

IMPACTO DE TIERRA DE DIATOMEAS SOBRE *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule* EN *Pinus pseudostrabus* Lindl.

DIATOMS GROUND IMPACT OVER *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule* OF *Pinus pseudostrabus* Lindl.

Víctor Manuel Coria Ávalos¹, Ignacio Vázquez Collazo², Hipólito Jesús Muñoz Flores¹
y Jaime Villa Castillo³

RESUMEN

El estudio se realizó en un rodal con regeneración natural de *Pinus pseudostrabus* infestado por *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. El objetivo fue evaluar el impacto de tres dosis de algas diatomeas (Muérdago Killer® al 7.5, 10 y 15%), un tratamiento comercial a base del ácido 2-cloroetil fosfórico (Etephon®) más testigo absoluto, para el manejo del muérdago. El diseño experimental consistió en bloques al azar, con cinco tratamientos y seis repeticiones. Los valores de infestación previa, según escala de Hawksworth, fueron 3, 3, 2.58, 1.83 y 2.08. Se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.0001$) a 30 y 45 días después de la aplicación de los productos. A los 30, el testigo absoluto preservó infestación 2.08, que difiere del resto de tratamientos con valor 0.42, 0.5, 0.6 y 0.6 para Etephon® 2,500 ppm y Muérdago Killer® 10, 7.5 y 15%, respectivamente. A los 45 días se alcanzaron valores de 0.0, 0.08, 0.17 y 0.17 para Etephon® 2,500 ppm y Muérdago Killer® 15, 7.5 y 10% respectivamente. Los tratamientos presentaron igual impacto de supresión sobre la parte aérea de *Arceuthobium globosum* ssp. *grandicaule* cuando se usó Muérdago Killer® 7.5, 10 y 15%; así como Etephon® 2,500 ppm. La muerte del área foliar sobrevino a los 15 días y la caída de la parte aérea a los 45. La mayor eficacia del Muérdago Killer® ocurrió al 7.5% en 200 L de agua. Con ninguna dosis se indujeron síntomas de fitotoxicidad a la planta hospedera.

Palabras clave: *Arceuthobium globosum* ssp. *grandicaule*, control biológico, diatomeas, Etephon 2,500, Muérdago Killer, *Pinus pseudostrabus*.

ABSTRACT

The study was carried out in a naturally regeneration stand of *Pinus pseudostrabus* infested with dwarf mistletoe in the Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. The objective was to assess the impact of 2-chloroethylphosphonate (Etephon®) and a diatomaceous earth based commercial product, Muérdago Killer®, for the control of *Arceuthobium globosum* ssp. *grandicaule*. A randomized block experimental design was used with 5 treatments and 6 replicates. Significant differences were observed among the treatments after 30 and 45 days of applying the treatments ($P < 0.0001$). In the control sample, after 30 days, the same degree of infection of 2.08 was found compared to the previous evaluation. In the other treatments the infection scores were 0.42, 0.5, 0.6 and 0.6 for treatments 4, 2, 1 and 3, referring to Etephon® at a dose of 2500 ppm and Muérdago Killer® at a dose of 10, 7.5 and 15% respectively. After 45 days the infection values were 0.0, 0.08, 0.17 and 0.17 for treatments 4, 3, 1 and 2, referring to Etephon® at a dose of 2500 ppm and Muérdago Killer® at 15, 7.5 and 10% respectively. It was concluded that treatments applied to the foliage of *P. pseudostrabus* provided an equivalent suppression on the aerial portion of *Arceuthobium globosum* ssp. *grandicaule* using Muérdago Killer® at a dose of 7.5, 10 and 15% to that of Etephon® at 2,500 ppm, foliar death appeared after 15 days and the abscission of the entire aerial portion after 45. The most effective use of Muérdago Killer® was the 7.5% solution in 200 L of water. None of the treatments caused phytotoxic symptoms to the host plant.

Key words: *Arceuthobium globosum* ssp. *grandicaule*, biological control, diatomaceous, Etephon 2,500, Muérdago Killer, *Pinus pseudostrabus*

Fecha de recepción: 31 de julio de 2008.

Fecha de aceptación: 09 de marzo de 2010.

INTRODUCCIÓN

Con su gran diversidad de especies los muérdagos constituyen el segundo agente biológico de destrucción en los bosques mexicanos, sólo superados por el daño que inducen los insectos descortezadores. De 720 estudios dasonómicos y de manejo integral, se cuantificó que 67% del arbolado que existe en pie, estuvo libre de cualquier tipo de daño; en tanto que, en el restante se observan diferentes causas de afectación, entre las que sobresale la presencia de plantas parásitas, en 16% de la superficie arbolada. Como resultado de este último factor, se pierde un volumen promedio anual de 1.04 m³ h⁻¹, lo que corresponde a una reducción mínima nacional de 1.7 millones de m³ de madera en rollo por año, sin considerar el volumen del arbolado muerto (Vázquez, 1993)

Se tiene consignada la presencia de 10 géneros de muérdago y 151 especies distribuidas en todo el país (Cházaro *et al.*, 1992). En los bosques de coníferas se presentan *Arceuthobium*, *Psittacanthus* y *Strutanthus*; el primero representa la planta parásita con mayor impacto en las pináceas mexicanas con más de 20 taxa que atacan a *Pinus*, *Abies*, *Tsuga* y *Picea* (Hawksworth y Wiens, 1972).

