

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) en el Control de *Phoradendron densum* sobre *Cupressus arizonica* (Greene) en la Sierra de Arteaga, Coahuila

Por

JHONATAN ESAÚ BALCÁZAR DELGADILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) en el Control de
Phoradendron densum sobre *Cupressus arizonica* (Greene) en la Sierra de Arteaga,
Coahuila

Por

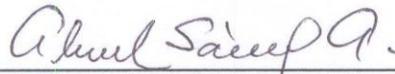
JHONATAN ESAÚ BALCÁZAR DELGADILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

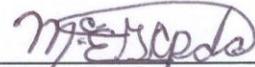
Aprobada:



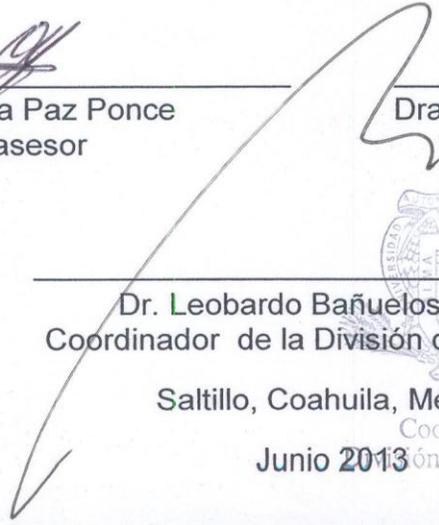
M.C. Abiel Sánchez Arizpe
Asesor Principal



Biol. María Paz Ponce
Coasesor



Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Coordinación
Junio 2013 División de Agronomía

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por la oportunidad de formarme como profesional y así contribuir con el sector agrícola de mi país. Gracias por las facilidades, servicios y oferta académica brindada.

Al **M.C. Abiel Sánchez Arizpe**, por los conocimientos brindados, por su apoyo, orientación y disponibilidad de tiempo como asesor durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la **Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda**, por su participación en este proyecto de investigación como miembro del Comité asesor.

A la **Biol. María Paz Ponce**, por su participación en este proyecto de investigación y como miembro del Comité asesor.

Al **C. Gerardo González Juárez** director general de Injethor de México que nos proporcionó el producto “Muérdago Killer”, con el que llevamos a cabo este trabajo de investigación.

Al **C. Santiago Dávila** dueño del predio, por la autorización y consentimiento para utilizar el terreno donde se estableció este trabajo de investigación.

A todos los profesores del Departamento de Parasitología, que compartieron sus conocimientos y su pasión por la parasitología.

A mis compañeros de generación porque cada uno de ellos son parte de las experiencias vividas durante la estancia en esta Universidad, y especialmente a los que me apoyaron en todo momento.

DEDICATORIA

A mis padres

Sr. Rafael Balcázar Braca

Y

Sra. Herendira Delgadillo Hernández

Quienes me dieron dos grandes regalos: El primero, la vida y el segundo, la libertad para vivirla. A quienes en mis momentos difíciles nunca me claudicaron y siguieron fortaleciéndome hasta el último momento. Quienes, con compromiso y entrega permanente estuvieron presentes, tanto en mis deseos como en mis acciones para superarme y consolidarme como ser humano. Quienes me hicieron aprender que el amor, el trabajo y el conocimiento deben ser manantiales de mi existencia y el reflejo fiel del ejercicio de mi decisión. Quienes me han enseñado a combatir a diario la mediocridad, haciendo de esto la batalla más difícil y la victoria más hermosa. Quienes me mostraron que la consumación plena de mi existencia solo se logra con la fe puesta en lo que soy, puedo y hago. Quienes me han enseñado con sus hechos y convicciones que existir es cambiar, que cambiar es madurar y que madurar es crearse uno a sí mismo constantemente. Por todo esto, les ofrezco todo mi agradecimiento, mi respeto y mi amor.

A mi abuelita

María Dolores Hernández Valencia (+)

Estoy seguro que donde ella se encuentra guía mis pasos.

A mis hermanas

Claudia Estefani Balcázar Delgadillo

Elizabeth Balcázar Delgadillo

Que siempre han estado en los buenos y malos momentos, por compartir muchos momentos a su lado y aunque estén estuvimos lejos siempre estuvieron en mi corazón y mi mente.

A mi esposa

Ana Cristina Corrales Hernández

Por su apoyo y amor incondicional que me ha brindado en todo el tiempo que hemos estado juntos. Gracias por apoyar mis ideales, por darme ese equilibrio emocional que me permite dar el máximo de mí, por soportarme en los buenos y malos momentos ya que es la persona que directamente ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Te amo.

A mi hija

Valeria Balcázar Corrales

Es una nueva luz en mi vida, la cual me llena de amor, fuerza, esperanza e inspiración que me ayuda a ser mejor persona, mejor hijo, mejor esposo y mejor padre.

A mis

Primos: Agustín DM, Adrián DM, Pedro DM, José Juan, Luis Manuel GD, Luis Enrique MD, Juan Antonio MD, Marcos TD, Miguel Ángel MB, Joel DG, Laura Sheila RD. Gracias a todos ustedes por haber convivido y pasado buenos ratos de una u otra forma.

Tíos: Josefina Delgadillo Hernández, Cirilo Delgadillo Hernández y Alejandra Balcázar Braca. Gracias por su apoyo y buenos consejos que me han brindado todo este tiempo.

Amigos: Fernando (Penano), Ricardo (Gordo), Jorge (Asesino), Ramiro (Raro), Florencio (Chuleta), Diego (Borreguin), Ricardo (Monikis) y Pompeyo (Bob). Gracias por los buenos e inolvidables momentos que hemos disfrutado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
REVISIÓN DE LITERATURA	4
<i>Género Phoradendron</i>	4
<i>Phoradendron densum Torr.</i>	4
Ubicación taxonómica.....	4
Biología.....	5
Características Morfológicas de <i>Phoradendron densum</i>	5
Hoja	5
Tallos	6
Inflorescencia	6
Flores.....	6
Fruto	6
Infección	6
Polinización	7
Dispersión.....	7
Ciclo de Vida de <i>P. densum</i>	8
Condiciones Favorables para el Establecimiento del Muérdago	9
Distribución de <i>P. densum</i> en Norte América	9
Hospedero Principal <i>Cupressus arizonica Greene</i>	10
Ubicación taxonómica.....	10
Características generales de <i>Cupressus arizonica</i>	11
Condiciones ambientales hospedero- parásito.....	11
Signos y síntomas ocasionados por <i>P. densum</i>	11
Importancia.....	12

