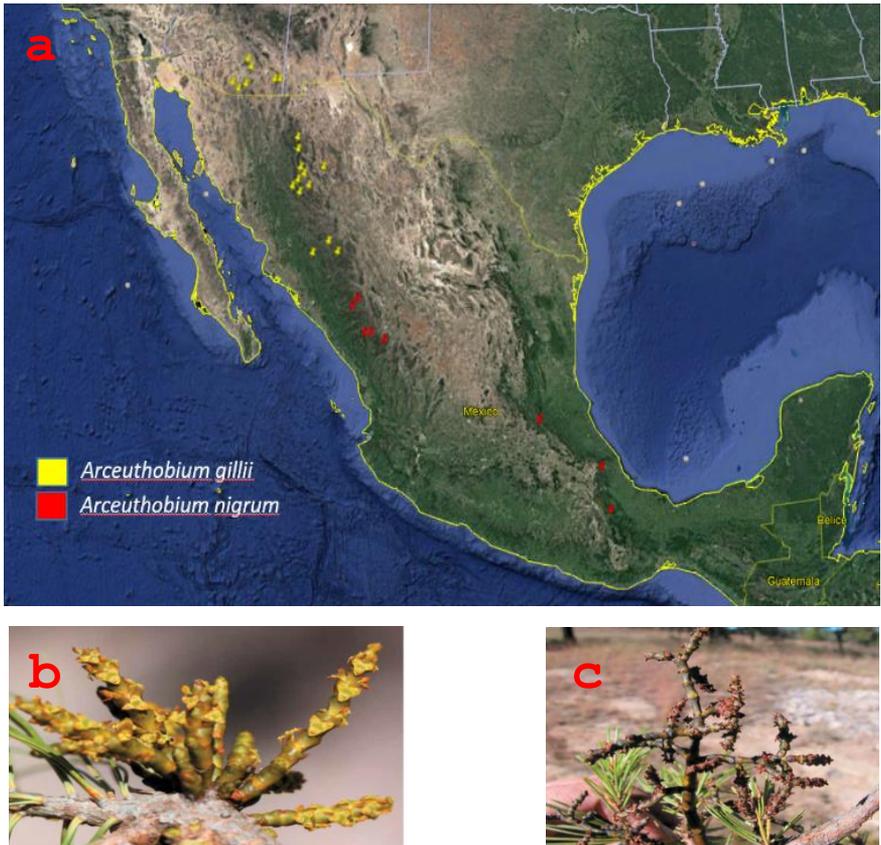


Figura 13. Distribución y aspecto de los muérdagos *A. gillii* y *A. nigrum*. a) distribución, redibujado de Kenaley y Mathiasen 2013; Quiñonez, 2016 b) aspecto general *A. gillii* (flores amarillas y brotes verdes) y c) aspecto general de *A. nigrum* (flores rojizas y brotes oscuros). Fotos: Sergio Quiñonez Barraza.

floración de marzo. Los hospederos más comunes de *A. nigrum* son: *Pinus leiophylla* var *leiophylla*, *P. leiophylla* var *chihuahuana*, *P. lumholtzii*, *P. lawsonii*, *P. patula*, *P. oaxacana* y *P. teocote*, pudiendo afectar también a *P. montezumae* y *P. pseudostrobus* mientras que *P. arizonica* var *arizonica* y *P. cooperi* son hospederos raros. Se distribuye del norte de Durango a Chiapas, incluyendo Chiapas, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas (Figura 13a) (Hawksworth et al., 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium globosum

Debido a la gran variación se ha dividido en cinco subespecies: *A. aureum* subsp. *aureum*, *A. aureum* subsp. *petersonii*, *A. globosum* subsp. *globosum*, *A. globosum* subsp. *grandicaule*, y *A. globosum* subsp. *hawksworthii* (Hawksworth and Wiens, 1977; Wiens y Shaw, 1994).

Arceuthobium globosum sbsp. *globosum* brotes de 15 a 50 (20) cm de color amarillo brotes flabelados, diámetro basal 3 a 10 (7) mm, tercer entrenudo 19 mm de largo por 4 mm de ancho, flores estaminadas de 4 mm de ancho frutos maduros de 5 por 2.5 mm (Figura 14c), florecen de marzo a abril y los frutos maduran de junio a julio con un periodo de desarrollo de 15 a 16 meses los principales hospederos son: *Pinus cooperi*, *P. durangensis* y *P. engelmannii*, aunque también puede afectar a *P. arizonica* y en raras ocasiones a *P. teocote*. Se caracteriza por su color amarillo brillante y forma globosa y no formar escobas de bruja (Figura 14 b y c). Se distribuye ampliamente en la sierra Madre Occidental, se le ubica desde Sonora y Chihuahua a Guatemala y Honduras. Algunos estados donde se le tienen registros son: Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Jalisco y Zacatecas (Figura 14a) (Hawksworth et al., 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium globosum subsp. *grandicaule* brotes de 18 a 50 (70) cm amarillo verdoso con la base oscura en los brotes viejos ramificación flabellada, diámetro basal de brotes dominantes 10 a 48 (17) mm tercer entrenudo 14 a 37 (27) mm de largo y 3 a 20 (7) mm de ancho. Flores estaminadas de 5 mm de ancho perianto tetrámero. Frutos maduros de 6 a 7 mm de largo y 3.5 mm de ancho; florea de enero a mayo con el pico en marzo y abril, los frutos maduran en julio a octubre después de 16 a 18

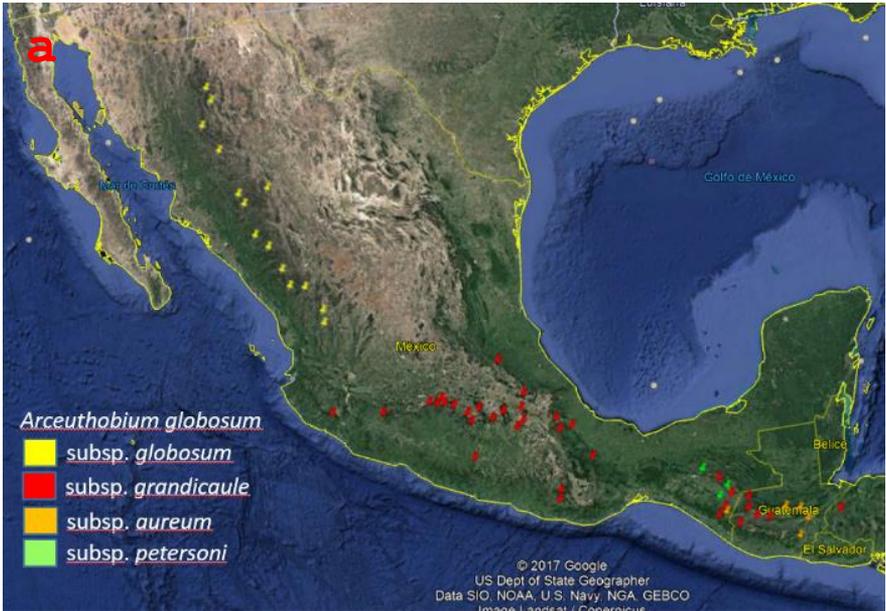


Figura 14.- Distribución de *A. globosum* redibujado Mathiasen *et al.*, 2011 y características de *A. globosum* subsp. *globosum* en *Pinus durangensis*. a) aspecto de un árbol fuertemente infestado, b) aspecto de un muérdago maduro y c) acercamiento de los frutos. (Fotos: Sergio Quiñonez Barraza).

meses de la fecundación. Afecta al menos 12 especies de pinos en México *P. douglasiana*, *P. durangensis*, *P. hartwegii*, *P. lawsonii*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis* y *P. teocote*. Es considerado como el más abundante de los muérdagos enanos; en México se distribuye en Ciudad de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz (Figura 14a) (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium rubrum

Este muérdago presenta brotes de 10 cm café rojizo a café negruzco, ramificación flabellada, plantas estaminadas más grandes que las pistiladas. Diámetro basal 2 a 3 (2.4) mm, tercer entrenudo 4 a 12 (6.9) mm de largo y 2 a 3 (2.3) mm de ancho, flores estaminadas de 1.0 a 1.5 de ancho, perianto trimero. Frutos maduros de 3.5 por 2.0 mm, florea en julio y los frutos maduran de mediados de julio a agosto, un año después de la fecundación. Se caracteriza por su color rojizo oscuro y ser delgados (Figura 15), cuando están secos se tornan cafés con la porción apical de cada segmento amarillento. Se ubica en Durango y Sinaloa, así como en Oaxaca (Hawksworth y Wiens 1996; Mathiasen *et al.*, 2009). Los hospederos son *Pinus cooperi*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. herrerae* y *P. teocote* (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium strictum

Brotes de 7 a 13 cm de alto, café amarillento-verdoso con ramificación flabellada, plantas estaminadas más grandes que las pistiladas (Figura 16 c), diámetro basal de brotes dominantes 2.5 a 4.0 (3.0) mm, tercer entrenudo 1 a 8 (3.6) mm de largo por 1.5 a 3.5 (2.3) mm de ancho. Flores estaminadas de 3.0 mm de ancho perianto tri, tetra, a pentámero. Frutos maduros de 4.0 por 2.5 mm. Florea de julio

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

a octubre con pico en septiembre. Los frutos maduran después de 13 meses y esto ocurre de mediados de septiembre a octubre. Afecta a *Pinus leiophylla* var *chihuahuense* en forma preferencial, aunque puede atacar a *P. teocote* y raramente a *P. engelmannii*. Se le ubica en el sur de Durango (Figura 16), en la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental, en bosque bajo abierto en la región Madrense xerófila y en bosque de encino-pino y pino-encino en partes bajas de la región Madrense (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).



Figura 15.- Distribución y características de *A. rubrum* Tomado de Quiñonez, 2016. a) distribución, b) *Pinus teocote* con infestación fuerte, c) aspecto general del muérdago y d) brote femenino con frutos. (Fotos: Sergio Quiñonez Barraza).

Identificación, distribución y control de muérdago enano...



Figura 16. – Distribución y características de *A. strictum* (Tomado de Quiñonez 2016). a) distribución, b) *Pinus chihuahuana* fuertemente infestado, c) detalle de dimorfismo de brotes estaminados más grandes y delgados, femeninas cortitos y con frutos, d) frutos maduros. (Fotos Sergio Quiñonez Barraza).

Arceuthobium vaginatum

Esta especie se ha dividido en dos: plantas con brotes café a negros con más de 20 cm de alto, con flores de más de 3 mm y periodo de floración de marzo a abril (*A. vaginatum* subsp. *vaginatum*) y en plantas naranjas con brotes menores a 20 cm

con flores < 3.0 mm de largo y un periodo floración mayo a junio (*A. vaginatum* subsp. *cryptopodum*).