A pesar del problema que suponen estos organismos en áreas con regeneración natural, no existe en México un método de control rápido y económico que permita manejar el problema; por lo anterior, el objetivo del trabajo aquí documentado fue evaluar el impacto de tres dosis de tierra

¹ Campo Experimental Uruapan, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro (CIR-PAC), INIFAP. Correo-e: coria.victormanuel@inifap.gob.mx

² Ex-Investigador, Campo Experimental Uruapan, CIR-PAC, INIFAP.

³ Gerencia de Sanidad Forestal, Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

de algas (diatomeas) contenidas en el producto Muérdago Killer®, en comparación con el ácido 2-cloroetilfosfórico (Etephon®) como testigo para el control de *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule* (muérdago enano) en áreas con regeneración de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

Los muérdagos enanos deben su nombre a su tamaño relativamente corto, pues las especies de más altura alcanzan 90 cm y las pequeñas apenas crecen de 8 a 9 cm; los caracteres taxonómicos distintivos de *Arceuthobium* M. Bied. son: tallos ramificados, de color amarillo, rojizo o negruzco, con nudos engrosados; hojas opuestas reducidas a escamas y fruto ovoide que al desprenderse lanza la semilla al exterior en forma explosiva (Hawksworth, 1978).

La diversidad del género *Arceuthobium* es superior en el noroeste de la República Mexicana y del oeste de los Estados Unidos de América, donde habitan 28 de las 34 especies que existen en el Nuevo Mundo (Hawksworth y Wiens, 1996). Los muérdagos enanos se han registrado en 24 estados de la República Mexicana, los cuales parasitan exclusivamente a *Pinus* (29 especies), *Pseudotsuga* (dos especies) y *Abies* (dos especies). En Michoacán se han identificado *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule*, *A. vaginatum* (Willd) Presl. ssp. *vaginatum* y *A. abietis-religiosae* Heil (Hawksworth, 1985).

Los muérdagos enanos sobreviven tantos años como el hospedante, ya que conforme se desarrolla y avanza el sistema endofítico, aparecen nuevos brotes; las ramificaciones mueren caen al suelo (Cházaro *et al.*, 1992; Nájera *et al.*, 1985; Hawksworth, 1978). Las hojas de la planta parásita están reducidas a escamas y su actividad fotosintética es casi nula, debido a su bajo contenido de clorofila, por lo que las partes aéreas son estructuras esencialmente reproductivas (Hawksworth, 1978; Hernández *et al.*, 1992 citado por Vázquez *et al.*, 2006).

Su forma de dispersión es autónoma: el fruto maduro al desprenderse de la planta dispara la semilla, que puede alcanzar de ocho a nueve m de distancia, en promedio (Escudero y Cibrián, 1985); al caer en un árbol cercano se adhiere con la sustancia mucilaginoso que la envuelve a una ramilla u hojas del hospedante, para luego desplazarse a otra ramilla con tejidos blandos en los cuales penetra el haustorio después de la germinación. El ciclo, hasta la producción de semilla, es de 4 a 6 años y la maduración de ésta varía de 12 a 18 meses (Nájera *et al.*, 1985). El proceso de infestación se reconoce que ocurre de manera ascendente en el dosel (Hernández *et al.*, 1992 citado por Vázquez *et al.*, 2006).

Arceuthobium globosum subsp. *grandicaule* es una planta de 7 a 18 cm de altura, tallos verdosos, ramificados; internodos de 1.4 a 3.7 cm de largo y fruto maduro de 7 mm de largo por 3.5 de ancho. La floración se presenta de junio a mayo y la dispersión de la semilla de junio a octubre del siguiente año; los frutos tardan en madurar de 16 a 17 meses y prosperan a una altitud de 2,700 a 3,900 msnm. Sus hospedantes principales son: *Pinus michoacana* Martínez, *P. montezumae* Lamb, *P. leiophylla* Schiede & Deppe, *P. pseudostrobus*, *P. douglasiana* Martínez y *P. rudis* Endl. En Michoacán se distribuye,

principalmente, en los municipios de San Juan Nuevo Parangaricutiro, Tancitaro, Tacámbaro, Ocampo, Charapan, Ciudad Hidalgo, Morelia, Nahuatzen, Paracho, Queréndaro, Salvador Ecalante, Senguio, Zinapécuaro, Charo, Tangancicuaro y Angangueo (Vázquez *et al.*, 2006).