Como problema forestal	13
Control de <i>Phoradendron densum</i>	14
Manejo silvícola	14
Control genético	15
Control químico	15
Control biológico.....	15
Información Técnica del Muérdago Killer.....	15
Modo de acción del muérdago killer	16
Características Generales de las Diatomeas.....	16
Tierra de diatomea	16
Reproducción	17
Nutrición	17
Hábitat	17
Importancia económica y ecológica.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS	19
Descripción del Área de trabajo.....	19
Procedimiento Experimental.....	20
Diseño Experimental.....	20
Variables Observadas.....	23
Textura	24
Defoliación.....	25
Amarillamiento.....	25
Necrosis.....	26
Flacidez	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre <i>Phoradendron densum</i> en Textura como Variable.	27
Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre <i>Phoradendron densum</i> en Defoliación como Variable.....	28
Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre <i>Phoradendron densum</i> en Amarillamiento como Variable.....	29

Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre <i>Phoradendron densum</i> en Necrosis como Variable.....	30
Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre <i>Phoradendron densum</i> en Flacidez como Variable.	31
Discusión de las Variables Observadas Después de la Aplicación del Producto Muérdago Killer.....	32
Imágenes comparativas.....	34
CONCLUSIONES	36
LITERATURA CITADA	37

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. <i>Phoradendron densum</i> desarrollándose en su hospedero.....	6
Figura 2. Semillas de <i>P. densum</i> adheridas a su hospedero. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.	8
Figura 3. Distribución de <i>Phoradendron densum</i> en Norte América.	10
Figura 4. Muerte descendente de las ramas provocado por <i>P. densum</i> . Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.	12
Figura 5. Porcentaje de las principales plagas forestales a nivel nacional reportadas por SEMARNAT en el año 2011, con un total de 86,278 hectáreas que presentaron problemas fitosanitarios.....	14
Figura 6. Fotografía aérea del lugar del proyecto de investigación.....	19
Figura 7. Croquis del experimento obtenido vía GPS, muestra la posición de cada unidad experimental. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.	21
Figura 8. Geoposicionando las unidades de muestro con el sistema de posicionamiento global (GPS). Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.	22
Figura 9. Materiales y reactivos utilizados para hacer la mezcla para cada uno de los tratamientos.....	22
Figura 10. Aplicación del producto Muérdago Killer cubriendo a punto de gota el <i>Phoradendron densum</i> . Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.	23
Figura 11. Determinación al tacto y visual de la textura del <i>P. densum</i> . Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.	24
Figura 12. Determinación mediante observación de la defoliación que presentó <i>P. densum</i> después de la aplicación del producto. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.....	25
Figura 13. Determinación mediante observación el amarillamiento que presentó <i>P. densum</i> después de la aplicación del producto. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.....	25
Figura 14. Determinación mediante observación la necrosis que presentó <i>P. densum</i> después de la aplicación del producto. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013..	26
Figura 15. Determinación mediante observación la flacidez que presentó <i>P. densum</i> después de la aplicación del producto. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013..	26

Figura 16. Comparativa entre <i>P. Densum</i> , sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Textura. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.....	34
Figura 17. Comparativa entre <i>P. Densum</i> , sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Defoliación. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.....	34
Figura 18. Comparativa entre <i>P. Densum</i> , sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Amarillamiento. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.	34
Figura 19. Comparativa entre <i>P. Densum</i> , sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Necrosis. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.....	35
Figura 20. Comparativa entre <i>P. Densum</i> , sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Flacidez. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos en un diseño completamente al azar. Dpto. Parasitología UAAAN.	20
Cuadro 2. Escala para estimar la efectividad biológica del producto muérdago Killer sobre <i>P. densum</i>	24
Cuadro 3. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable textura de <i>P. densum</i>	27
Cuadro 4. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable textura en <i>P. densum</i>	28
Cuadro 5. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable defoliación sobre <i>P. densum</i>	28
Cuadro 6. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable defoliación en <i>P. densum</i>	29
Cuadro 7. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable amarillamiento sobre <i>P. densum</i>	30
Cuadro 8. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable amarillamiento en <i>P. densum</i>	30
Cuadro 9. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable necrosis sobre <i>P. densum</i>	31
Cuadro 10. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable necrosis en <i>P. densum</i>	31
Cuadro 11. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable flacidez sobre <i>P. densum</i>	32
Cuadro 12. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable flacidez en <i>P. densum</i>	32

RESUMEN

En los últimos años las poblaciones de *Phoradendron densum* ha incrementado en los bosques de América, las coníferas en Coahuila, se han visto mermadas por la creciente población de muérdago verdadero, con la finalidad de brindar una alternativa más para su control, se realizó este trabajo de investigación con el objetivo específico de probar la efectividad biológica de la Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer), en una aplicación de invierno considerando que es un producto amigable con el medio ambiente. El diseño experimental fue un completamente al azar con cinco tratamientos, un testigo y cuatro repeticiones para cada tratamiento. Considerando a un árbol como unidad de muestreo para cada tratamiento. La aplicación del producto se realizó el 2 de marzo de 2013 utilizando una mochila aspersora, dirigiendo la aspersion directa sobre los muérdagos hasta punto de gota, se utilizaron cinco dosis de 0.500, 0.750, 1.000, 1.250 y 1.500 litros, además de un testigo sin aplicación. Las variables que evaluamos fueron: Textura, Defoliación, Amarillamiento, Necrosis y Flacidez, la cuales se midieron en tres muestreos a los 7, 15 y 30 días posteriores a la aplicación. Los resultados muestran que el tratamiento dos con una dosis de 0.750 litros fue el más efectivo ya que causó mayor Defoliación, Amarillamiento y Flacidez. Mientras que el tratamiento cuatro con una dosis de 1.250 tuvo una mayor efectividad sobre las variables Textura y necrosis. De acuerdo a la información técnica del producto los daños ocasionados a *P. densum* concuerdan con nuestros resultados obtenidos, porque su modo acción es inhibir la división celular y la síntesis de la clorofila y eso justamente se manifestó como: Defoliación y Amarillamiento. Cabe mencionar que el hospedero *Cupressus arizonica*, no presento ningún síntoma de fitotoxicidad.

Palabras clave: Muérdago Verdadero, *Phoradendron densum*, Muérdago Killer, *Cupressus arizonica*, Dosis.