Arceuthobium vaginatum subsp. *vaginatum*, presenta brotes café oscuro a negro raramente rojizos de 20 a 55 cm de alto, diámetro basal de brotes dominantes 4 a 20 (7.0) mm, tercer entrenudo 5 a 30 (17.4) mm de largo y 2.5 a 8.5 (5.0) mm de ancho flores estaminadas de 1.6 por 1.1 mm, frutos maduros de 5.5 por 3.5 mm, floración de marzo a abril, la maduración de los frutos es en agosto con un periodo de desarrollo de 17 meses. Esta subespecie es la que tiene el más amplio rango de distribución de los muérdagos enanos en nuestro país; se ha colectado en 13 especies de pinos: *P. arizonica* var *arizonica*, *P. arizonica* var *stormiae*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. lawsonii*, *P. montezumae*, *P. patula*, y *P. rudis*, en forma adicional como hospedero secundario a *P. teocote*. Su rango de distribución va desde el oeste de la sierra Madre Occidental, sur de Chihuahua a través de Durango-Jalisco en la Cordillera Central de México y Puebla y en la Sierra Madre Oriental de Coahuila y Nuevo León a Oaxaca; comprendiendo los estados de Chihuahua, Coahuila, Ciudad de México, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Figura 17) (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium vaginatum subsp. *cryptopodum* brotes usualmente de 10 cm, naranja a café rojizo algunas veces oscuros casi negros. Diámetro basal de brotes dominantes 2 a 10 (4.0) mm tercer internado de 4 a 16 (7.8) mm de largo y 2.0 a 4.5 (3.1) mm de ancho, flores estaminadas de 2.5 a 3.0 (2.7) mm de ancho perianto con segmentos 1.3 mm de largo y de 2.0 a 3.0 (2.5) mm de ancho. Frutos maduros de 4.5 a 5.5 (5.0) mm de largo por 2.0 a 3.0 (2.5) mm de ancho. Florea usualmente entre mayo y junio, los frutos maduran en julio o principios de agosto con extremos de julio a septiembre. Presenta como hospederos principales a *Pinus ponderosa* var.

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

scopulorum (Arizona), *P. arizonica* var. *arizonica* (Chihuahua y Sonora), *P. arizonica* var. *stormiae* (Coahuila) *P. engelmannii* (Arizona, Chihuahua y Sonora) y *P. durangensis* (Chihuahua y Jalisco los hospederos secundarios son *P. cooperi*. Se distribuye del norte de México (Sonora, Chihuahua y Coahuila) y los EUA (Utah, Arizona, Colorado, New Mexico, y Texas) (Figura 17) (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

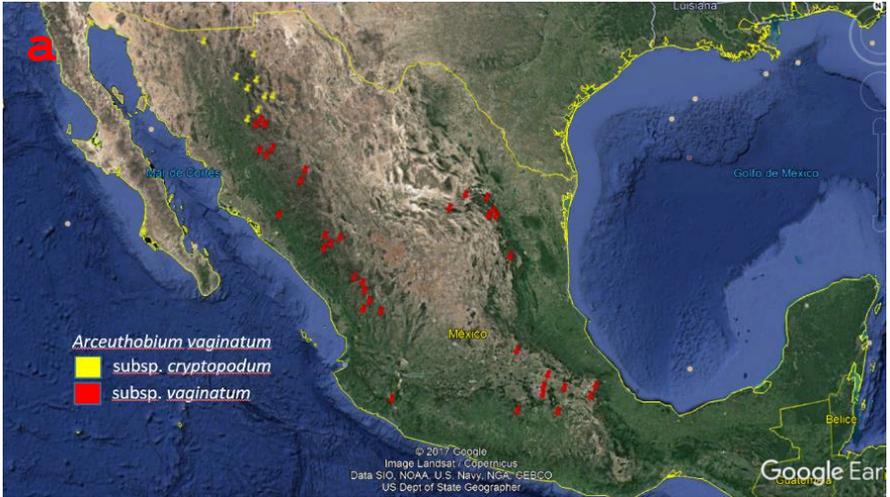


Figura 17.- Distribución y características de *A. vaginatum* a) Distribución Tomado de Hawksworth *et al.*, 2002 y Quiñonez, 2016 b) brote femenino con frutos, c) brotes con flores masculina, d) apariencia de un brote con frutos maduros.

Arceuthobium verticilliflorum

Brotes de 7 a 11 cm de alto, mayoritariamente amarillos a verde amarillento a púrpura, sin ramificaciones secundarias ligeramente verde claro cuando jóvenes. Diámetro de brotes dominantes 2.5 a 5.0 (3.6) mm, tercer entrenudo 2 a 7 (3.0) mm de largo y 2.5 -4.5 (3.2) mm de ancho. Flores estaminadas de 3.5 a 4.5 (4.0) mm de ancho, perianto la mayoría tetrámeros flores verticiliadas con 5 a 10 flores por grupo, que se caen después de la floración (Figura 18d) frutos maduros 15 por 10 mm. La floración de marzo a abril, frutos maduros en septiembre y octubre con un periodo de desarrollo de 18 a 19



Figura 18.- Distribución y características de *A. verticilliflorum* (tomado de Quiñonez, 2016). a) distribución, b) escobas de bruja en *Pinus engelmannii*, c) flores masculinas verticiladas, d) flores masculinas caídas en el piso, e) frutos maduros. (Fotos: Sergio Quiñonez Barraza).

meses. Los hospederos son *Pinus arizonica*, *P. cooperi*, *P. durangensis* y *P. engelmannii*. La especie se describió de Durango y se le ubica en El Salto, Sierra Candella, Sierra Huacol, Sierra de Guanacevi, Santiago Papasquiario y Altares (Figura 18a). En esta especie el pedicelo no se alarga y curva hacia abajo cuando el fruto madura y no existe descarga explosiva de las semillas, es considerada como de las más primitivas dentro del género (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium yecorensis

Brotes de 12 a 17 cm de altura amarillo verdoso a café, ramificación flabellada, diámetro basal de brotes dominantes 2 a 5 (3) mm, tercer entrenudo 10 a 21 (15) mm de largo 2 a 4 (2.4) mm de ancho. Endémica a la Sierra Madre Occidental en Sonora, Chihuahua (Yecora) y Durango (Santiago Papasquiario). Al parecer florea en junio y madura sus frutos en septiembre-octubre (Figura 19). Los hospederos principales en Yecora, Sonora son: *Pinus leiophylla* var *chihuahuana* y *P. herrerae* mientras que en la Sierra madre Occidental afecta preponderantemente *P. durangensis*, *P. herrerae*, *P. lumholtzi*, mientras que *P. engelmannii* es considerado como hospedero secundario. Se caracteriza por sus brotes delgados verdes amarillentos a cafés y su floración a principios del verano (Hawksworth *et al.*, 2002; Quiñonez, 2016).

Arceuthobium guatemalense

Brotes de 1 a 3 cm de alto en escobas de brujas sistémicas, las escobas de bruja se forman en ramas de un año de edad o en brotes del desarrollo actual. Mientras que en infecciones locales los brotes alcanzan hasta 7 cm, brotes verdosos a púrpura, ramificación flabellada. Diámetro basal de brotes dominantes 2.0 a 2.5 mm, tercer entrenudo 8 a 15 (11.4) mm de largo y 1.5 a 2.0 (1.7) mm de ancho. Flores estaminadas 2

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

mm de ancho, perianto de bi o trímeros, segmentos 0.9 mm de largo 0.7 mm ancho frutos maduros de 3.5 a 4.0 mm de por 1.5 a 2.0 mm de ancho, verde-oscuros, glabros con un anillo ligeramente agrandado en la base. Aparentemente florea en agosto-septiembre con un periodo de desarrollo de 12 a 13 meses. El único hospedero conocido es *Pinus ayacahuite* var. *ayacahuite*. Se le ubica en México y Chiapas y Guatemala (Figura 20) (Hawksworth *et al.*, 2002).



Figura 19. Distribución y características de *A. yecorensis*. Tomado de Quiñonez, 2016. a) distribución, b) infección moderada en *Pinus durangensis*, c) flores estaminadas, d) brote con frutos. (Fotos: Sergio Quiñonez Barraza).



Figura 20.- Distribución de *A. guatemalense*. Redibujado de Matihasen et al., 2011

Arceuthobium hondurensense

Brotes de 14 cm café olivo a verde grisáceo, marcadamente glauco, ramificaciones flabeladas. Diámetro basal de brotes dominantes 3 a 9 (5) mm nudos de brotes viejos agrandados. Ramas laterales de brotes estaminados casi en ángulo recto. Tercer entrenudo 7 a 12 (9.1) mm de largo y 2.5 a 4.0 (3.2) mm de ancho. Flores estaminadas de 2.5 mm de ancho. Superficie interior rojiza y la inferior del mismo color que los brotes, perianto trímero, nectarios con dos lóbulos grandes y uno pequeño. Frutos maduros 5.5 por 3.0 mm verdosos glaucos. Floración en septiembre y la maduración un año después. Los únicos hospederos conocidos son *Pinus oocarpa* var *oocarpa*, *P. oocarpa* var *ochoterenia* y *P. tecunumanii*. Se distribuye en Honduras, México (Chiapas, Oaxaca) y El Salvador (Figura 21) (Hawksworth et al., 2002).



Figura 21.- Distribución de *A. hondurense*. Redibujado de Matihasen *et al.*, 2011

Arceuthobium campylopodon

Brotes de 8 cm de alto, verde olivo a amarillo, ramifica en forma flabelada, plantas estaminadas café y las pistiladas verdes. Diámetro basal de brotes dominantes 1.5 a 5.0 (3.0) mm. Tercer entrenudo 7 a 22 (11.3) mm de largo y 1.5 a 2.5 (2.0) mm de ancho. Flores estaminadas de 3.0 mm de ancho perianto trímero (ocasionalmente tetrámero). Frutos maduros de 5.0 por 3.0 mm. Florea de mediados de agosto a principios de octubre frutos maduran después de 13 meses; lo cual ocurre de septiembre-miados de noviembre. Los principales hospederos son *Pinus ponderosa* var. *ponderosa* y *Pinus jeffreyi*. En México se ubica en Baja California Norte en la Sierra Juárez y Sierra San Pedro Mártir (Hawksworth *et al.*, 2002).

Arceuthobium divaricatum

Brotes de 8 cm de alto en promedio, verde olivo a café, ramificación flabellada. Diámetro basal de brotes dominantes

1.5 a 4-0 (2.0) mm. Tercer entrenudo con 6 a 15 (9.8) mm de largo y 1 a 2 (1.6) mm de ancho. Flores estaminadas 2.5 mm de ancho perianto trímero frutos maduros de 3.5 por 2.0 mm. Florea de principios de agosto a finales de septiembre. Presenta un periodo de desarrollo de frutos de 13 meses ocurriendo de principios de septiembre a finales de octubre. Afecta a pinos piñoneros, los hospederos más comunes son: *Pinus edulis* y *P. monophylla*, otro grupo de este tipo de pinos afectados son *P. californianum*, *P. cembroides*, *P. discolor* y *P. quadrifolia*. En México se distribuye en las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir en Baja California (Hawksworth *et al.*, 2002).

Arceuthobium apachecum

Brotes de 3 a 9 (4.0) cm de color amarillo, verde o rojizo, ramificaciones flabeladas y forma “clusters” muy densos. Diámetro basal de brotes dominantes 1 a 2 (1.8) mm. Tercer entrenudo 5 a 10 (7.2) mm de largo y 1 a 2 (1.5) mm de ancho Flores axilares. Las estaminadas de 2.7 mm de ancho perianto tri a tetrámero de mismo color que los brotes Frutos maduros 4.0 por 2.5 mm. La floración ocurre de finales de julio a mediados de septiembre, maduración de frutos de mediados de agosto a mediados de octubre después de 13 meses. En forma natural solo infesta a *Pinus strobiformis*. Se distribuye en el sur de Arizona y centro de New Mexico y en nuestro país en Coahuila (Hawksworth *et al.*, 2002).