En Estados Unidos de América y Canadá se han realizado más de 260 pruebas para el control químico del muérdago enano, sin que se tengan resultados adecuados, puesto que dañan al hospedante y no se elimina el sistema endofítico de la planta parásita (Hawksworth y Johnson, 1988). En los últimos años se ha evaluado el Etephon®, cuyo ingrediente activo es ácido 2-cloroetilfosfórico, y funciona como regulador de crecimiento al liberar etileno, con iones cloro y fosfato, cuando es absorbido por la planta (Bayer, 2002; Ecuaquímica, 2004; Greenbook, 2004). En general esta reacción ocurre cuando el pH es mayor de 4.1 y el intervalo de liberación del producto se incrementa al aumentar el pH (Vrabel, 1988). Este producto se usa como estimulante de la madurez en los frutos de diversas especies: piña, plátano, caña de azúcar, uva, tomates, pimiento, manzano, café, guayaba, nuez, etc. (Hormones, 2005) y como regulador de crecimiento en pino (Blake y South, 2001).

La efectividad del Etephon® en el control de muérdago enano se ha demostrado en diversos hospedantes, ya que ocasiona caída de hasta 100% de la porción aérea de la planta parásita, con dosis de 2,500 ppm (Rhone-Poulenc, 2001). Resultados similares se han obtenido en el control de *Phoradendron* spp. en varias especies leñosas (encino, olmo, fresno y nogal), cuando se aplica en la etapa de dormancia del árbol (Vrabel, 1988; Perry y Elmor, 2001).

El uso de Etephon® en dosis de 2,500 ppm en el mes de agosto y cuantificado el impacto durante tres años en *Pinus contorta* Dougl. ex Loud y *P. ponderosa* (P. & C. Lawson) parasitados con *Arceuthobium americanum* Nutt. ex Engelm. y *A. vaginatum* (Willdenow) Presl. subsp. *cryptopodum* (Engelmann) Hawksworth & Wiens, han demostrado un control efectivo (74 y 100% de absición). La mayoría de la absición se presentó entre la segunda y la quinta semana posterior al suministro del producto; aunque no se eliminó el sistema endofítico de la planta parásita y en consecuencia se desarrollaron nuevos brotes aéreos uno y dos años después del tratamiento; sin embargo, se reduce la dispersión de la semilla durante un periodo superior a cuatro años, por lo que se sugiere realizar una nueva aplicación después de cinco años (Nicholls *et al.*, 1986; Nicholls, 1988). Por otro lado, la aspersion realizada con equipo terrestre es muy efectiva; mientras que en forma aérea es ineficaz, pues la cantidad del químico en contacto con el muérdago es insuficiente para causarle la muerte (Robbins *et al.*, 1989).

Las dosis de Etephon® varían de 500 a 5,000 ppm. Los mejores resultados se obtienen con 1,250 ppm para el control de *Arceuthobium* y de 2,500 ppm para el de *Phoradendron*; el impacto se observa entre la segunda y tercera semana posterior a la aplicación. La absición de la parte aérea de la planta (33 a 100%) depende de la dosis. En ninguno de los casos hay eliminación del sistema endofítico del muérdago, por lo que pasado un tiempo rebrota lentamente. Este producto se emplea contra diversas especies de muérdago enano: *A. americanum*, *A. douglasii* Engelm., *A. pusillum*

Peck, *A. vaginatum* (Willd) Presl. subsp. *vaginatum*, *A. divaricatum* Engelm., *A. laricis* (Piper) St. John y *A. campylopodum* Engelm. en diferentes especies de hospedantes: *Pinus edulis* Engelm., *P. ponderosa*, *P. contorta* Dougl. ex Loud., *P. banksiana* Lamb., *P. jeffreyi* Grev. & Balf., *Picea mariana* (P. Mill.) B. S. P., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco y *Larix occidentalis* Nutt. (Beatty et al., 1988; Frankel y Adams, 1988; Johnson y Hildebrand, 1988; Nicholls, 1988; Parks y Hoffman, 1988; Hawksworth y Wiens, 1996). También se han realizado pruebas con resultados positivos para control de *Phoradendron macrophyllum* (Engelm.) Cockerell y *P. tomentosum* (DC) Engelm. (Johnson y Hawksworth, 1988; Christopherson, 2005).

En México existen únicamente dos citas sobre evaluaciones de Etephon® en especies forestales. En la primera de ellas, Alvarado y Cibrián (1991) registraron el mayor impacto de supresión en la parte aérea de la planta parásita en un estudio para el control de *A. globosum* subsp. *grandicaule* en *Pinus hartwegii*, con dosis de 2,200 y 2,700 ppm, cuatro semanas después del tratamiento.

Vázquez y Madrigal (2005) en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, en áreas de regeneración de *Pinus pseudostrobus*, parasitado con *A. globosum* subsp. *grandicaule* usaron diferentes dosis de Etephon® (500, 1,000, 1,500, 2,500 y 5,000 ppm) durante las épocas de verano e invierno. Los autores concluyeron que la aplicación en la época de verano fue más eficiente y las mejores dosis correspondieron a 2,500 y 5,000 ppm. Además, el control químico de esta planta parásita no tiene efecto directo en el crecimiento en diámetro y altura en la regeneración del pino.

Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas de la clase Bacillariophyceae; son organismos fotosintetizadores de clorofila a y b, y pigmentos como el beta caroteno, fucoxantina y diatoxantina, habitan en agua dulce o marina, donde constituyen parte importante del fitoplacton. Una de las características relevantes de estos microorganismos es que tienen una cubierta de sílice (dióxido de silicio hidratado) llamado frústulo, el cual presenta una gran diversidad de formas y generalmente consta de dos partes asimétricas o valvas. La evidencia fósil sugiere que se originaron durante o antes el periodo Jurásico temprano, hace 70 millones de años (Agroterra.com, 2006).

Se conocen más de 200 géneros de diatomeas, 10 mil especies, y cerca de 100 mil taxa extintos. Los frústulos se sedimentan por gravedad, cuando la célula muere, lo que origina depósitos minerales de suelos sedimentarios (12 millones de toneladas) como las diatomitas y mesonitas. Depósitos que se localizan desde las Montañas Rocallosas hasta la Patagonia. Tienen diversos usos: fabricación de dinamita, industria del plástico, arqueología, alimento de crustáceos, cambio climático, desinfectantes, pulguicidas, garrapaticidas, entre otros (Buenasiembra, 2008).

Como insecticida no es tóxico ni deja residuos tóxicos; tiene un amplio espectro y es de uso fácil, con mínimas precauciones. Sus minúsculas partículas huecas con carga negativa perforan los cuerpos queratinizados de los insectos, los cuales mueren por deshidratación; es decir, su modo de acción es mecánico. Su composición química corresponde a 99.86% de tierra de diatomea y 0.14% de piretrina, butóxido de piperonilo y excipientes. También, contiene diversos minerales que sirven como fertilizante múltiple como: sulfato múltiple (10.3%) y 39 oligoelementos: Co, Fe, Al, Ar, Ca, Be, Ag, K, Mn, Mg, etc.

Muérdago Killer® es la presentación comercial de un producto orgánico cuyo ingrediente activo está constituido a base de polvo de diatomeas, el cual induce alteración en el proceso de respiración y de la permeabilidad de la membrana celular, en la fotosíntesis, inhibición de la división celular y de la síntesis de clorofila en las plantas de muérdago. Además, por ser un producto orgánico, no causa problemas de contaminación (Injecthor de México, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio.

El trabajo se llevó a cabo en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich., en el paraje denominado Juritzícuaru ubicado entre las coordenadas geográficas 19° 27' 06" de latitud norte y 102° 13' 05" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 2,580 m (Figura 1).



Figura 1. Localización del rodal de *P. pseudostrobus* Lindl., infestado por muérdago enano (*A. globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule*) en el paraje Juritzícuaru, de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich., México.

Cuadro 1. Tratamientos y productos para control de *A. globosum* subsp. *grandicaule*, en áreas de regeneración de *Pinus pseudostrobus*, en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. (2007-2008).

Tratamiento	Producto	Dosis
1	Muérdago Killer*	7.5%
2	Muérdago Killer*	10%
3	Muérdago Killer*	15%
4	Etephon* (testigo regional)	2,500 ppm*
5	Testigo absoluto	

* ppm = partes por millón.

El sitio del experimento presenta un clima Cm(w), templado húmedo con abundantes lluvias en verano, lluvia invernal menor del 5%; precipitación anual de 1,244 mm, temperatura máxima de 22.7°C, temperatura mínima de 6.9°C y temperatura media de 14.9°C. La humedad relativa anual es de 60%, con un período libre de heladas de 190 días (Anguiano *et al.*, 2003).

Los suelos de la región son del tipo andosol, de color negro y pardo rojizo, ricos en materia orgánica, muy ácida y pobre en nutrimentos (Delgado, 1992).

El rodal de interés tiene una pendiente media de 6%, con una topografía del terreno ligeramente ondulado y la exposición es la Sureste. En el estrato arbóreo domina *Pinus pseudostrobus*, y manifiesta parasitismo por *A. globosum* subsp. *grandicaule* en forma crítica, con valores de clase 5 y 6 en la escala de Hawksworth (1977). La planta parásita al momento de aplicación de tratamientos estaba en la fase de floración plena e inicio de fructificación.

El estudio se desarrolló del 12 de octubre de 2007 al 30 de enero del 2008. Previo a la realización de la prueba, se determinó el grado de infestación por muérdago enano estimado mediante el sistema de seis clases generado por Hawksworth (1977), el cual consiste en dividir visualmente la altura de la copa del árbol en tres tercios. Cada uno de ellos se evalúa por separado, se asignan calificaciones de infestación no visible de muérdago (0); infestación ligera, considerada como tal, cuando se estima menos del 50% de ramas infestadas (1) e infestación severa, cuando en más del 50% de las ramas se observa el muérdago (2). A continuación, se procede a sumar los valores de cada uno y la sumatoria equivale al grado de infestación en la planta.