INTRODUCCIÓN

Los muérdagos verdaderos pertenecen a la familia Viscaceae, son arbustos herbáceos o leñosos que se desarrollan sobre las ramas de árboles y arbustos de angiospermas y gimnospermas (*Pinus*, *Cupressus* y *Juniperus*). Sus características distintivas son hojas lanceoladas, verdes y frutos mucilaginosos, los géneros de muérdagos verdaderos más comunes en México son *Struthanthus*, *Phoradendron* y *Psittacanthus* (Cházaro *et al.*, 1992).

El género *Phoradendron* incluye cerca de 200 especies, únicamente en el continente americano ubicándose principalmente en áreas tropicales y templadas. Presenta menos especificidad en plantas del tipo angiospermas encontrándose pocas especies parasitadas pero si con mayor frecuencias en gimnospermas (coníferas). Este género tiene importancia ecológica, ya que afecta en alto porcentaje a los pinos, encinos y cipreses.

Se estima que por el efecto del parasitismo de estas plantas parásitas se pierde un volumen anual nacional de 2 millones de m³ de madera, sin considerar el volumen perdido por muerte del arbolado, además reduce sustancialmente la producción y viabilidad de la semilla. Los daños que causa la planta en su hospedero son: deformaciones de la madera, reducción de crecimiento, mayor susceptibilidad al ataque de otras enfermedades, y la disminución de la longevidad del árbol. Estas plantas son el segundo agente biológico de perturbación en los bosques, por el efecto de su parasitismo; esto sin considerar la muerte en el arbolado y la predisposición a otros agentes de destrucción, como insectos y hongos (CONAFOR, 2011).

Coahuila cuenta con diversos bosques entre estos el de coníferas. En específico en la sierra de Arteaga se ha visto afectada por los problemas fitosanitarios ya mencionados, los cuales están causando una degradación ambiental y un daño ecológico irreversible que puede ocasionar el agotamiento de los recursos naturales maderables y, por ende, un conflicto e inestabilidad social, por ser áreas verdes con que cuentan la urbe de esta zona del estado, además de ser las partes

altas de la cuencas hidrográficas donde se capta el agua que se destina a la capital del estado y el área circunvecina (INIFAP, 2008).

A la fecha de hoy se han utilizado como métodos de control: aplicaciones de herbicidas químicos es el caso de la molécula 2,4-D, podas fitosanitarias y/o en arboles muy infestados se retiran (CONAFOR, 2011). La realización del presente trabajo de investigación, porque puede brindar una nueva alternativa para el control del muérdago *Phoradendron densum* utilizando un producto orgánico como es el caso del “Muérdago Killer®” elaborado a base de extractos de algas marinas y tierra de diatomeas. El trabajo está enfocado con esta línea de investigación para ver el efecto de este producto sobre el control de *P. densum* y las posibles repercusiones en el hospedero.

Objetivos

1. Determinar la dosis optima del ingrediente activo tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para el control de *Phoradendron densum* en una aplicación invernal.
2. Determinar el grado de fitotoxicidad del ingrediente activo tierra de diatomeas (Muérdago Killer) en el follaje de *Phoradrendon densum*.

Hipótesis

Ho: Al menos uno de los tratamientos resultara ser eficiente en el control de *Phoradrendon densum*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Género *Phoradendron*

Los muérdagos verdaderos del género *Phoradendron* son plantas parásitas con flores que se caracterizan por sus ramas aéreas que son fácilmente visibles sobre su hospedero. Son plantas dioicas y las femeninas tienen flores y producen bayas con semillas, mientras los masculinos producen pequeñas flores inconspicuas donde se almacena el polen (Olsen, 2003).

Los muérdagos del género *Phoradendron* son plantas parásitas siempre verdes, que tienen hojas y tallos bien desarrollados. La altura de estas plantas va de unos cuantos centímetros hasta un metro o más. Desarrollan hojas verdes típicas que efectúan la fotosíntesis y normalmente pequeñas flores dioicas y frutos en forma de bayas que contienen una sola semilla (Agrios, 2005).

Los muérdagos en ocasiones son tan numerosos que constituyen casi la mitad del follaje verde del hospedante, hacen que los árboles deciduos se vean siempre verdes y las ramas del árbol como si estuvieran muertas. Los árboles infectados pueden sobrevivir durante algún tiempo, pero muestran un menor crecimiento (Agrios, 2005).

***Phoradendron densum* Torr**

Ubicación taxonómica

El género *Phoradendron* pertenece a la familia Viscaceae que son plantas hemiparásitas aéreas, con un sistema radicular endofítico (haustorios), colonizador de los tejidos vasculares del hospedero. Esta familia cuenta con tres géneros de muérdagos muy comunes: *Arceuthobium*, *Phoradendron* y *Viscum* (Brands, 2013).

Reino: Plantae

Phylum: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Santales

Familia: Viscaceae

Género: *Phoradendron*

Especie: *densum* Torr

McMinn (1939) nombró a esta especie *Phoradendron bolleanum* Seem y hasta la fecha varios autores siguen nombrándolo así.

Biología

P. densum es una planta que requieren un hospedero para poder desarrollarse, esta especie es muy específica y crecen sobre los géneros *Cupressus* (ciprés) y *Juniperus* (sabino). Es una planta hemiparásita es decir que elaboran su propio alimento mediante la fotosíntesis y únicamente requieren agua y elementos minerales de la planta hospedera (Hawksworth y Scharpf, 1980). Esta especie es llamada el muérdago del ciprés y es originaria del norte de México. Se encuentra en alturas que van desde los 1,050-1,800 msnm.

Características Morfológicas de *Phoradendron densum*

Geils *et al.* (2002) describe a *P. densum* como una planta siempre de aspecto verde de 10 a 40 cm de altura (figura 1).

Hoja

Presenta hojas lanceoladas a oblongas, sésiles, de 1.5-2.5 cm de largo, 2-3 mm de ancho (Hawksworth y Scharpf, 1980).

Tallos

Son tallos herbáceos a temprana edad, a media que van creciendo se convierten en leñosos de gran resistencia y presenta un distancia aproximadamente 6 a 17 mm entrenudos (Geils *et al.*, 2002).

Inflorescencia

De 1 o varias espigas axilares, cada espiga con 1 o varios artículos fértiles y cada artículo con 2 o más hileras de flores (Gómez *et al.*, 2011).

Flores

Unisexuales, sésiles de color verde amarillento; las estaminadas con 3 o más pétalos valvados, 3 o 4 anteras biloculares y un pistilo rudimentario en el centro; las carpeladas con un ovario unilocular, estilo recto originándose de un pequeño disco anular y estigma no diferenciado (Gómez *et al.*, 2011).