Arceuthobium pendens

Brotes de 15 cm de alto verde claro ramificación flabelada, diámetro basal de brotes dominantes 1.5 a 3.5 (2.0) mm tercer entrenudo 12 a 20 (16) mm de largo 1 a 2 (1.5) mm de ancho flores estaminadas de 2.5 mm de ancho trímeras. Floración en septiembre y la maduración de los frutos de junio a septiembre. Los hospederos conocidos son *Pinus discolor* (San Luis Potosí) y *P. cembroides* subsp *orizabensis* (Puebla y Veracruz). Exhibe

un fuerte dimorfismo sexual, las pistiladas están densamente ramificadas y de menos de 8 cm mientras que las estaminadas ramificadas ampliamente, pendientes y de 15 a 20 cm (Hawksworth *et al.*, 2002).

Ciclo de vida y fenología

El ciclo de vida de los muérdagos enanos se diferencia primero porque son parásitos obligados que mueren si la rama del hospedero es cortada y segundo por la dispersión de las semillas que es en forma explosiva debido a la presión hidrostática. El ciclo de vida se ha dividido en cuatro estados: dispersión, establecimiento, incubación y reproducción.

La dispersión se realiza por la contracción higrostática del fruto maduro que expelle una sola semilla en forma de una bala a otra posición donde se ubique un hospedero susceptible; en general los muérdagos enanos no son dispersados por los pájaros como lo otros muérdagos a excepción de *Arceuthobium verticilliflorum* que es predominantemente dispersado por los pájaros debido a que sus frutos no presentan la característica de expeler con fuerza las semillas (Hawksworth *et al.*, 2002).

En las Viscaceae, la pared del fruto, está dividido en tres zonas: una zona cueruda el epicarpio que tiene ramificaciones vasculares, una zona viscoidea y el endocarpo parenquimatoso (Bhandari and Vohra, 1983) (Figura 22). El material mucilaginoso que se encuentra en el interior del fruto llamado “viscina”, las semillas se encuentran rodeadas por esta capa mucilaginosa que es higroscópica y que imbibes más agua para la semilla ya hacer esto la presión hidrostática interna se incrementa al madurar el fruto (Hinds *et al.*, 1963). Al final la presión es más fuerte que la pared del epicarpio y se forma una capa dehiscente en la base del fruto y las semillas son liberadas al aire. Las semillas de *Arceuthobium* son dispersada de 10 a 14 m del material materno en áreas sin obstáculos, aunque la

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

mayoría se dispersa lateralmente de 2 a 4 m cayendo en las partes inferiores de la corona, considerándose que la mayoría cae en el mismo árbol 60 a 80% por lo que la mayoría de las infestaciones se observan en el tercio inferior de los árboles (Figura 23) (Dowding, 1929; Hudler *et al.*, 1974; Hawksworth *et al.*, 2002; Baker y Guyon, 2010).

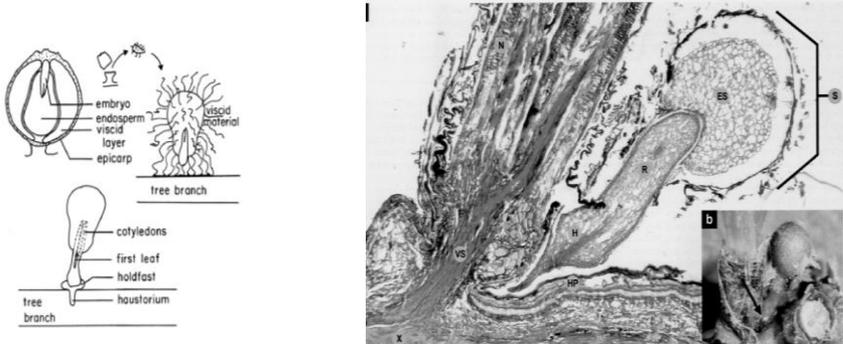


Figura 22. Características de los frutos de muérdago enano. Tomado de Baskin y Baskin, 2014.

La viscina ayuda a la semilla a adherirse a las superficies con las que choca incluso el follaje después, la viscina, imbebe agua y ocasiona que la semilla se deslice hacia la base de agujas, con el tiempo la viscina se seca y las semillas son cementadas a la superficie de las ramas o en la base del follaje, el endurecimiento reduce la perdida de humedad y protege al embrión y endospermo (Kuijt, 1960).

Después de la dispersión sigue el establecimiento, las semillas son lavadas y transportadas por la lluvia a ranuras en la corteza o hacia la base de las agujas (Figura 24) (Hawksworth, 1965). Las semillas pueden tardar en germinar de uno a varios meses. En *A. tsugense* (Carpenter *et al.*, 1979) la dispersión ocurre en otoño y no germina hasta la primavera siguiente después de que sufre escarificación por frio durante varias semanas. Algunas semillas que no presentan dormancia se les han determinado

los óptimos de germinación para *Arceuthobium abietinum* fue 13°C (Scharpf, 1970) en *A. campylopodum*, 19°C (Beckman and Roth, 1968); *A. pusillum*, 15 °C (Bonga and Chakraborty, 1968); *A. tsugense*, 20 °C (Deeks et al., 2001).

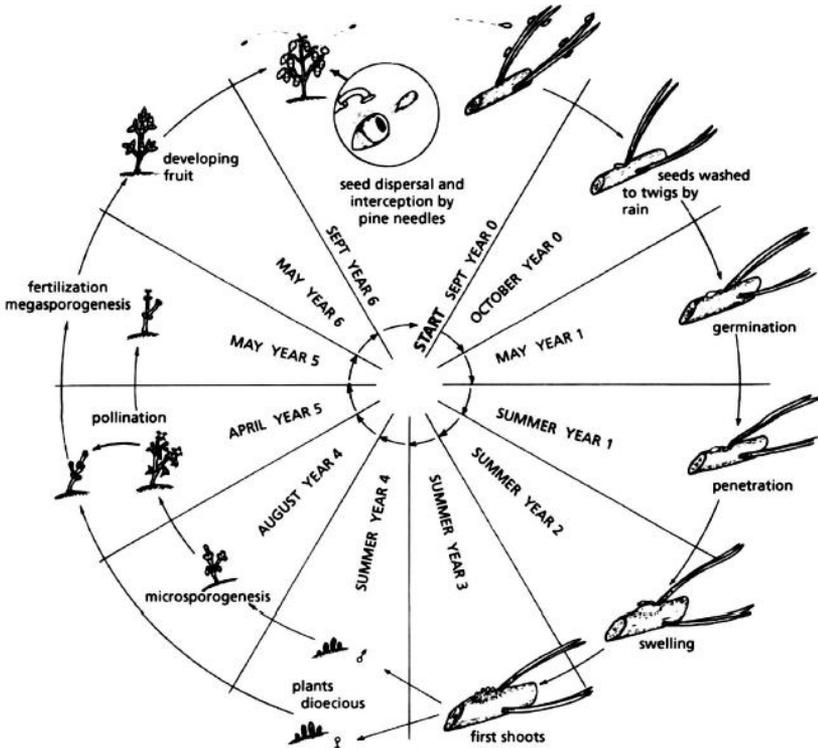


Figura 23.- Ciclo de vida de *Arceuthobium americanum* generalizado. Tomado de Brandt, 2006.

La clorofila del endospermo ayuda a mantener el embrión y permite el desarrollo del hipócotilo, si la germinación ocurre en un brote con rama delgada, se desarrolla una estructura externa de adhesión “holdfast” y la punta de penetración se dirige hacia la corteza del hospedero y penetra el tejido y se empieza a desarrollar el sistema endófito (haustorio) embebido en el xilema del hospedero iniciándose la relación nutricional parasítica (Figura 22) (Hawksworth et al., 2002).

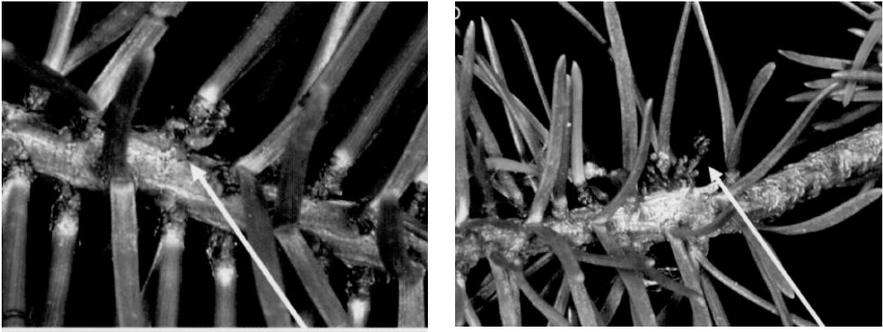


Figura 24.- Germinación de la semilla y brotación de la parte aérea de *Arceuthobium americanum*. Tomado de Brandt, 2006.

El sistema endófito se desarrolla en el interior del hospedero por varios años antes de que los brotes aéreos sean producidos. A este lapso de tiempo se le denomina incubación. Si el meristemo apical es afectado se establece una infección sistémica y el desarrollo del sistema endófito se mantiene con el desarrollo del brote del hospedero en otros casos el sistema endófito en limitado y restringido a un área. En general este periodo es de 3 a 4 años, aunque tiene un rango de 2 a 12 años dependiendo de la especie de muérdago y de las condiciones del ambiente (Hawksworth y Wiens, 1996). En este periodo existe dificultad en determinar si un árbol está infectado o no ya que no hay síntomas visibles. Marler *et al.* (1999) desarrollaron una metodología de PCR para identificar ramas infectadas con base en la presencia del DNA del muérdago.

Después de la brotación del muérdago, el sistema endófito se sigue desarrollando y las ramas infestadas desarrollan muchas ramificaciones que se llaman “escobas de bruja” (Figura 1) y la porción arriba de estas se torna delgada y muere. Aunque esta situación se debe frecuentemente a múltiples infecciones cercanas.

Los muérdagos son plantas dioicas que únicamente se desarrollan de semillas producidas en los brotes. La mayoría de los brotes miden de 2 a 10 cm de alto, pero pueden ser de

milímetros hasta 0.5 m; de la brotación al inicio de la floración pasa de uno a dos años, pudiendo florear de uno a cinco veces en la vida del brote y esta puede ser de dos a siete años. La mayoría de las especies presentan un periodo anual definido. La maduración de los frutos se lleva de cinco meses a un año o 19 meses desde la floración hasta la dispersión de las semillas (Hawksworth *et al.*, 2002). Escudero y Cibrián (1985) reportan que *A. globosum* puede producir más de 7.3 millones de semilla por hectárea.

La hormiga *Formica fusca* es el principal insecto polinizador de *Arceuthobium americanum* y *Capidosom bakeri* catalogado como el himenóptero polinizador más importante de *A. vaginatum* y de *A. cyanocarpon*. Existen otros insectos dípteros y coleópteros que son importantes polinizadores del muérdago enano.