Para estimar el impacto de las algas, se utilizó la formulación comercial Muérdago Killer*. La elección del testigo regional se hizo con base en la bibliografía, en la que se cita que el ácido 2-cloroetil fosfónico (Etephon*) en dosis de 2,500 ppm proporciona un control efectivo del muérdago enano (Alvarado y Gibrián, 1991; Nicholls *et al.*, 1986; Nicholls, 1988; Vázquez y Madrigal, 2005).

El diseño experimental consistió en bloques al azar, para medir el impacto de cinco tratamientos, con seis repeticiones. La dosis por tratamiento se describe en el Cuadro 1. Cada una de las repeticiones estuvo constituida por dos árboles, debido a que se tomaron individuos de la regeneración natural del rodal, con una edad promedio de 8 años y un diámetro a la altura del pecho (DAP) menor a 15 cm.

Los árboles seleccionados como unidad experimental se marcaron con una placa grabada que incluía un número y una letra, correspondientes al tratamiento y la repetición, para tener un mejor control durante las evaluaciones.

La aplicación de los tratamientos tuvo lugar el 26 de noviembre de 2007; para ello se usó una bomba aspersora de mochila, con un gasto estimado de 200 L ha⁻¹. La aspersion cubrió todo el follaje del hospedante y de la planta parásita.

Se efectuaron cuatro muestreos para evaluar cualitativamente el impacto de los tratamientos sobre la parte aérea del muérdago. El primero se hizo antes de la aplicación de los tratamientos. Los tres siguientes a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación (DDA). Las variables cuantificadas fueron el grado de infestación y los síntomas de fitotoxicidad en el hospedante.

Los datos fueron arreglados para el paquete SAS (1999) y efectuar análisis de varianza para determinar si existen diferencias entre los tratamientos; posteriormente fueron sometidos a una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) para ordenar la efectividad biológica de los tratamientos.

La fitotoxicidad en los árboles de interés (pino) se evaluó con base en la escala propuesta por la European Weed Research Society (EWRS) citada por Champion (2000), que se describe en el Cuadro 2.

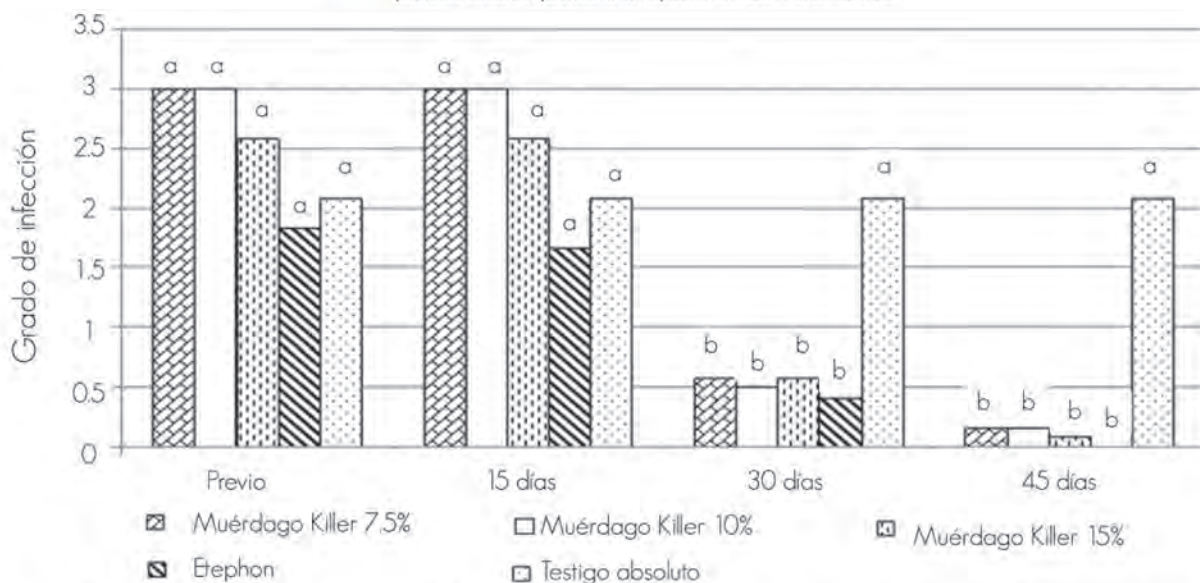
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las condiciones fenológicas y ambientales que imperan en el rodal con regeneración natural de *Pinus pseudostrobus*, en donde se realizó la prueba del Muérdago Killer*, los meses de diciembre y enero, resultaron ser los ideales; ya que el hospedante estaba en la fase de desarrollo vegetativo, con una edad y un tiempo de exposición a la infección por muérdago que permitió observar a la planta parásita en su fase de floración plena e inicio de fructificación (Figura 2). Lo anterior facilitó la aplicación de la metodología generada por Hawksworth (1977) para estimar el grado de infección. De acuerdo con esta escala, en el muestreo previo se cuantificó un grado de infección de 3, 3, 2.58, 1.83 y 2.08 para los tratamientos 1 al 5, respectivamente.