Figura 1. *Phoradendron densum* desarrollándose en su hospedero.

Fruto

El fruto es una baya blanquecina o rosada, ovoide a globosa, con una semilla cubierta por una sustancia mucilaginosa llamada viscina (Gómez *et al.*, 2011).

Infeción

La infección se inicia cuando una semilla se adhiere a la corteza o a las hojas del hospedero, cuando comienza a germinar forma un hipocotílo que se elonga hasta formar un abultamiento, en este punto, la radícula produce una cantidad irregular de tejido (apresorio) el cual funciona como un soporte por la parte inferior de este tejido,

que hace presión directamente sobre las ramas del hospedero donde se desarrolla la clavija y la raíz principal formando el haustorio (Hawksworth y Scharpf, 1980).

La planta de muérdago parasita a su hospedero y comienza a desarrollarse, durante aproximadamente dos años antes de producir brotes aéreos en el exterior de la planta. Los brotes de muérdago contienen clorofila y lleva a cabo la fotosíntesis y dependen de su planta hospedera para obtener los carbohidratos, así como nutrientes minerales y agua. Suelen causar un ligero retraso en el desarrollo en la planta huésped durante muchos años. Los Muérdago verdadero difieren del muérdago enano en que es generalmente menos perjudicial para su hospedero, además son más grandes y más visibles y otra gran diferencia a los muérdagos enanos que son muy específicos para sus hospedantes e infectar las coníferas solamente (Olsen, 2003).

Polinización

Phoradendron densum al igual que las demás especies de este género son polinizadas principalmente por insectos y el viento (Nickrent y Musselman, 2004).

Dispersión

El principal vector son las aves que ha encontrado en los frutos del *P. densum* un alimento atractivo y nutritivo. Los frutos del muérdago denso comúnmente llamado, presenta un fruto del tipo baya color rosada o blanca, su semilla es cubierta por una sustancia mucilaginosa natural llamada viscina. Un gran número de especies de aves se alimentan de los frutos de muérdago, dispersando las semillas mediante sus excretas o regurgitándolas (Ruhland y Calvin, 2001).

Semillas del muérdago son diseminadas por aves de varias maneras, dependiendo de la especies de ave: unas lo hacen mientras se acicalan, algunas otras se llevan semillas pegadas entre las patas y donde se paran dejan pegada la semilla gracias a la viscina pero las más importantes es mediante excretas y

regurgitar, porque resulta una dispersión en un área más grande y las semillas son depositadas en las partes superiores de los hospederos (Olsen, 2003).

Además de las aves como principal vector de la semilla de *P. densum*, el viento constituye otro factor para dispersar la semilla del muérdago, también se sabe que cuando el fruto está muy maduro cae y debido a la viscosa de este (figura 2), se adhiere a alguna otra rama de la misma planta ya infectada (Geils *et al.*, 2002).



Figura 2. Semillas de *P. densum* adheridas a su hospedero. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

Ciclo de Vida de *P. densum*

P. densum tiene un ciclo de vida típico de los demás muérdagos pertenecientes a este género, caracterizado por la diseminación de aves, un parasitismo interno en su hospedante leñoso y un crecimiento aéreo para la producción de flores y frutos (Geils *et al.*, 2002).

Para iniciar la germinación del muérdago debe tener una planta hospedera viva en el cual se desarrollará. Aunque muérdagos verdaderos son plantas con flores y contienen clorofila, no tienen raíces verdaderas y debe obtener algunos carbohidratos, así como agua y nutrientes minerales de sus hospederos. La infección reduce el vigor del hospedero porque los muérdagos compiten con sus hospederos por los nutrientes y el agua (Olsen, 2003).

Semillas del muérdago son diseminadas por aves, durante la germinación, la semilla produce una radícula y un apresorio que penetra la rama del hospedero, desarrollando un sistema endofítico interno. Una vez que los brotes aéreos son producidos, inicia la realización de fotosíntesis del muérdago, son plantas dioicas es decir hembra y macho, la producción de flores es típica y su reproducción es sexual.

Los frutos son producidos después de uno o más años de la infección (Geils *et al.*, 2002).

Condiciones Favorables para el Establecimiento del Muérdago

En general las diferentes especies del género *Phoradendron* son parásitos muy oportunistas que se presentan en las áreas debilitadas con una tendencia marcada a la declinación, esto hace referencia a las áreas que se desarrollan bajo estrés hídrico no acostumbrado. Estas circunstancias hacen que el arbolado pierda cualquier resistencia natural de tolerar o repeler el ataque de estos parásitos, entonces se torna susceptible y el ataque de estos se hace más notorio y cobra mayor importancia. La semilla del muérdago requiere humedad para la germinación, por lo que la infección ocurre durante los periodos lluviosos (Olsen, 2003).

Distribución de *P. densum* en Norte América

Olsen (2003), mencionó los reportes de *P. densum* en México y E.U.A.

México: En la Sierra de San Pedro Mártir, en Baja California, Trelease (1916) informa de *P. densum* en el estado de Sonora y el Herbario de Patología Forestal de la ciudad de Fort Collins, Colorado, E.U.A. Cuenta en su colección especímenes colectados en Coahuila y Nuevo León.

E.U.A: Hawksworth y Scharpf (1980), mencionaron la presencia de *P. densum* en Oregón, California, Arizona, Nuevo México y Texas (Figura 3). En un rango de elevación es de 200 a 2,300 msnm.