Evaluación del daño en una parcela

El sistema de evaluación propuesto por Hawksworth, (1977) para árboles individuales con ataque de muérdago enano (DMR) (Figura 25) se ha considerado como el método estándar en EUA, Canadá y México. La evaluación mediante este sistema es como sigue:

- Primer paso: Dividir la copa en tres partes.
- Segundo paso: Calificar cada parte en forma separada; mediante la siguiente escala de valores, 0, 1 y 2, dependiendo del número de muérdagos que existen en las ramas.
 - 0= No existe infestación visible.
 - 1= Infestación leve: La mitad o menos del total de ramas están infestadas.
 - 2= Infestación fuerte: Más de la mitad del total de ramas están dañadas.

- Tercer paso: Sumar los valores de las tres partes para obtener la calificación del árbol.

Los árboles con infestación dentro de las clases 1, 2 y 3 presentan poco o nulo impacto en el crecimiento de los árboles grandes y no se requieren actividades de combate; no así los de las clases 4, 5 y 6 en los cuales se disminuye el crecimiento y vigor. Aunque los brinzales y arbolado joven pueden ser afectados seriamente aún en las clases 1, 2 y 3 (Vázquez *et al.*, 2006).

Si se suman los valores individuales y se divide entre el número de árboles calificados se obtiene el promedio de infestación del rodal lo cual sirve como un estimador del grado de infestación (Vázquez *et al.*, 2006). Para la evaluación se pueden utilizar sitios de dimensiones fijas (SDF) de un décimo de ha con una intensidad de muestreo del 5% o sitios de dimensiones variables (SDV) con una intensidad de muestreo del 4% (Vázquez, 1993a; Vázquez, 1994; Vázquez y Cibrián, 1996).

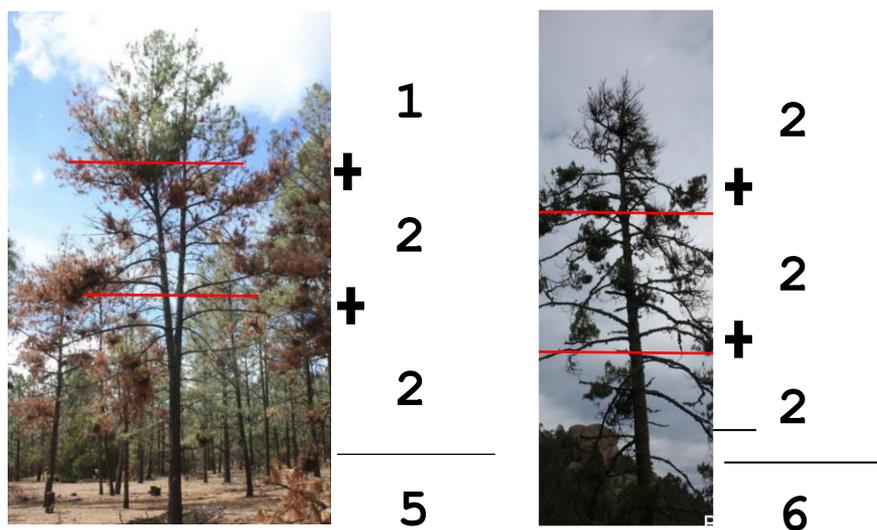


Figura 25. Sistema de evaluación propuesto por Hawksworth, (1977) para determinar el grado de ataque por muérdago enano (DMR por sus siglas en inglés). Tomado de Worrall, 2009.

El sistema de susceptibilidad del hospedero considera el porcentaje esperado de que un hospedero sea infestado cuando se expone a una fuente de inóculo, representando la susceptibilidad fisiológica a la infección y desarrollo del parasito. Especies con más de 90% de infección cuando se exponen a una fuente de infección (observado en campo) son considerados como hospederos principales, secundarios aquellos con infestaciones de 90-50%, ocasionales de 50-5% y raros <5%. Algunos hospederos son reconocidos como tales cuando se realizan infestaciones artificiales y se logra que el muérdago produzca brotes aéreos y se reproduzca, mientras que los incompatibles son aquellos, que, aunque logren establecer la relación parasítica no se logran reproducir (Hawksworth *et al.*, 2002).

En los caminos es usual el cuantificar la infestación considerando los porcentajes de incidencia: nula o cero cuando no existe infección visible, baja de 1-33%, media de 34-66% y severa de 67-100% (Muir y Moody, 2002).

Estrategias de manejo

La prevención es el método más económico y eficiente de reducir el impacto del muérdago enano; para prevenir la infestación desde su inicio, todos los árboles infestados deben ser extraídos y quemados en cada área de regeneración, antes de que pueda infestarse un nuevo rodal tomando en consideración un perímetro de seguridad, determinado por la distancia de dispersión de la semilla del muérdago (Rietman *et al.*, 2005). Cuando se están empezando a establecer los muérdagos enanos, se deben aprovechar antes y durante la corta de regeneración todos los árboles infestados. Los no comerciales, deben derribarse como parte de la preparación del sitio y cuando la nueva generación de arbolado ha empezado a establecerse, se requiere volver a revisar el sitio para extraer

todos los árboles infestados, acción que se debe realizar también durante el primer aclareo (Vázquez *et al.*, 2006).

La dispersión de los muérdagos desde los rodales infestados es un problema para las áreas contiguas de regeneración, por lo cual se debe procurar que las áreas de regeneración queden junto a áreas libres, cercanas a rodales con especies no hospedadas o a lo largo de barreras naturales y los árboles que tienden a infestarse deberán ser extraídos durante las cortas intermedias (Vázquez *et al.*, 2006).

Durante los aclareos aquellos árboles infestados se deben remover sin considerar el espaciamiento y diámetro para alcanzar los niveles de existencias maderables considerados. Los árboles con infestación de las clases 1 y 2 pueden dejarse en pie si se consideran como deseables (Vázquez *et al.*, 2006).

La poda de los muérdagos grandes “escobas” puede ocasionar el incremento del vigor y tiempo de vida de los árboles fuertemente infestados (Figura 26). Este método sólo debe aplicarse en árboles grandes de alto valor que puedan retener como mínimo 30% de la copa después de la poda, primero es necesario limpiar el estrato superior (Vázquez *et al.*, 2006).

En rodales coetáneos, con buena calidad de estación se pueden minimizar los efectos de la infestación del muérdago al realizar cortas intermedias para extraer los árboles que se requieran para permitir que los remanentes mejoren sus condiciones con el aclareo (Vázquez *et al.*, 2006).

La poda de ramas infestadas se realiza cuando hay árboles pequeños ligeramente afectados y exista probabilidad de que sean reinfestados. Arriba de la rama infestada más alta deberán podarse las dos siguientes para eliminar infestaciones latentes; después de la poda, los árboles deberán tener por lo menos 30% de copa (Vázquez *et al.*, 2006).



Figura 26.- La eliminación de los muérdagos grandes o escobas de brujas en arboles grandes es una de las actividades primordiales en el control de muérdagos enanos (Fotos: Sergio Quiñonez Barraza).

En un bosque manejado en Tonalaco, Xico, Veracruz los niveles de infestación de *A. globosum* fueron de 15%, con niveles de infección leve, los arboles con mayor infección fueron *P. patula* (65.3%), seguido de *P. pseudostrobus* (33.3%) y *P. ayacahuite* (1.3%), esto debido a que los productores cosechan preferentemente los arboles infestados (Vega y Negreros, 2016).

Aprovechando la coevolución entre hospedero y muérdagos se han seleccionado plantas que han resistido o evadido la infección en forma natural, de esta manera se ha encontrado resistencia en *A. vaginatum* en *P. ponderosa*; *A. campylopodum* en *P. ponderosa* y *P. jeffreyi*; *A. americanum* en *P. contorta*; *A. tsugense* en *Tsuga heterophylla* y *A. chinense* en *Keetleeria evelyniana*. En el caso de *P. jeffreyi* afectado por *A. campylopodum* se seleccionó una población de Placer, California que presentó daños de 0.3 usando la escala (Hawksworth, 1977) en comparación con una población de Alpine, California con daños 6.0 en la citada escala (Hawksworth y Wiens, 1996). También se ha observado resistencia natural en *Tsuga heterophylla* a la infección de *A. tsugense* (Smith et al., 1993).

Mecánico

Coria *et al.* (2010), evaluaron un producto a base de tierra de diatomeas al 7.5% contra el muérdago enano *A. globosum* en *Pinus pseudostrabus* y observaron que a los 15 días sobrevino la muerte del follaje y a los 45 días la caída de la parte aérea (Figura 27). Mientras que Torres *et al.*, 2012 señalan que para obtener 100% de mortalidad del heno motita se necesitaron dos aplicaciones del producto con tierra de diatomeas al 10% rebajado al 50% con agua.



Figura 27.- Apariencia de muérdagos enanos a los cuales se les aplicó muérdago Killer® (tierra de diatomeas) a los 15 (izq.) y 30 (der.) días. Tomado de Coria *et al.*, 2010.

Cuando un producto es demasiado agresivo y mata la parte aérea tan rápido, la valoración del efecto se realiza con la escala de evaluación de herbicidas de la European Weed Research Society (Cuadro 3) (Coria *et al.*, 2010).

Químico

En el control químico de muérdagos, los mejores resultados son el empleo de 2, 4- D, MCP 4-2-metil-4-cloro-fenoxi y Etephon (2-cloroetil del ácido fosfórico), aunque cabe aclarar que esto es aplicable solo en arbolado joven y renuevo. Se considera que se han evaluado alrededor de 60 formulaciones de 2,4-D o 2,4,5-T y ninguna ha controlado al muérdago sin dañar al hospedero, mientras que el Etephon causa la abscisión de brotes y reduce la tasa de dispersión del muérdago, pero se presentan

rebrotos debido a que no se afecta el sistema endófito (Shamoun *et al.*, 2003).

Cuadro 3.- Escala de la European Weed Research Society para evaluación del efecto de tratamientos agresivos contra muérdagos enanos y su equivalencia en porcentaje.

valor	Descripción del efecto	Porcentaje de daño
1	Sin efecto	0.0
2	Síntomas muy ligeros	1.0 a 3.5
3	Síntomas ligeros	3.5 a 7.0
4	Síntomas sin daños en rend.	7.0 a 12.5
5	Daños medios	12.5 a 20
6	Daño elevado	20 a 30
7	Daños muy elevados	30 a 50
8	Daños severos	50 a 99
9	Muerte completa	100

Tomado de Coria *et al.*, 2010.

En Iran, Kavosi *et al* (2012), señalan que el herbicida Basagran a dosis de 0.96 g/l de agua controla a *Arecuthobium oxycedri* en 95% y que el herbicida no daña al hospedero (*Juniperus polycarpus*), así como también daña al sistema endófito del muérdago previniendo su rebrote al año siguiente de su combate.

En México se evaluó el Etephon en los estados de México y Michoacán, en *Pinus hartwegii* y *P. pseudostrobus* parasitados por *Arceuthobium globosum* obteniendo control con dosis superiores a los 2,000 ppm del producto disuelto en agua y asperjado sobre la planta parásita. Sin embargo, no se afectó el sistema endófito y se presentaron rebrotos del muérdago. La translocación del producto es de las hojas basales hacia las hojas superiores y fruto; y no se ha registrado el sentido opuesto basipetalo (Alvarado y Cibrián, 1991; Plascencia *et al.*, 2007).