A 15 días DDA, se obtuvieron diferencias no significativas entre tratamientos ($P > F = < 0.286$). Lo cual obedeció a que la escala de Hawksworth (1977) ignora la aparición de síntomas de toxicidad en la planta parásita, pues tan solo considera la incidencia sobre el hospedante (Figura 3).

Cuadro 2. Escala propuesta por la EWRS (European Weed Research Society) para la evaluación de fitotoxicidad en cultivos y transformación a escala porcentual.

Valor puntual	Efecto sobre el cultivo	Fitotoxicidad al cultivo (%)
1	Sin efecto	0
2	Síntomas muy ligeros	1.0 - 3.5
3	Síntomas ligeros	3.5 - 7.0
4	Síntomas sin daños en rendimiento	7.0 - 12.5
5	Daño medio	12.5 - 20
6	Daños elevados	20 - 30
7	Daños muy elevados	30 - 50
8	Daños severos	50 - 99
9	Muerte completa	100

Figura 2. Infestación por *A. globosum* subsp. *grandicaule*, en *P. pseudostrobus*, previo a la aplicación de tratamientos.Figura 3. Efecto de tratamientos para control de *A. globosum* subsp. *grandicaule* en regeneración de *Pinus pseudostrobus*, Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. (2007-2008).

Letras diferentes para la misma fecha de evaluación significan diferencias estadísticas ($p < 0.05$). 30 DDA se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < F = < 0.0008$), mientras que el testigo absoluto continuó con un grado de infestación 2.08 y plantas de *A. globosum* subsp. *grandicaule* completamente sanas.

En todos los tratamientos la parte aérea de la planta parásita presentó el mismo nivel de daño cuantificado en el muestreo previo. Destaca que, a excepción del testigo absoluto, en los casos estudiados se observó marchitez y amarillamiento de toda la parte aérea de *A. globosum* subsp. *grandicaule* (Figura 4).

Este nivel de infección difiere del resto de los tratamientos, en los cuales las plantas de muérdago enano mostraron impacto importante en su parte aérea. Los valores obtenidos fueron de 0.42, 0.5, 0.6 y 0.6 para los tratamientos 4, 2, 1 y 3 que se refieren a Etephon® en dosis de 2,500 ppm y Muérdago Killer® en dosis de 10, 7.5 y 15%, respectivamente (Figura 4).



Figura 4. Toxicidad inducida por Muérdago Killer® 7.5% sobre *A. globosum* subsp. *grandicaule* a 15 días después del tratamiento.



Figura 5. Desprendimiento de la parte aérea de *A. globosum* subsp. *grandicaule*, 30 días después del tratamiento.



Figura 6. Rama del hospedante que denota presencia de tejido endofítico de *A. globosum* subsp. *grandicaule*, con ausencia total de la parte aérea a 45 días después del tratamiento.

La sintomatología siempre fue la misma, que consistió en muerte de toda la parte aérea del muérdago enano, con caída de su porción no leñosa y persistencia sobre el hospedante de las leñosas (Figura 5).

Para los 45 DDA el testigo absoluto preservó el nivel de infestación 2.08 y plantas de *A. globosum* subsp. *grandicaule*, totalmente sanas; tal proporción de daño expresa diferencia estadística significativa ($P < 0.0001$) con relación al resto de los tratamientos que sí fueron asperjados y que presentaron valores de 0.0, 0.08, 0.17 y 0.17 para los tratamientos 4, 3, 1 y 2 que se refieren al Etephon® en dosis de 2,500 ppm y Muérdago Killer® en dosis de 15, 7.5 y 10%, respectivamente (Figura 3).

El efecto sobre *A. globosum* subsp. *grandicaule* resultó similar en todos los tratamientos de Muérdago Killer®; producto originó la muerte y desprendimiento total de la parte aérea a partir de los 45 DDA (Figura 6) y los que aún permanecían adheridos al árbol estaban muertos y a punto de caer. Lo anterior constituye la primera evidencia de las algas (diatomeas) en la supresión de la parte aérea de este muérdago sobre *Pinus pseudostrobus*.

Respecto al Etephon®, lo obtenido concuerda con los datos de otros investigadores (Beatty et al., 1988; Frankel y Adams, 1988; Johnson y Hildebrand, 1988; Nicholls, 1988; Parks y Hoffman, 1988; Hawskorth y Wiens, 1996), en el entendido de que con dosis mayores de 2,500 ppm se alcanza el mejor control de *A. globosum* subsp. *grandicaule*, en diversas especies de *Pinus*.

En las tres fechas de muestreo posteriores a la aplicación de los tratamientos (15, 30 y 45 DDA), de acuerdo con la EWRS y mediante evaluación visual cualitativa, se definió un valor puntual de 1, el cual denota sin efecto los síntomas de fitotoxicidad sobre la regeneración de los árboles de *P. pseudostrobus* (Cuadro 3), en contraposición con lo registrado por Frankel y Adams (1988), quienes observaron daño en follaje viejo de *Pinus contorta*, después de la aplicación para el control de *A. americanum* Nutt. ex Engelm. en dosis de 2,500 ppm.