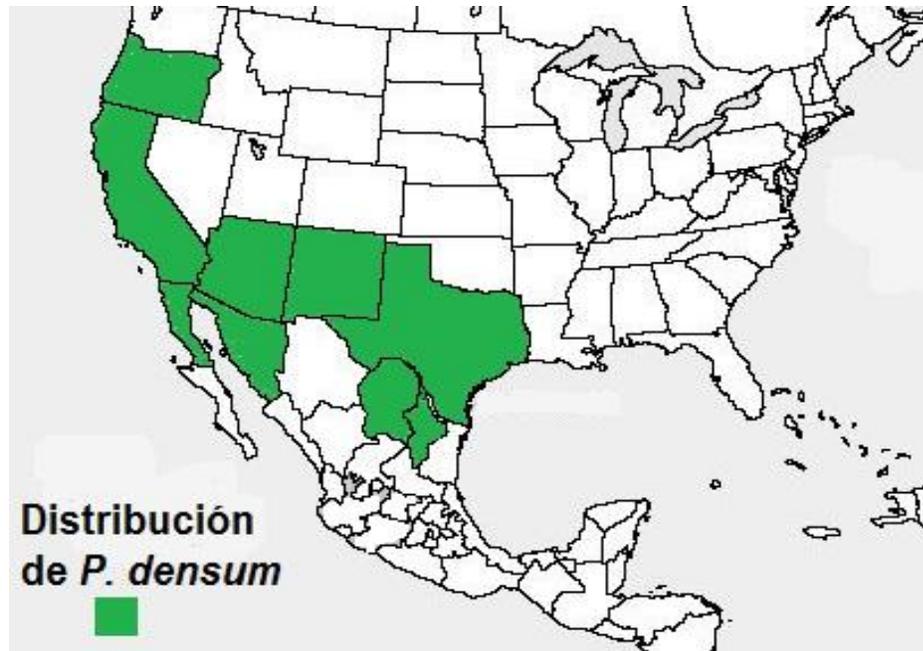


Figura 3. Distribución de *Phoradendron densum* en Norte América.

Hospedero Principal *Cupressus arizonica* Greene

Ubicación taxonómica

El ciprés de Arizona es un árbol originario de sur de los Estados Unidos y del norte de México (Wagnerr, 2002). Brands (2013), Mencionó la clasificación taxonómica de *C. arizonica*

Reino: Plantae

Phylum: Tracheophyta

Clase: Spermatopsida

Orden: Cupressales

Familia: Cupressaceae

Género: *Cupressus*

Especie: *arizonica* Greene

Características generales de *Cupressus arizonica*

Es un árbol de 12-15 metros de altura y 30 a 50 centímetros de diámetro. Es de hoja perenne, con una densa corona en posición vertical y suave corteza de color marrón rojizo. Hojas de color grisáceo-verde, verde-azulado, o plateado, dispuestos en parejas y opuesto firmemente abrazando las ramas, emiten un olor peculiar cuando se aplastan. Los conos son de 1 a 3 centímetros de diámetro, algo redondo, marrón rojizo oscuro, con 6 a 8 escamas leñosas en forma de escudo. Los conos maduran en el otoño de la segunda temporada, pero persisten en el árbol durante muchos años (Wagnerr, 2002).

Condiciones ambientales hospedero- parásito

Se encuentran en climas semisecos, montaña estéril, laderas rocosas y en paredes del cañón. Se requiere un mínimo de 300 a 380 mm de precipitación al año. Han mostrado lento desarrollo en elevaciones de más de 3,000 msnm (Wagnerr, 2002).

El vigor de las plantas de muérdago denso suele estar relacionada con la del hospedero, y puede ser menor en los árboles sanos durante los períodos secos, cuando las plantas hospederas son sometidas a estrés hídrico. Por otro lado, los árboles muy infectados son probablemente más vulnerables a otros insectos e infecciones (Olsen, 2003).

Signos y síntomas ocasionados por *P. densum*

El primer signo visible de infección es pequeño brotes aéreos que salen de la planta hospedera. Por lo general hay varios o muchos brotes en un grupo.

Mathiasen *et al.*, (2008), señalaron como los principales síntomas:

Hipertrofia: Causada de forma localizada en el tejido del hospedero en el punto de infección. Es causada principalmente por la interrupción del desarrollo normal de los tejidos, formando células secundarias en el xilema y floema.

Muerte descendente de ramas: Es un síntoma muy común (figura 4). Después de periodo de tiempo las ramas distales a la conexión del muérdago mueren; mientras que el segmento de la rama proximal al punto de conexión permanece vivo y continua suministrando agua y nutrientes al parasito. La muerte de toda la parte alta del árbol es síntoma de una severa infección.

Otro aspecto es que la presencia del muérdago, es que predispone a los arboles afectados a un intenso arribo de insectos y hongos que pueden atacar cualquier otra parte vegetativa de la planta, así como el debilitamiento en el troco y las ramas llegan a sufrir fácilmente rompimientos y caídas por el viento. Además de afectar marcadamente la longevidad del árbol (Hawksworth y Scharpf, 1980).

Importancia

El muérdago es considerado en muchas culturas alrededor del mundo como especial, desempeñando incluso un papel sagrado y mítico. En las sociedades tradicionales agrícolas los muérdagos son utilizados como adornos navideños, colorantes y para la elaboración de productos farmacéuticos. En algunos lugares de Estados Unidos algunas otras especies de muérdago son endémicas en peligro de extinción y apoyan la preservación de dichas especies (Geils *et al.*, 2002).



Figura 4. Muerte descendente de las ramas provocado por *P. densum*. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

Estas plantas son importantes por su empleo en la medicina tradicional mexicana para tratar enfermedades como el cáncer, hipertensión, afecciones cardiacas, afecciones en la piel y para controlar niveles de glucemia en pacientes con diabetes. Aunque el conocimiento popular es extenso, pocos son los estudios que confirmen este uso tradicional de las especies. Investigaciones recientes sugieren que los muérdagos americanos son fuente de importantes compuestos bioactivos y atribuyen a los extractos de las especies del genero *Phoradendron*

algunas propiedades bioquímicas capaces de modificar respuestas biológicas tales como acciones inmunomodulatorias y antitumorales (Varela *et al.*, 2004)

Desde una perspectiva ecológica, los daños de las infestaciones por muérdago son delicados, sin embargo, las relaciones simbióticas entre hospedero y muérdago tienen consecuencias en las poblaciones y la coevolución, que no se pueden catalogar como positivas o negativas. Además existen relaciones con herbívoros, procesos de polinización tanto el muérdago como el hospedero y con aves que se alimentan de sus frutos (Geils *et al.*, 2002). La relevancia de todos estos factores es de gran importancia ecológica, ya que el muérdago es parte de una población perteneciente a una comunidad de un ecosistema (Begon *et al.*, 1999).

Como problema forestal

SEMARNAT (2011) determinó los principales problemas fitosanitarios que se presentaron en el país, se agrupan en cuatro grupos y son: descortezadores, muérdago, defoliadores y otros. De los cuales el primer lugar de acuerdo a superficie lo ocupan los descortezadores, con el 47.6% de la superficie total afectada, los muérdagos ocupan el 31.6%, con el 17.5% defoliadores y otros con un 3.3% de la superficie estimadas en 86,278 hectáreas (Figura 5).