Ríos-Insua (1994) propone para el control de muérdagos enanos la aplicación de 2,4-D (sal amina) al 40 o 72% p/v. LE. a Ultra Bajo Volumen (ULV) con el empleo de un atomizador de discos rotatorios accionado por baterías manejados manualmente. Sin embargo, este tipo de aspersores es difícil de obtener.

Otra forma de aplicación de químicos para el manejo de plagas forestales es la inyección de plaguicidas en el tejido xilemático para que se transloquen vía el sistema vascular a todo el árbol y actúan en forma sistémica; de esta forma se limita el impacto sobre organismos no blanco y se reduce la carga de contaminantes. Existen cuatro formas de inyectar a los arboles: macroinyecciones, implantes, microinyecciones e inyecciones a baja presión (Figura 28) (Arriola *et al.*, 2014).



Figura 28.- Aspectos de la inyección de plaguicidas a plantas de alto valor A) perforación con taladro, B) inserción de válvulas C) conexión de inyectores y D) sistema instalado (Tomado de Arriola *et al.*, 2014).

En este sistema Gijón y Arriola (2014), evaluaron los herbicidas 24-D amina al 1% y Glifosato al 3% inyectado a los fustes de *Pinus teocote* y *P. hartwegii* en la época de floración del muérdago (junio-agosto), aplicando 5 ml por cada centímetro de diámetro, logrando eficiencias superiores al 80%.

Aunque cabe aclarar que a pesar de su eficiencia. Su utilidad es preferentemente en áreas recreativas y hacia arbolado de gran valor ya que su empleo en áreas extensas no es práctico en condiciones de un brote ya establecido de muérdagos por la gran cantidad de árboles atacados. Los requerimientos de materiales y equipo que se emplean, así como la técnica de inyectar los arboles (dosis, fórmulas y actividades requeridas) son señaladas por Arriola *et al.*, 2014. Una consideración importante en este sistema de aplicación de plaguicidas es que no deben realizarse durante el temporal de lluvias, ya que el árbol se satura, por lo cual es recomendable iniciar los tratamientos las dos primeras semanas de junio cuando el muérdago se encuentre entre floración y fructificación y aplicar después para eliminar los nuevos brotes.

Biológico

Se ha observado que algunos hongos fitopatógenos y larvas de lepidópteros causan grandes daños a las poblaciones y a la reproducción de los muérdagos durante ciertos años; sin embargo, los factores que ocasionan y regulan estos brotes epizoóticos no son bien clarificados ya que son el resultado de la interacción del clima y las diferentes interrelaciones de los organismos asociados a los muérdagos y sus hospederos (Shamoun *et al.*, 2003).

En México se han observado insectos que se alimentan de los tallos tiernos de muérdago enano, entre ellos están los hemípteros *Neoborella* sp. en *Arceuthobium vaginatum* subsp.

vaginaturn; *Hemiberlesis* sp. sobre *A. vaginaturn* subsp. *durangense*; *Niveaspis volcanica*, frecuente en *A. gillii* subsp. *nigrum*, *A. strictum*, *A. vertilliflorum*, *A. vaginaturn* subsp. *vaginaturn*, *A. vaginaturn* subsp. *durangense*, *A. globosum* subsp. *globosum* y *A. globosum* subsp. *grandicaule*, (Hawksworth y Stevens, 1970).

Dentro de los lepidópteros existen algunos que se han reportado alimentándose frecuentemente de muérdagos como *Mitoura johnsoni* Skinner y *M. spinetorum* Hewitson (Lycaenidae), *Filatima natalis* Heinrich (Gelechiidae) y *Oasyphyga altemosqllamella* Ragonot (Pyralidae) lo cual es considerado como control natural; sin embargo, hay que ser cuidadoso, en cuales se emplean como control biológico ya que en Colorado, EUA, las larvas de *Prurnylea lunigerella glendella* Dyar (Lepidoptera: Pyralidae) se han observado alimentándose tanto del muérdago *Arceuthobiumn vaginaturn* subsp, *cryptopodum* como del *Pinus ponderosa* (Mooney, 2003).

Los hongos fitoparásitos de muérdagos enanos se dividen en dos grupos: los que causan daños a brotes y frutos y los que ocasionan cánceres (Hawksworth and Geils 1996). De los que afectan la parte aérea se encuentran *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., *Cylindrocarpon (Septogloeum) gillii* (Ellis) J.A. Muir, y *Caliciopsis (Wallrothiella) arceuthobii* (Peck.) Barr. Algunos parásitos débiles como *Alternaria alternata* (Fries: Fries) von Keissler and *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud, se han observado que causan un sobre flujo de resinación de las ramas infectadas y/o del muérdago (Mark et al., 1976). Los que causan cánceres pueden matar tejido de hospedero y por ende al muérdago que vive de este tejido preferentemente en hospederos bajo estrés, dentro de estos se encuentran *Cytospora abietis* Sacc. (Hawksworth 1972) y *Neonectria (= Nectria) neomacrospora* (Booth & Samuels) Mantiri & Samuels (Mantiri et al., 2001). Funk et al. (1973), observaron que *N. neomacrospora* ocasiona en forma natural reducciones de la parte aérea de 30%.

En el oeste de los EUA se presentan ocho hongos parásitos del muérdago enano, los tres más comunes son: *Colletotrichum gloeosporoides*, *Cylindrocarpon gillii* y *Wallrothiella arceuthobii*, mientras que *Pestalotia heterocornis* y *Cylindrocarpon* sp., fueron reportados por primera vez como parásitos del muérdago enano (Hawksworth et al., 1977). Muir (1967) señala que *C. gloeosporoides* es muy similar *Septogloeum gilli* otro hongo que es parasítico de *Arceuthobium americanum* y que junto con *Wallrothiella arceuthobii* son los hongos hyperparasíticos más comunes del muérdago en Canadá.

Existen hongos que destruyen los tallos y persisten en el interior del muérdago; entre éstos se encuentran: *Wallrothiella arceuthobii*, que infecta los órganos florales evitando la dispersión de la semilla; *Colletotrichum gloeosporioides* que causa marchitez en los tallos; *Cylindrocarpon gillii* produce antracnosis; *Aureobasidium pullulans* y *Alternaria alternata* que se consideran agentes de marchites y muerte de los tallos del muérdago (Plascencia et al., 2007).

Los agentes de control microbiano de muérdago enano más promisorios son *Colletotrichum gloeosporoides* y *Neonectria neomacrospora* ya que destruyen las semillas, brotes y el sistema endófito de los muérdagos; sin embargo, es necesario incrementar su efecto mediante la selección de las cepas más virulentas, incrementar el potencial de producción de inóculo y los tiempos de inducción de la infección (Shamoun y De Wald, 2002).

En Vancouver, Canadá, se evaluó la eficiencia de *Neonectria neomacrospora* como biocontrolador de *Arceuthobium tsugense*, aplicándose en muérdagos con y sin heridas artificiales, después de 10 meses se observó que existía mayor cantidad de corteza necrosada y con mayor cantidad de esporodoquios en los que se hirieron, así como también se realsó con mayor frecuencia el

hongo de estos tratamientos 73% contra 55% en los no heridos y en los sanos y sin inocular 20%. Concluyendo que, aunque alguna infección existe cuando se aplica el hongo el hacer las heridas incrementa la infección (Rietman *et al.*, 2005).

En México se han detectado asociados a muérdagos los siguientes géneros de hongos *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Pestalotia*, *Phoma*, *Trichoderma*, *Lasiodiplodia*, y *Uromyces* (Plascencia *et al.*, 2007; Reséndiz *et al.*, 2012) (Figura 29). Cortéz (2013), evaluó *Alternaria alternata*, *Fusarium proliferatum* y *Cladosporium cladosporioides* contra *Arcethobium vaginatum* en los Parque Nacionales Iztaccihual-Popocatepetl (PNIP) y la Malinche (PNLM), a los 90 días después de la aplicación solo *A. alternata* y *F. proliferatum* presentaron efectos sobre el muérdago al ocasionar marchitez y cambio de coloración.



Figura 29.- Aspecto de muérdagos enanos afectados en forma natural por hongos fitopatógenos en Michoacán y conidias que identifican a los hongos asociados A) *Colletotrichum gloeosporoides*, B) *Pestalotiopsis* sp. C y D) *Sordaria* sp., E) *Fusarium* sp., F) *Alternaria* sp., G) *Nigrospora* sp. y H) *Phomopsis* sp. Tomado de Plascencia *et al.*, 2007.

Plascencia y colaboradores en 2007, encontraron los géneros *Pestalotiopsis* y *Colletotrichum gloeosporoides* asociados a muérdago enano en Michoacán y realizaron estudios de control

del muérdago en laboratorio, señalando que son una buena alternativa y que el más promisorio es *Pestalotiopsis* sp. Aunque es necesario realizar pruebas de campo y determinar si afectan el sistema endofítico del muérdago.

Las cepas de *Pestalotiopsis* sp. y *Colletotrichum gloeosporoides* aisladas por Plascencia *et al.*, 2007, fueron evaluadas durante 2016 a nivel de campo en Las Cuevas, Quérendaro, Michoacán, en el Área Natural Protegida Sierra de Quila, Tecolotitlán, Jalisco y en Arroyo del agua y El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. En esta ocasión se incluyeron también tratamientos con tierra de diatomeas. La evaluación se inició en noviembre y después de cuatro meses se evaluaron los tratamientos no observándose mortalidad, aunque si efecto de daños por la aplicación de los tratamientos que se ubicaron como incipientes a ligeros acorde a una escala para tratamientos no muy agresivos (Cuadro 4 y Figura 30) (González *et al.*, 2016). Aun y cuando las cepas fueron patogénicas, los daños no son tan aparatosos y rápidos, como con los plaguicidas o la tierra de diatomeas; que en este caso no funcionaron por la época que fue muy húmeda para este tratamiento y poca humedad para las cepas de los hongos. No se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos, lo cual da una idea de la complejidad para determinar la tecnología de aplicación de una agente de control biológico y que es necesario realizar más estudios respecto a la efectividad en campo, determinando la época adecuada, las cepas más agresivas para cada ambiente, ya que aunque se observan en forma natural mortalidades (Figura 31) de consideración en las poblaciones de muérdagos enanos estos siguen prevaleciendo e incrementando su incidencia y severidad.

Los atributos de un efectivo agente microbiano de control de muérdago enano son: Especificidad (solo dañar al muérdago y no al hospedero), su actividad debe afectar el ciclo de vida del hospedero, producir abundante inóculo en el muérdago afectado, ser capaz de distribuirse y persistir en todo el rango

de distribución del hospedero, así como presentar alta infectividad y virulencia (Shamoun, 2003).