Cuadro 3. Fitotoxicidad* observada en regeneración natural de *Pinus pseudostrobus*, después de la aplicación de cinco tratamientos para control de *A. globosum* subsp. *grandicaule* en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. (2007-2008).

Tratamiento	15 DDA*	30 DDA	45 DDA
Muérdago Killer® 7.5%	1	1	1
Muérdago Killer® 10%	1	1	1
Muérdago Killer® 15%	1	1	1
Etephon® 2,500 ppm (Testigo regional)	1	1	1
Testigo absoluto	1	1	1

* Resultado basado en la escala de la EWRS; † Días después de la aplicación.

CONCLUSIONES

La aplicación de diatomeas y Etephon® dirigidos al área foliar de *Pinus pseudostrobus*, impactó de igual manera la supresión de la parte aérea de *Arceuthobium globosum* ssp. *grandicaule*, originó la muerte del área foliar a los 15 días y caída de toda la parte aérea a los 45 días posteriores.

A los 45 días después de iniciar los tratamientos se redujo a cero el grado de infestación por *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* en la regeneración natural de *Pinus pseudostrobus*.

La mayor eficacia del Muérdago Killer® se logró con el tratamiento 1, en dosis de 7.5% en 200 L de agua. Ninguno de los tratamientos evaluados en la regeneración de *Pinus pseudostrobus* mostró daños cualitativos por fitotoxicidad en el follaje.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por el apoyo económico para la ejecución de este trabajo, a través del Proyecto: "Estudio de evaluación de efectividad biológica del producto Muérdago Killer® para el control del muérdago enano *Arceuthobium globosum* en *Pinus pseudostrobus* y muérdago verdadero *Pittacanthus calyculatus* en *Quercus* sp.". También a la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, por permitir el estudio en rodales de su propiedad. ♣

REFERENCIAS

- Agrotterra.com. 2006. La tierra de Diatomea. <http://www.agrotterra.com/profesionales/articulos.asp?Idarticulo=509>. (12 de agosto de 2008).
- Alvarado, R. D. y J. Cibrián T. 1991. Efecto del Etephon sobre muérdago enano (*Arceuthobium globosum* ssp. *grandicaule*) en árboles de *Pinus hartwegii*. In: Memorias del VI Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Soc. Mex. de Entomología. Chapingo, Edo. de Méx. México. 78 p.
- Anguiano C. J., J. Alcántar, R., A. Ruíz C., J. González A., I. Vizcaíno V., R. Regalado R. y C. De la Mora O. 2003. Recursos edafo-climáticos para la planeación del sector productivo en el estado de Michoacán. Libro Técnico No. 1. SAGARPA. INIFAP, Editorial Conexión Gráfica S. A. de C. V. Guadalajara, Jal., México. 173 p.
- Bayer. 2002. Ethrel. Productos fitosanitarios. Hoja de datos de seguridad. <http://www.bayercropscience.cl/mtds/ethrel.pdf>. (8 de abril de 2008).
- Beatty, J. S., H. Maffei, E. Collins and M. Christian. 1988. Etephon tests for ponderosa pine dwarf mistletoe in New Mexico. In: Proc. 36 Annual Western International Forest Disease Work Conference. Park City, UT. USA. pp. 39-40.
- Blake, J. I. and D. B. South. 1991. Effects of plant growth regulators on loblolly pine seedling development and field performance. In: Proceedings of the 6th Biennial Southern Silvicultural Research Conference. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. SE-70. Asheville, NC USA. pp. 100-107.
- Buenasiembra. 2008. La tierra de Diatomeas usada en plantas, animales y personas. <http://buenasiembra.com.ar/ecologia/agricultura/diatomea-311.html>. (12 de agosto de 2008).