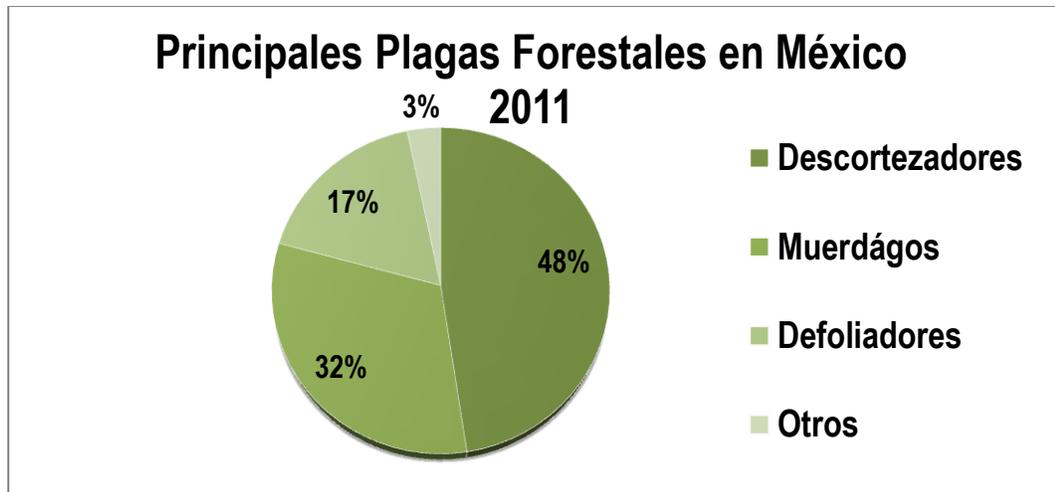


Figura 5. Porcentaje de las principales plagas forestales a nivel nacional reportadas por SEMARNAT en el año 2011, con un total de 86,278 hectáreas que presentaron problemas fitosanitarios.

P. densum afecta la calidad de la madera como la cantidad de la madera. La calidad es reducida por numerosos nudos, por manchas oscuras o pudrición. Así mismo la producción de semilla se ve drásticamente reducida en árboles altamente infestados, llegando a reducirse hasta un 50% (Olsen, 2003).

SEMARNAT (2011), en su Anuario Estadístico de la Producción Forestal correspondiente a ese año reveló que, en el estado de Coahuila de Zaragoza, se muestreo una superficie de 40,000 hectáreas, presentando varias especies de muérdago en 765 hectáreas, es decir el daño por estas plantas parasitas y hemiparásitas representa el 1.9 % solo de la superficie muestreada.

Control de *Phoradendron densum*

Manejo silvícola

Vázquez *et al.*, (2006) mencionaron las principales actividades silvícolas para el manejo del muérdago:

1. Podas: La poda de las ramas de hospedero infectadas puede proporcionar un notable incremento del vigor y tiempo de vida de árboles altamente infestados.

Este método solo deberá aplicarse en árboles de gran tamaño que puedan retener mínimo 30% de la copa.

2. Saneamiento y aclareo: El primer paso es el tratamiento del estrato altamente infestado. Una fuerte infestación y el exceso de árboles infestados deben de ser extraídos; el objetivo en esta práctica es aumentar el crecimiento de los árboles sanos o ligeramente afectados.

Control genético

Hay algunas plantas pertenecientes a una especie de plantas que son seleccionadas mediante la manipulación de las masas infestadas eliminando los árboles infestados, y dejando aquellos cuyas características les han permitido resistir o evitar la penetración del muérdago, permitiendo la proliferación de progenies mejoradas (Hawksworth y Scharpf, 1980).

Control químico

El muérdago ha sido tratado con diversos compuestos químicos, principalmente herbicidas, lográndose eliminar tallos, pero no el sistema endofítico. Los mejores resultados han sido obtenidos con el uso de 2, 4-D, MCP 4-2-metil-4-cloro-fenoxi y Ethepon; solamente es aplicable en arbolado joven y renuevo (Vázquez *et al.*, 2006).

Control biológico

Existen hongos que destruyen los tallos del muérdago, hasta ahora los agentes más efectivos para el control del muérdago son: *Colletotrichum gloesporoides* que causa marchitez en los tallos, *Aurebasidium pullulans* y *Alternaria alternata*, que se consideran agentes de marchitez y muerte de los tallos del muérdago (Vázquez *et al.*, 2006).

Información Técnica del Muérdago Killer

Es una mezcla de productos orgánicos elaborado a base de tierra de diatomeas, polvo de roca de sal de potasio, polvo de roca de magnesio y polvo de roca de fosfato natural.

El muérdago killer es un producto orgánico que actúa como desecante: produce alteración en la respiración, en la permeabilidad de la membrana celular, altera la fotosíntesis, inhibición de la división celular e inhibición de la síntesis de la clorofila (Injecthor de México, 2007).

Modo de acción del muérdago killer

1. Alteración del balance iónico de la membrana plasmática, lo que ocasiona la salida de iones como el potasio.
2. Alteración del balance iónico en organelos celulares y el citoplasma, lo que genera una inhibición en el crecimiento (inhibición de la división celular), alteraciones metabólicas y reacciones enzimáticas en la fotosíntesis y en la respiración (Injecthor de México, 2007).

Características Generales de las Diatomeas

Son organismos unicelulares que pertenecen al filo de las *algas* Pardo-Doradas; cuyo nombre científico es *Bacillariophyta* y se relaciona filogenéticamente con el filo *Chrysophita* y otros del conjunto *Chromista*. Las diatomeas son algas microscópicas fosilizadas (compuestas por una pared celular transparente de sílice y una capa interna de pectina); composición unicelular, forma y tamaños variados, provenientes de aguas dulces o marinas y con aproximadamente 5.000 especies conocidas (Mann, 1999).

Tierra de diatomea

Cuando las algas mueren, todo el contenido orgánico se destruye, con excepción de su esqueleto de sílice, el cual generalmente va a depositarse al fondo de las aguas, para formar al cabo de los siglos, grandes depósitos de algas fosilizadas conocidos como tierra de diatomeas que es un material inerte no tóxico (Harwood y Gersonde, 1990).

Reproducción

Su reproducción generalmente es por división celular. Esta especie de cápsula de vidrio en que viven encerradas no es totalmente simétrica, una de las tapas es más grande que la otra. Este hecho genera algunos cambios, sexualmente hablando. Normalmente se reproducen por mitosis, es decir, se dividen en dos células hijas. Al dividirse una de ellas se queda con la tapa más grande y debe sintetizar la más chica. Por la otra que queda con la más pequeña debe fabricar una más diminuta, aún para terminar de conformar un cuerpo. Cuando llegan a reducirse tanto que corren peligro de muerte, en ese momento suena una alarma interna y se reproducen sexualmente y el descendiente tendrá el máximo tamaño de la especie (Stoermer y Smol, 1999).