Cuadro 4. Escala para la evaluación del efecto de tratamientos de control de muérdagos enanos cuando el efecto es progresivo con el tiempo. (González *et al.*, 2016)

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

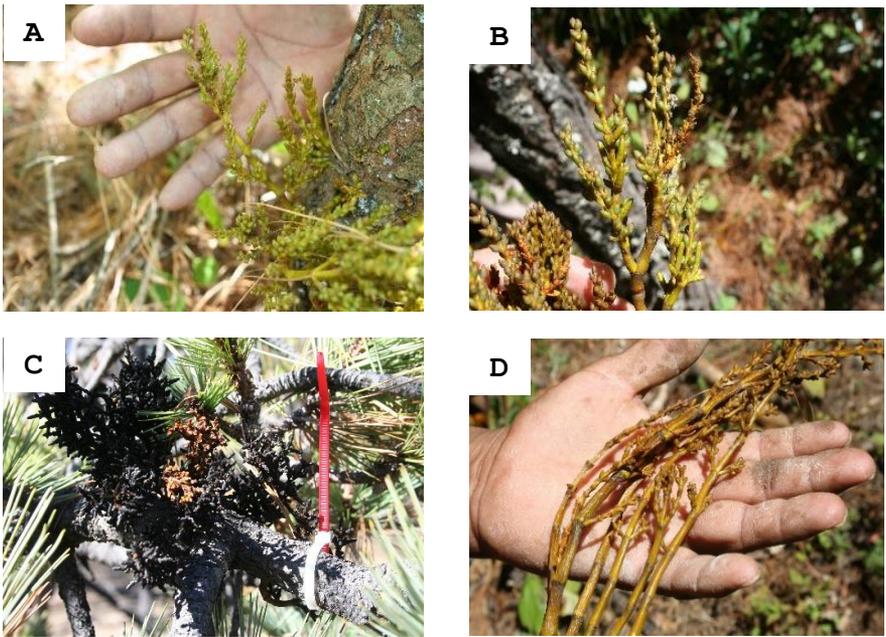


Figura 30.-Aspecto de daños ocasionados por fitopatógenos donde el daño es progresivo A) incipiente donde se observan algunas puntas con síntomas de necrosis y señas de puntas caídas, B) ligera cuando se observan ramas secas la infección se estableció, C y D) media se presentan muchas puntas secándose y/o se empiezan a observar pérdida de turgencia en los tallos y se observan ralos González *et al.*, 2016).



Figura 31.- Los hongos fitopatógenos están afectando a las poblaciones de muérdagos enanos en forma natural (González *et al.*, 2016).

Se considera que lo más viable es ubicar a los agentes de control natural que impactan en mayor medida al muérdago en la zona de infección y tratar de realizar acciones de control biológico ya sea por conservación, aumento o introducción.

Es necesario señalar que en los tallos, frutos y semillas existen hongos endófitos que pueden en un momento actuar como antagonistas contra los hongos fitopatógenos que se apliquen. Situación que evaluó Martin *et al.*, 2012, quienes encontraron en forma endófito a los hongos *Phoma*, *Sydowia* y *Phacidiopycnis* en tallos, frutos y semillas de *Arceuthobium americanum* y los evaluaron *in vitro* contra *Cladosporium*, y observaron que existía efecto antagonista contra el fitopatógeno concluyendo que estos hongos endófitos se transmiten en forma vertical y pudieran proteger al muérdago del ataque de los hongos fitopatógenos en la naturaleza.

Empleo de los muérdagos

En la medicina tradicional de Turquía los muérdagos *A. oxycedri* se prescriben para infecciones y desordenes inflamatorios del sistema respiratorio (resfriados, bronquitis, flu) y gastrointestinales (dolores de estómago y hemorroides) o como remedios para la hipotensión (Yesilada *et al.*, 1999); los extractos etanólicos de acetato de etilo y n-butanol, mostraron efectos positivos a nivel de bioensayos y mediante técnicas de cromatografía, se determinó que el mayor componente fue (+)-catechin responsable de los efectos antiinflamatorios, confirmándose la creencia de la medicina tradicional (Akkol *et al.*, 2010). En California, los indios nativos empleaban la infusión de *Arceuthobium occidentale* para combatir el dolor de estómago y *Arceuthobium* spp., para tratar hemorragias de pulmón y boca, tuberculosis, tos, resfriados y reumatismo. En México los muérdagos enanos se usan para el control de tos y diabetes (Hawksworth y Wiens, 1996). En Durango se usan los muérdagos *A. globosum* y *A. vaginatum* como infusiones para el

dolor de pulmones, reumas y nervios, y como incienso (Quiñonez, 2016). Crawford and Hawksworth (1979) investigaron la composición de los flavonoides presentes en el género *Arceuthobium* encontrando que todos contienen flavonol 3-O-glycosides; principalmente los derivados de quercetin y myricetin. Se menciona que la Thionina del muérdago *Pyrrularia pubera* muestra actividad anticancerígena en ratas (cáncer cervical y melanoma); sin embargo, también muestra actividad citotóxica y causa la hemólisis de la célula. Otras thionias provenientes de muérdagos del género *Viscum* son las Viscotoxinas B2 que mostraron actividad contra sarcoma parecida a osteoblasto, aunque las A1, A2, A3 y 1-PS fueron citotóxicas a linfocitos de humanos debido a la producción de especies reactivas al oxígeno y permeabilización de la membrana celular; aunque, en menor grado que las provenientes de *Pyrrularia*. En *Phoradendron leaglei*, la ligatoxina B inhibe el desarrollo de células de Lymphoma, otras thioninas provenientes de *Phoradendron tomentosum*, las Phoratoxinas A-F, las A y B son tóxicas a ratas mientras que las C-F muestran actividad anticancerígena contra diferentes tipos de tumores sólidos (NCI-H69, ACHN, y carcinoma) y tumores hematológicos (RPMI8226-S y U-937 GTB). Estos compuestos pueden ser de utilidad en el desarrollo de una nueva clase de agentes anticancerígenos contra tumores sólidos (Guzmán-Rodríguez *et al.*, 2015).

Agradecimientos

A la comisión Nacional Forestal por el financiamiento del proyecto: Evaluación de hongos para el control microbiano de muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) y solicitud de protección. Del cual, la presente publicación forma parte.

A las gerencias estatales de Sanidad de la CONAFOR de los estados de Michoacán, Jalisco y Durango, así como al laboratorio de Sanidad Forestal dependiente de la Comisión

Forestal del Estado de Michoacán y al personal del Área Natural Protegida Sierra de Quila. En especial a la MC. Ivón López Pérez y su grupo de trabajo. Al Ing. Francisco Bonilla Torres de la gerencia estatal de Sanidad de la CONAFOR en Jalisco y a los Ing. Alonso Gallardo e Ing. Graciela Hernández de la gerencia estatal de Sanidad de Durango. Al Ing. Vicente Jiménez Sánchez del Área Natural Protegida Sierra de Quila y su personal de apoyo.

Al personal de apoyo del programa de Sanidad Forestal y Agrícola del CEPAB. En especial al maestro Herón Arturo Hernández, Ing. Liliana Alcantar y al Técnico Sr. Rafael Hernández Ávila.

Literatura revisada

- Acosta, D. H., T. D. A. Rodríguez. 1989. Infestación de *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum* (Willd) sobre *Pinus hartwegii* (Lindl) en el Cerro San Miguel, Desierto de los Leones. In: Memorias del V Simposio sobre Parasitología Forestal. Soc. Méx. Entomología. Cd Juárez, Chihuahua, México p 44.
- Akkol, E. K., I. Orhan, M. Kartal, y E. Yesilada. 2010. Bioactivity guided evaluation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Arceuthobium oxycedri* (D.C.) M. Bieb. Jour. of Ethnopharmacology 128: 79-84.
- Alvarado, R., D. y J. Cibrian T. 1991. Efecto del Etephon sobre muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) en árboles de *Pinus hartwegii*. VI Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Memorias. Montecillos, Estado de México. México. pp. 60.
- Andrade, E. V. 1981. Evaluación de efectos del muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawk y Wiens, y *A. vaginatum* Willd) en rodales de *Pinus hartwegii* Lind. Tesis de licenciatura. Chapingo, México. 88 p.
- Andrade, E. V. y Cibrian, T. D. 1980. Evaluación de poblaciones de muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawks y Wiens y *A. vaginatum* Willd) en bosques de *Pinus hartwegii* Lindl en

Zoquiapan, Estado de México. Memoria. Primer Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Uruapan, Michoacán, México. 238 p.

- Arriaga, L., M. Franco y J. Sarukhán. 1988. Identification of natural groups of trees of uneven-aged forest using multivariate methods. *J. Ecol.* 76: 1092-1100.
- Arriola, P. V. G., A. D. Camacho, F. Reséndiz, M., A. R. Gijón, H. 2014. Manual sobre alternativas para el manejo de descortezadores y muérdago enano en áreas naturales protegidas en el eje Neovolcánico Transversal. Manual Técnico Núm. 13 INIFAP-CENID-COMEF, México. 44p.
- Baker, F. A. and J. Guyon. 2010. Distribution of three dwarf mistletoes species within their host tree crowns. *Western Jour. Applied Forestry* 25 (4):194-198.
- Barlow, B. A. 1983. Biogeography of Loranthaceae and Viscaceae. *Proceedings Linnaean Society of New South Wales* II 89: 268-272.
- Baskin, C. C. and J. M. Baskin. 2014. Nonrooted hemiparasites: mistletoes. *In: Seeds. Second Edition. Elsevier.* pp 902-908.
- Beckman, K. M. and L. F. Roth. 1968. The influence of temperatura on longevity and germination of seed of western dwarf mistletoe. *Phytopathology* 58:147-150.
- Bello, M. A. 1984. Estudio de muérdagos (Loranthaceae) en la región Tarasca, Michoacán. *I.N.I.F.A.P. Boletín No.102. México, D. F.* 62 pp.
- Bello, M. A. y Gutiérrez, G. M. 1985. Clave para la identificación de la familia Loranthaceae en la porción del Eje Neovolcánico localizado dentro del estado de Michoacán. *Rev. Ciencia Forestal. Vol. 10 No. 54. INIFAP. México.* 33 p.
- Bhandari, N. N., S. C. A. Vohra. 1983. Embriology and affinities of Viscaceae *In: Calder, M. Benhardt, P. (eds). The biology of misteltoes. Sydney, Australia. Academic Press.* pp 69-686.
- Bonga, J. M., and C. Chakraborty. 1968. In vitro culture of a dwarf mistletoe *Arceuthobium pusillum*. *Canadian Jour. Bot.* 46: 161-164.
- Brandt, J. P., Y. Hiratsuka and D. J. Pluth. 2005. Germination penetration and infection by *Arceuthobium americanum* on *Pinus banksiana*. *Canadian Jour. Forest Research* 35: 1914-1930.