- Champion, G. T. 2000. Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G. M. Trials. AICC Newsletter, December. 7 p.
- 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.
- Christopherson, J. 2005. Dwarf Mistletoe. Nevada Division of Forestry. <http://www.forestry.nv.gov/main/health/dwarf.htm>. (7 de diciembre de 2007).
- Delgado, V. P. 1992. Aspectos biológicos de conos y semillas de tres especies de *Pinus*, en la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. Tesis profesional. Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Mich. México. 86 p.
- Ecuacuímica. 2004. Ethrel 48 SL. <http://www.ecuacuimica.com/guias/ethrel.htm>. (25 de noviembre de 2007).
- Escudero M., M. y D. Cibrián T. 1985. Determinación del periodo de dispersión de *Arceuthobium globosum grandicaule* en la región central de México. In: Memoria del III Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Saltillo, Coah. México, pp. 342-351.
- Frankel, S. and D. Adams. 1988. Etephon test for dwarf mistletoes in California. In: Proceedings of the 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference. Park City, UT. USA. pp. 41-42.
- Greenbook. 2004. Ethrel brand Etephon. Plant Regulator. www.greenbook.net. (4 de diciembre de 2007).
- Hawksworth, F. G. and D. Wiens. 1972. Biology and classification of dwarf mistletoe (*Arceuthobium*) USDA. Forest Service. Agriculture Handbook 401. Washington, DC. USA. 234 p.
- 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. 1978. A comparative distribution of two mistletoes: *Arceuthobium divaricatum* and *Phoradendron juniperium*. In: Proceedings of the Symposium on dwarf mistletoe control through forest management. Forest Service. Berkeley, CA. USA. 62 p.
- Hawksworth, F. G. 1985. Observations on dwarf mistletoe on Himalayan Blue Pine in Pakistan. *The Golden Bough*. 7:1-2.
- Hawksworth, F. G. and D. W. Johnson. 1988. Mistletoe control with Etephon. In: Proceedings of the 36th Annual Western International Forestry Disease Work Conference. Ogden, UT. USA. pp. 29-31.
- Hawksworth, F. G. and D. Wiens. 1996. Dwarf mistletoes: biology, pathology and systematics. USDA. Forest Service. Agriculture Handbook 709. Washington, DC. USA. 410 p.
- Hormones. 2005. Ethylene. <http://aggie-horticulture.tamuedu/syllabi/201h/slides/hormones.pdf>. (4 de diciembre de 2007).
- Injecthor de México, 2007. Muérdago Killer. www.injecthormexico.com.mx. (8 de octubre de 2007).
- Johnson, D. W. and F. G. Hawksworth. 1988. Conclusions. In: Proceedings of the 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference. Ogden, UT. USA. pp. 44-45.
- Johnson, D. W. and D. M. Hildebrand. 1988. Etephon tests for ponderosa pine in Colorado. In: Proceedings of the 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference. Ogden, UT. USA. pp. 37-38.
- Kligman, G. C. y F. Ashton M. 1980. Estudio de las plantas nocivas. Principios y prácticas. Ed. Limusa. México, D. F. México. 449 p.
- Nájera, M. F., F. González G. y J. Cibrián T. 1985. Los muérdagos enanos en el estado de Durango, México. In: Memoria del IV Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Pub. Esp. No. 60. Tomo II. INIFAP-SARH. México, D. F. México. pp. 592-603.
- Nicholls, T. H., L. Egeland, F. G. Hawksworth and D. W. Johnson. 1986. Control of Dwarf Mistletoe with Etephon. In: Proceedings of the 34th Annual Western International Forest Disease Work Conference. Juneau, WA. USA. pp. 78-85.
- Nicholls, T. H. 1988. Etephon tests for lodgepole pine dwarf mistletoe in Colorado. In: Proceedings of the 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference. Park City, UT. USA. pp. 34-37.
- Parks, C. and J. T. Hoffman. 1988. Etephon tests for Douglas-fir larch and ponderosa pine dwarf mistletoe in the northwest. In: Proceedings of the 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference. Park City, UT. USA. pp. 40-44.
- Perry, E. J. and C. L. Elmore. 2001. Mistletoe. <http://www.ipm.ucdavis.edu>. (7 de diciembre de 2007).
- Rhone-Poulenc. 2001. Etephon. <http://www.PMEP>. (7 de diciembre de 2007).
- Robbins, K., D. W. Johnson, F. G. Hawksworth and T. H. Nicholls. 1989. Aerial application of etephon is ineffective in controlling lodgepole pine dwarf mistletoe. *Western Journal of Applied Forestry* 4:27-28.
- Rojas, G. M. 1980. Manual teórico práctico de herbicidas y fitoreguladores. Editorial Limusa. México, D. F. México. 116 p.
- Statistical Analysis Systems (SAS). 1999. SAS/STAT User's guide. Release 8. SAS. Cary, NC, USA. s/p.
- Vázquez, C. I. 1993. Determinación de la época y dosis del herbicida Esterón 47 M para el control del muérdago verdadero (*Psittacanthus calyculatus* en mezquite (*Prosopis laevigata*). In: Memorias del VII Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Monterrey, NL. México. 29 p.
- Vázquez, C. I. 1993. Contribución al conocimiento del muérdago verdadero (*Psittacanthus* spp.) en México. SARH. INIFAP. CIPAC. Boletín Técnico No. 11. (Uruapan, Mich. México. 41 p.
- Vázquez, C. I. y S. Madrigal H. 2005. Control químico del muérdago enano (*Arceuthobium globosum*) en regeneración de *Pinus pseudostrobus*. *Revista (Ciencia Nicolaita)*. No. 41: 69-82.
- Vázquez C. I., A. Villa R. y S. Madrigal H. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. SAGARPA. CONAFOR. INIFAP. Libro Técnico No. 2. División Forestal. Uruapan, Mich. México. 98 p.
- Vrabel, T. E. 1988. Chemistry, mode of action, uses and registration status of etephon for dwarf mistletoes. In: Proceedings of the 36th Annual Western International Forest Disease Work Conference. Park City, UT. USA. pp. 32-34.