Nutrición

Las Diatomeas son *autótrofas* por excelencia. Estos organismos fotosintetizadores poseen un color dorado oliváceo debido a su juego de pigmentos fotosintéticos, que como en otros chromistas incluye clorofila C1 y C2, así como carotenoides y pigmentos auxiliares. Suelen contener gotas de lípidos que, además de servir de reserva, contribuyen a su flotabilidad (Mann, 1999).

Hábitat

Estos organismos habitan en los sitios más inesperados del planeta: desde hielos polares hasta aguas termales, tanto en mares como en ambientes dulceacuícolas, pasando por terrenos secos e inclusive en interior de animales (como en las vías respiratorias de monos), pueden seguir adelante en condiciones mínimas de vida (Stoermer y Smol, 1999).

Importancia económica y ecológica

Como insecticida: con un 99.86% de Tierra de Diatomeas, este compuesto se utiliza para combatir todo tipo de plagas conocidas, sin dañar las plantas; los animales o personas, no siendo tóxico ni dejando ningún tipo de residuos en los frutos. Es de amplio espectro, fácil aplicación y su manipulación requiere mínimas precauciones (Harwood y Gersonde, 1990).

Como fertilizante: el Sulfato Múltiple Natural al 10.3%; reconocido como antibacteriano; reemplaza con grandes ventajas en la desinfección del suelo al Bromuro de Metilo (altamente tóxico e inestable). Dicho compuesto combinado con oligoelementos se encuentra listo para brindar a las plantas toda su capacidad nutritiva y sanitaria (Harwood y Gersonde, 1990).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de trabajo

El área del estudio se ubica en el municipio de Arteaga en los ejidos de: Jamé y Los Lirios, en la región sureste del estado de Coahuila. La región está delimitada por los paralelos $25^{\circ} 23' 16.79''$ latitud Norte y $100^{\circ} 38' 57.35''$ longitud Oeste (figura 6). Se ubica en la Sierra Madre Oriental, en una zona llamada Sierra Plegada que comprende las sierras de Arteaga y Zapalinamé.

Esta región presenta una altura de 2210 msnm, la geología de este predio es de una ladera rocosa. El clima corresponde a las formulas climáticas CB Si y C (Wi") de acuerdo a los registros de Arteaga y San Antonio de las Alazanas, Coahuila, respectivamente, y con base a la clasificación de Koppen. La temperatura media es de 13°C , la precipitación media es de 523.8 mm con régimen de lluvias en verano.

La vegetación predominante en la zona es: el bosque de pino-encino constituido por varias especies de pino y encinos. Cabe mencionar que los hospederos de *P. densun* son ciprés ya que es una especie producto de las reforestaciones que han implementado en esta zona de la sierra.

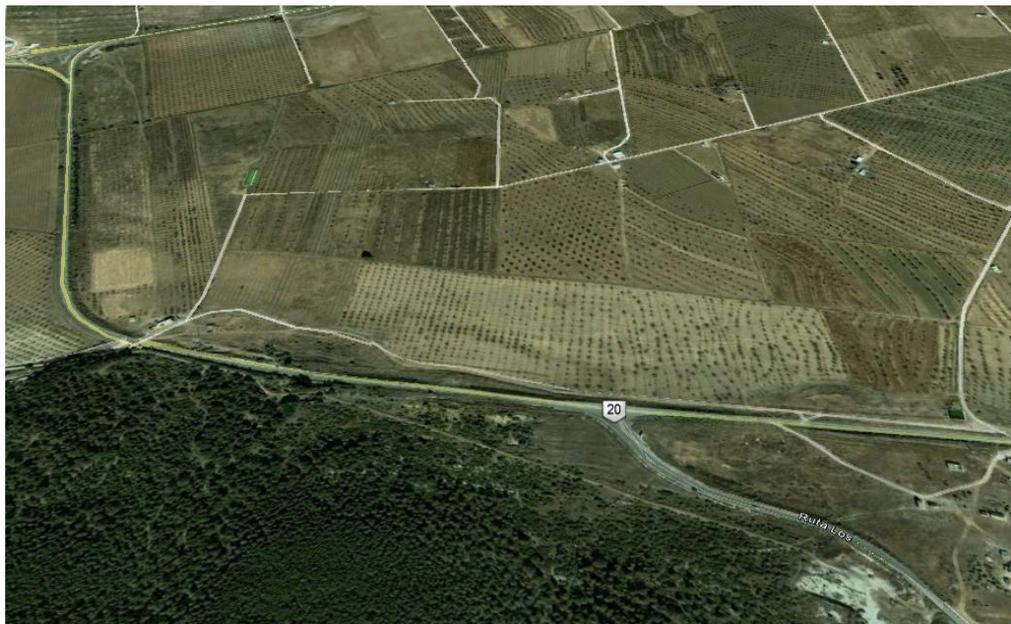


Figura 6. Fotografía aérea del lugar del proyecto de investigación.

Procedimiento Experimental

El experimento se inició el día 2 de Marzo de 2013, donde primeramente se hizo un recorrido para seleccionar los árboles de *Cupressus arizonica*, que presentaran una mayor infestación de *P. densum*, alrededor de 5 o más muérdagos por árbol.

Posteriormente se procedió a marcar las unidades experimentales de acuerdo al diseño experimental previamente establecido y a la aplicación de tratamientos propuestos.

Diseño Experimental

El trabajo se estableció en un diseño experimental completamente al azar, donde se distribuyeron de forma aleatoria cinco tratamientos y un testigo con cuatro repeticiones cada uno de los tratamientos. Los tratamientos aplicados fueron: Tratamiento 1 (0.500 l), Tratamiento 2 (0.750 l), Tratamiento 3 (1.000 l), Tratamiento 4 (1.250 l), Tratamiento 5 (1.500 l) de “Muérdago Killer” y un tratamiento testigo sin ninguna aplicación (Cuadro1). La unidad de muestreo fue un árbol por tratamiento, sumando un total de 24 árboles en el área experimental (figura 7).

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos en un diseño completamente al azar. Dpto. Parasitología UAAAN.