- Brandt, J. P. 2006. Life Cycle of *Arceuthobium americanum* on *Pinus banksiana* based on inoculation in Edmonton, Alberta. Canadian Jour. Forest Research. 36: 1006-10016
- Caballero, D. M. 1970. La frecuencia de los daños al bosque. Dir. Gral. Inv. Forestal. SAG. SFF. México.
- Calderón, G. 1979. Loranthaceae In: Rzedowski J. y G. Rzedowski (comp). Flora Fanerogámica del Valle de México I. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México, D. F.
- Carpenter, L. R., E. E. Nelson and J. L. Stewart. 1979. Development of dwarf mistletoe infection on western hemlock in Coastal Oregon. For. Sci. 25(2): 237-243.
- Cedillo, A. M., Endara, A. A. R., Antonio, N. X. Pineda, J. N. B. 2012. Distribución espacial y análisis de la presencia de plagas forestales en el parque Nacional Nevado de Toluca. VII Reunión de Innovación Forestal. Querétaro, México. p 102.
- Cházaro, B., y H. Oliva, R. 1991. *Dendroptthora costaricensis* (Loranthaceae), un nuevo registro para la flora de México. Acta Botánica Mexicana, 13:31-38.
- Cházaro, B., M., M. Huerta, F., B. Patiño, R., F. Sánchez, R., M. Lomelí, E. y M. Flores, A. 1992. Los muérdagos (Loranthaceae) de Jalisco, parásitos poco conocidos. Ciencia y Desarrollo 17 (102): 70-86.
- Coria, A. V. M., I. Vázquez, C., H. J. Muñoz, F., J. Villa, C. 2010. Impacto de tierra de diatomeas sobre *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens subsp *grandicaule* en *Pinus pseudostrobus* Lindl. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol1 (1): 39-46.
- Cortéz, H. M. A. 2013. Hongos antagonistas para el control de muérdago enano (*Arcethobioum vaginatum*) en dos áreas naturales protegidas, del eje Neovolcánico. Tesis de Licenciatura UNAM Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 95 p.
- Crawford, D. J., F. G. Hawksworth. 1979. Flavonoid chemistry of *Arceuthobium* (Viscaceae) Brittonia 31: 212-216.
- Deeks, S. J., Shamoun, S. F., Punja, Z. K. 2001. In vitro germination and development of western hemlock dwarf mistletoe. Plant Cell Tissue an Organ Culture 66: 97-105.
- Dowding, E. S. 1929. The vegetation of Alberta III. The sandhill areas of central Alberta with particular reference to the

ecology of *Arceuthobium americanum* Nutt. Jour. Ecol. 17: 82-105.

- Escudero, M. M. D. Cibrian, T. 1985. Determinación del periodo de dispersión de *Arceuthobium globosum grandicaule* en la región central de México. In: Memoria del Simposio de Parasitología Forestal II y III. Publicación Especial 46. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México pp 342-351.
- Flores, V. M. Y. 2008. Evaluación del efecto que causa el muérdago enano (*Arcethobium vaginatum* subsp. *vaginatum*) en el crecimiento de *Pinus cooperi* en Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de Maestría. CIIDIR-Durango. IPN. 145 p.
- Funk, A., Smith, R. B., and Baranyay, J. A. 1973. Canker of dwarf mistletoe swellings on western hemlock dwarf caused by *Nectria fuckeliana* var *macrospora*. Can. J. For. Res. 3: 71-74.
- Geils, B. W., F. G Hawksworth. 2002. Damage, effects and Importance of dwarf mistletoe. Geils, B. W., J. Cibrián, T., B. Moody (eds.). Mistleoe of North American Conifers. U S Departament of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station pp 57- 65. Geils, B. W., J. Cibrián, T., B. Moody. 2002. Mistletoe of North American Conifers. US Departament of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station 123p.
- Gijón, H. A. R., V. J. Arriola, P. 2014. Método para el control de muérdago enano en *Pinus teocote* Schltld et Cham y *Pinus hartwegii* Lindl. Ficha técnica. SAGARPA, INIFAP.
- González, G. E., C. Serrano, G., K. V. de Lira, R. y G. Sánchez, M. 2016. Evaluación de hongos para el control microbiano de muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) y solicitud de protección. Informe técnico parcial proyecto CONAFOR Sanidad Forestal. INIFAP-CEPAB, Ags. 18p.
- Guzmán-Rodríguez, J, J., A. Ochoa-Zarzosa, R. López-Gómez y J. E. López -Meza. 2015. Planta antimicrobial peptids as potential anticancer agents. Biomed Research International Review. Article ID 735087. Hindawi Publishing Corp. 11p.
- Hawksworth, F. G. 1961. Dwarf mistletoe of ponderosa pine in the Southwest. Tech Bull 1246. USDA, Washington DC. 112 p.
- Hawksworth, F. G. 1965. Life tables for two species of dwarf mistletoe I. Seed dispersal, interception and movement. USDA, Forest Service.

- Hawksworth, F. G. 1972. Biological control of the mistletoes. In: Nordin, V. J. (comp.) Biological control of forest diseases. Fifteenth Congress of the International Union of Forestry Research Organizations. Gainesville, Fl. Ottawa ON: Canadian Forestry Service. 83-92.
- Hawksworth, F. G. 1977. The 6-class dwarf mistletoe rating system. USDA. Gen.Tec. Rep. RM-48. Fort Collins, CO. USA. 6 p.
- Hawksworth, F. G., and Geils, B. W. 1996. Biotic associates. In: Dwarf mistletoes: biology, pathology, and systematics. F. G. Hawksworth and D. Wiens. (eds.) U.S. Dep. Agric. Agric. Handb. pp 73-89.
- Hawksworth, F. G. and Wiens, D. 1980. A new species of *Arceuthobium* (Viscaceae) from Central Mexico. *Brittonia* 32(3): 348-352.
- Hawksworth, F. G. 1991. Coevolution of mexican white pines and their dwarf mistletoe parasites In: Proceedings symposium on white pines provenances and breeding Montreal, Canada. USDA Forest Service Northeast Forest Experiment Station. pp 23- 28.
- Hawksworth, F. G. and Wiens, D. 1996. Dwarf mistletoes: biology, patology, and sistematics. USDA. SF. Agriculture Handbook 709. USDA, Forest Service, Washington, DC.
- Hawksworth, F. G. and D. Stevens. 1970. New taxa and nomenclatural changes in *Arceuthobium* (Visceae). *Brittonia* 22:265-269.
- Hawksworth, F. G., and D. Wiens. 1972. Biology and Clasification of dwarf mistletoes (*Arceuthobium*) Agriculture Handbook No 401. Lib. Congr. Catalog. Card No. 72-609841 Forest Service USDA. 234 p.
- Hawksworth, F. G., and D. Wiens. 1977. *Arceuthobium* in Mexico: aditions and range extensions *Brittonia*29:411-418.
- Hawksworth, F. G., E. F. Wicker, and D. R. F. Scharpf. 1977. Fungal parasites of dwarf mistletoes. General Technical Report RM-36, U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado, USA.
- Hawksworth, F. G. 1987. Taxonomía y distribución de *Arceuthobium* en México y Centro América. In: Memorias del IV Simposio Nacional Sobre Parasitología Forestal, Durango, México. Instituto de Investigaciones Forestales y

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

- Agropecuarias, -Sociedad Mexicana de Entomología, A.C., Academia Nacional de Ciencias Forestales, A.C., Dirección General de Protección Forestal, México, pp. 559-591.
- Hawksworth, F. G. and Wiens, D. y B. W. Geils. 2002. *Arceuthobium* in America. Chapter 4 In: Geils, B. W., J. Cibrián, T., B. Moody (eds.). Mistleoe of North American Conifers. U S Departament of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp 29-56.
- Hernández, B. R., Z. Cano, S. E. I. Castellanos, V. 2005. Incidencia de Infestación de *Arceuthobium globosum grandicaule* (Hawksw & Wiens) en *Pinus hartwegii* Lindl. Rev. Ciencia Forestal en México. Vol 30(97): 79-86.
- Hinds, T. E., F. G. Hawksworth, W. J. Ginnies. 1963. Seed discharge in *Arceuthobium* a photographic study. Science 140: 1236-1238.
- Hudler, G. T., T. Nichols, D. W. French and G. Warner. 1974. Dissemination of seeds of the eastern dwarf mistletoe by birds. Canadian Jour. Forest Research 4: 409-412.
- Kavosi, M. R., F. Foridi, G. Hajizadeh. 2012. Effects of foliar application herbicide to control semi-parasitic plant *Arceuthobium oxycedri*. Bioscience vol. 4 (2): 76-80.
- Kenaley, S. C., R. L. Mathiasen. 2013. *Arceuthobium gilli* and *A. nigrum* (Viscaceae) revisited: Distribution, Morphology and rDNA-ITS analysis. Jour. Bot. Research Institute of Texas 7(1): 311-322.
- Kuijt, J. 1960. The distribution of dwarf mistletoes *Arceuthobium*, in California. Maroño 15: 129 – 139.
- Madrigal, H. S. y Vázquez, C. I. 1998. Efecto del parasitismo por muérdago enano, al crecimiento en diámetro de *Pinus pseudostrabus*. Lindl. en San Juan Nuevo, Mich. UMSNH. Biológicas 4. Núm. 4.
- Marchal-Valencia, D. 2009. El muérdago en la Ciudad de México. ÁrbolAma. Revista de la Asociación Mexicana de Arboricultura. No. 2 pp. 10-30.
- Mark, W. R., Hawksworth, F. G., and Oshima, N. 1976. Resin disease: a new disease of lodgepole pine dwarf mistletoe. Can. J. For. Res. 6: 415-424.
- Marler, M., D. Pedersen, T. Michael-Olds, R. M. Callaway. 1999. A polimerasa chain reaction method for detecting dwarf

Identificación, distribución y control de muérdago enano...

- mistletoe infection in Douglas fir and western larch. Canadian Journal Forest Research 29: 1317-1321.
- Martínez, S. M., S. Madrigal, H. I Vázquez, C., E. Velasco, B., C. R. Morales, N. y F. Villareal, G. 2014. Efecto de *Arceuthobium vaginatum* (Willd) Presl subsp *vaginatum* Lindl. en Colima. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 6(29): 44-55.
- Martín, L. L., C. M. Ross, F., and L. A. Phillips. 2012. Fungal endophytes of the obligate parasitic dwarf mistletoe *Arceuthobium americanum* (Santalaceae) act antagonistically in vitro against the native fungal pathogen *Cladosporium* (Davidiellaceae) of their host. American Jour. Botany 99(12): 2027-2034.
- Mantiri, F. R., Samuels, H. G. J., Rahe, J. E., and Honda, B. M. 2001. Phylogenetic relationships in *Neonectria* species having *Cylindrocarpon* anamorphs inferred from mitochondrial ribosomal DNA sequences. Can. J. Bot. 79: 334-340.
- Mathiasen, R. L. 2008. New combinations for *Arceuthobium aureum* (Viscaceae) in México and Central America. Novon 18: 501-507.
- Mathiasen, R. L., M. S. González, E., M. González, E., B. E. Howell, I. López, E., J. Scott, J. A. Tena, F. 2008. Distribution of dwarf mistletoe (*Arceuthobium* spp., Viscaceae) in Durango Mexico. Madroño vol. 53 (2): 161-169.
- Mathiasen, R. L., C. M. Daugherty and B. P. Rief. 2009. *Arceuthobium rubrum* (Viscaceae) in Mexico. Madroño vol. 56(2): 99-103.
- Mathiasen, R. L., C. M. Daugherty y V. Guerra de la C. 2011. Muérdagos enanos (*Arceuthobium*) en el sur de México: distribución, hospederos y cambios en la Nomenclatura In: Memorias del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Oaxaca, México. pp. 161-168.
- Mooney, K. A. 2003. *Promylea lunigerella* Dyar (Pyrilidae) feeds on both conifers and parasitic dwarf mistletoe (*Arceuthobium* spp.): one example of food planta shifting between parasitic plants and their hosts. Jour. Lepidopterists Society 57 (1): 47-53.
- Muir, J. A. 1967. Occurrence of *Colletotrichum gloeosporoides* on dwarf mistletoe (*Arceuthobium americanum*) in western Canada. Plant Disease Reporter 51: 798-799.

- Muir, J. A., and B. Moody. 2002. Dwarf mistletoe surveys. Geils, B. W., J. Cibrián, T., B. Moody (eds.). Mistletoe of North American Conifers. U S Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station pp 67-73.
- Piirto, D. D., Donald, L. C., and Harry E. T. 1974. The effects of dwarf mistletoe on the wood properties of lodgepole pine. *Wood and Fiber* 6:26-35.
- Plascencia, G. A., I. López, P., M. Malagón, A. 2007. Validación del uso de hongos patógenos para el control del muérdago enano *Arceuthobium* sp. En el estado de Michoacán. Gobierno del Estado y Comisión Forestal de Michoacán. CONAFOR, México. 40 p.
- Press, M. C. and Phoenix, G. K. 2005. Impacts of parasitic plants on natural communities. *The New Phytologist*. 166 (3):737-751.
- Queijeiro-Bolaños, M.E., Z. Cano-Santana, & I. Castellanos-Vargas. 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: 47-55.
- Queijeiro-Bolaños, M. E., y Z. Cano-Santana. 2013a. Dinámica temporal de la infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*) en Zoquiapan (Parque Nacional Iztaccihuatl Popocatepetl) Universidad Autónoma de Tamaulipas. *Ciencia UAT*92(2):06-14.
- Queijeiro-Bolaños, M. E., Z. Cano-Santana, & I. Castellanos-Vargas. 2013b. Does disturbance determines the prevalence of dwarf mistletoe (*Arcethobium*, Santalales: Viscaceae) in central Mexico. *Revista Chilena de Historia Natural* 86:181-190.
- Queijeiro-Bolaños M., Cano-Santana Z. and García-Guzmán, G. 2014. Incidence, severity and aggregation patterns of two sympatric dwarf mistletoe species (*Arceuthobium* spp.) in Central Mexico. *European Journal of Forest Research* 133:297-306.
- Quiñonez, B. S. 2016. Caracterización de los muérdagos enanos que afectan los bosques de coníferas en los estados de Durango y Sinaloa, México. Tesis de Maestría en Conservación y Manejo de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Universidad

Juárez del estado de Durango. Facultad de Ciencias Forestales. 121 p.

- Torres, L. M., Sánchez, A. D., Covarrubias, R. J. M. 2012. Evaluación de Muérdago Killer en el control de *Tillandsia recurvata* en *Pinus cembroides* Zucc. In: Resúmenes de la VII Reunión Nacional de Innovación Forestal. Compiladores R. E. Madrid, A. y J. A. Prieto, R. Querétaro, México. P 103.
- Reséndiz, M. J. F., Pérez, S. M., Olvera, C. L. P., Arriola, P. N. J., Cortez, H. M. A. 2012. Hongos asociados a muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawksw & Wiens) en el parque nacional Nevado de Toluca. In: Resúmenes de la VII Reunión Nacional de Innovación Forestal. Compiladores R.E. Madrid, A. y J.A. Prieto R. Querétaro, México. P 104.
- Rey, L., A. Sadik, A. Fer, S. Renaudin. 1991. Trophic relations of the dwarf mistletoe *Arceuthobium oxycedri* with its host *Juniperus oxycedrus*. Jour. Plant Physiology 138: 411-416.
- Rietman, L. M., S. F. Shamoun and B. J. Vander Kamp. 2005. Assessment of *Neonectria neomacrospora* (anamorph *Cylindrocarpon cylindroides*) as an inundative biocontrol agent against hemlock dwarf mistletoe. Can. J. Plant. Pathol. 27: 603-609.
- Ríos-Insua, M. V. 1994: Control químico del muérdago enano (*Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. (1819)). Bol. San. Veg. Plagas 20 (4): 847-856.
- Rodríguez, A. A. 1986. Distribución Altitudinal y Calificación del muérdago enano en el Campo Experimental Forestal San Juan Tetla, Puebla. Rev. Ciencia Forestal Núm. 60 vol. 11: 86-112.
- Roth, L. F. 2001. Dwarf mistletoe-induced mortality in Northwest Ponderosa Pine growing stock. Western Jour. Applied Forestry 16(3):136-141.
- Sánchez, S. J. A., y L. M. Torres, E. 2006. Manual para la identificación de los principales problemas fitosanitarios de los bosques del estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE- Campo Experimental Saltillo. Publicación especial núm. 7 33p.
- Shamoun, S. F. 2003. Development and registration of *Chondrostereum purpureum* for management of weedy hardwood species, and a brief overview of other mycoherbicide projects currently in progress. In: Workshop

biocontrol of weeds with pathogens. G. Boutdot and S. Lamaureaux (eds.). Lincoln. New Zealand. pp. 11-12.

- Shamoun, S. F., T. D. Rainsfield and B. J. Vander Kamp. 2003. Biological control approach for management of dwarf mistletoes. *New Zealand Journal of Forestry Science* 33(3): 373-384.
- Shamoun, S. F., L. E. Dewald. 2002. Management strategies of dwarf mistletoes Biological chemical and genetic approaches. In: Geils B., J. Cibrián, T., B. Moody (coord.). *Mistletoes of North America Conifers*. USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station. pp 75-82.
- Scarpf, R. F. 1970. Seed viability, germination and radicle growth of dwarf mistletoe in California. Research Paper PSW-59. Berkeley, California. USDA Forest Service Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 18 p.
- Smith, R. B., Wass, E. F., and Meagher, M. D. 1993. Evidence of resistance to hemlock dwarf mistletoe (*Arceuthobium tsugense*) in western hemlock (*Tsuga heterophylla*) clones. *Eur. J. For. Pathol.* 23: 163-170.
- Stanton, S. 2006. The differential effects of dwarf mistletoe infection and broom abundance on the radial growth of managed ponderosa pine. *Forest Ecology and Management* 223: 318-326.
- Vázquez, C. I. 1993a. Determinación de tipo de sitio para evaluar rodales infectados por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawks. y Wiens). *Ciencia Forestal en México*. Vol. 18. Núm. 73. 138 p.
- Vázquez, C. I. 1993b. Contribución al conocimiento del muérdago verdadero (*Psittacanthus* spp.) en México. *Boletín Técnico*. No. 11. CIPAC. INIFAP. SARH. Uruapan, Mich., México. 41 p.
- Vázquez, C. I. 1994. Intensidad del muestreo para evaluar rodales infestados por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawks. y Wiens). Folleto técnico 17. CIPAC. INIFAP. SARH. Uruapan, Michoacán, México. 23 p.
- Vázquez, C. I. y Cibrian, T. J. 1996. Guía para evaluar rodales infestados por muérdago enano (*Arceuthobium* spp.). SAGAR. INIFAP. Agenda técnica no. 1.
- Vázquez, C. I., A. Villa, R., S. Madrigal, H. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán; descripción y control, Folleto

Técnico No 2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Uruapan. 93 p.

- Vega, M. A., y P. Negreros, C. 2016. Distribución y grado de infección de muérdago en los bosques manejados de la comunidad de Tonalaco, Veracruz. *In: El Cofre de Perote, Situación, Perspectivas e Importancia*. Naravre, F. H. V., L. Garibay, P., M. A. Chamorro, Z., L. R. Álvarez, O., Y. de la Cruz, E. (Coord.) Univ. Veracruzana. Codice/taller editorial. Xalapa, Veracruz. pp. 71- 80.
- Wiens, D., C. G. Shaw III. 1994. *Arceuthobium hawksworthii* (Viscaceae) a new species of dwarf mistletoe from Belize. *Jour. Idaho Academy of Science*. 30(1): 25-32.
- Worall, J. 2009. Dwarf mistletoes. Ecology and management in the Rocky Mountain Region. USDA Forest Service 48 p.
- Yesilada, E, Sezik, E., Honda, G., Tanaka, T., Takeda, Y., Takaishi, Y. 1999. Traditional medicine in Turkey IX. Folk medicine in North-west Anatolia; Sakarya, Kocaeli, Bolu, Zonguldak, Bartın, Karabuk Provinces. *Journal of Ethnopharmacology* 64:199-206.

Comité Editorial del CEPAB

Dr. Alfonso Peña Ramos
M.C. Erick Baltazar Brenes
Dra. Mercedes Borja Bravo
Dra. Dolores Briones Reyes
M. C. Luis Martín Macías Valdez
Dr. José Saúl Padilla Ramírez
Dr. Víctor Manuel Rodríguez Moreno

Edición

Dra. Adriana Rosalía Gijón Hernández
Ing. José Luis Ramos González

Diseño y fotografía

M. C. Sergio Quiñonez Barraza
M.C. Ernesto González

Código INIFAP

MX-0-310606-44-02-10-09-75

El proceso editorial de esta publicación y el formato electrónico se terminó en diciembre de 2017, en el Campo Experimental Pabellón; km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas. C. P. 20671, Pabellón de Arteaga, Ags., México.

Publicación digital en formato PDF
Disponible en www.inifap.gob.mx



Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



- Sede de Centro de Investigación Regional
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
- Campo Experimental

Campo Experimental Pabellón

Dr. Alfonso Peña Ramos Director de Coordinación y Vinculación

Personal investigador

Dra. Alma Delia Báez González Agrometeorología y Modelaje

M.C. Luis Antonio González Jasso Agrometeorología y Modelaje

M.I.T.C. Mario Primitivo Narváez Mendoza Agrometeorología y Modelaje

Ing. José Luis Ramos González Agrometeorología y Modelaje

Dr. Víctor Manuel Rodríguez Moreno Agrometeorología y Modelaje

Dr. Esteban Salvador Osuna Ceja Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal

Dr. Manuel Antonio Galindo Reyes Frutales

Dr. José Saúl Padilla Ramírez Frutales

M.C. Luis Martín Macías Valdez Hortalizas

M.C. Luis Humberto Maciel Pérez Ingeniería de Riego

Dra. Dolores Briones Reyes Maíz

M. Sc. Arturo Cruz Vázquez Mecanización

M.C. Francisco Garibaldi Márquez..... Mecanización

Ing. Raúl Vidal García Hernández Mecanización

M.C. Ernesto Martínez Reyes Mecanización

M.C. Ernesto González Gaona Sanidad Forestal y Agrícola

Dr. Guillermo Sánchez Martínez Sanidad Forestal y Agrícola

M.C. Candelario Serrano Gómez Sanidad Forestal y Agrícola

M.C. Erick Baltazar Brenes Socioeconomía

Dra. Mercedes Borja Bravo Socioeconomía

Dr. Luis Reyes Muro Socioeconomía

www.inifap.gob.mx

Este documento tiene por objeto recopilar la información actualizada sobre los muérdagos enanos, abarcando temas como la distribución geográfica, una breve descripción de las diferentes especies y fotografías que esquematizan características útiles para discernir las especies, así como también se abordan las estrategias actuales de combate de estas plantas parásitas con lo cual se proporcionan herramientas en la toma de decisiones en el combate local, que sean prácticas, oportunas y con conocimiento de causa.