Tratamientos (Litros)	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4
1.- 0.500	Árbol 3	Árbol 15	Árbol 9	Árbol 21
2.- 0.750	Árbol 1	Árbol 14	Árbol 17	Árbol 5
3.- 1.000	Árbol 4	Árbol 22	Árbol 11	Árbol 10
4.- 1.250	Árbol 2	Árbol 23	Árbol 16	Árbol 8
5.- 1.500	Árbol 7	Árbol 13	Árbol 18	Árbol 20
6.- Testigo (Sin aplicación)	Árbol 6	Árbol 19	Árbol 12	Árbol 24

Se utilizó una cinta adhesiva como etiqueta con los datos del tratamiento, la repetición asignada y el número de árbol, también se utilizó el sistema de posicionamiento global (GPS) Waypoint que es una aplicación contenida en un

teléfono celular, para facilitar la ubicación de cada tratamiento con su respectiva repetición (Figura 8).

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron con una aspersora manual de mochila, con una capacidad de 15 litros, y alcance de 4 metros de altura. Las dosis que se utilizaron se prepararon en cubetas, combinando el producto “Muérdago Killer” con un adherente, en una dosis de 1l-1ml, se vertía la dosis de producto en la cubeta hasta aforar con agua purificada a 8 litros de mezcla (figura 9). Cada tratamiento se aplicó una sola vez en las cuatro repeticiones, es decir 8 litros para los 4 árboles, fundamentalmente cubrir a punto de gota el *Phoradendron densum* (figura 10).



Figura 7. Croquis del experimento obtenido vía GPS, muestra la posición de cada unidad experimental. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.



Figura 8. Geoposicionando las unidades de muestra con el sistema de posicionamiento global (GPS). Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.



Figura 9. Materiales y reactivos utilizados para hacer la mezcla para cada uno de los tratamientos. Dpto. De Parasitología UAAAN,



Figura 10. Aplicación del producto Muérdago Killer cubriendo a punto de gota el *Phoradendron densum*. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

Variables Observadas

Una vez aplicados los tratamientos se realizaron 3 muestreos, a los siete, quince y treinta días después de la aplicación, se utilizó una escala dando un valor 0 a 2 (cuadro 2) para determinar la efectividad biológica del producto sobre una población de muérdago verdadero *P. densum*, donde las variables observadas fueron las siguientes:

Cuadro 2. Escala para estimar la efectividad biológica del producto muérdago Killer sobre *P. densum*.

Grado de afectación de <i>P. densum</i>	Valor otorgado	Características
0	5	Afectación mínima muérdagos verdes, hidratados, turgentes e incluso con frutos.
1	8	Afectación evidente colores amarillentos, defoliación, ramas quebradizas y presenta necrosis.
2	10	Afectación severa muérdagos amarillos o cafés, completamente defoliados, ramas muy quebradizas y necrosis más marcada.

Textura

Nos referimos a la sensación que produce al tacto con las hojas del muérdago verdadero y en el cual el sentido del tacto es el principal decodificador de producir la sensación que ostente la textura en cuestión rugosa ya que un muérdago sano la textura es lisa (figura 11).



Figura 11. Determinación al tacto y visual de la textura del *P. densum*. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

Defoliación

Esta variable se determinó observando la caída de las hojas del muérdago, producida por la aplicación del producto Muérdago Killer (figura 12), basándose en la escala del cuadro 2 establecida por el grupo de investigación en este proyecto.



Figura 12. Determinación mediante observación de la defoliación que presentó *P. densum* después de la aplicación del producto. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

Amarillamiento

Esta variable se determinó observando los tonos de la coloración que presentaban los muérdagos (figura 13). Se le asignó un valor basado en la misma escala.



Figura 13. Determinación mediante observación el amarillamiento que presentó *P. densum* después de la aplicación del producto. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

Necrosis

Para determinar esta variable se hizo una observación minuciosa y descartar si la necrosis fue ocasionada por otro agente biológico, químico o físico (figura 14). Se le asignó un valor basado en la misma escala.



Figura 14. Determinación mediante observación la necrosis que presentó *P. densum* después de la aplicación del producto. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

Flacidez

Esta variable se determinó al intentar quebrar los tallos de *P. densum* y estos se quebraban, ya que un muérdago turgente y vigoroso no se quiebra con las manos (figura 15). Se le asignó un valor basado en la misma escala.



Figura 15. Determinación mediante observación la flacidez que presentó *P. densum* después de la aplicación del producto. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre *Phoradendron densum* en Textura como Variable.

En el Cuadro 3, se muestran los resultados del análisis de varianza para la efectividad biológica de Tierra de Diatomeas sobre el muérdago verdadero *P. densum* y como se puede observar que si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable Textura, resultando el tratamiento cuatro (1.250 l) con un 27% de efectividad más que el testigo (sin aplicación), afectando la textura lisa de las hojas de *P. densum*, convirtiéndolas en hojas demasiadas rugosas y enrolladas (figura 16). En la comparación de medias la prueba de Tukey (cuadro 4), nos muestra que el tratamiento cuatro fue ligeramente superior a los demás tratamientos.

De acuerdo a la efectividad con respecto al testigo (sin aplicación), le siguieron los tratamientos dos y tres con una dosis de 0.750 y 1.000 litros respectivamente del producto, mostrando un 24% en el tratamiento dos y un 23 % en el tratamiento tres de efectividad sobre el testigo.

Cuadro 3. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable textura de *P. densum*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	19.177979	3.835596	20.7021	0.000
Error	18	3.334961	0.185276		
Total	23	22.512939			

C.V. = 5.51 %

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable textura en *P. densum*.

Tratamiento	Media	Agrupación
4	8.5250	A
2	8.2750	A
3	8.1000	A
5	8.1000	A
1	8.0500	A
6	5.8500	B

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre *Phoradendron densum* en Defoliación como Variable.

En el cuadro 5, se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable defoliación, donde se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento dos fue el que manifestó un mejor resultado a la aplicación de Tierra de Diatomeas ya que hubo una mayor defoliación sobre las plantas de *P. densum*. El tratamiento dos (0.750 l) tuvo un 35% más de efectividad sobre el testigo (sin aplicación). Los resultados en esta variable nos demuestran que el producto tiene un efecto defoliante en general sobre las todas las plantas de muérdago verdadero tratadas en este experimento (figura 17). En la comparación de medias la prueba de Tukey (cuadro 6), nos muestra que el tratamiento dos fue ligeramente superior a los demás tratamientos.

Cuadro 5. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable defoliación sobre *P. densum*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	34.449097	6.889819	17.7743	0.000
Error	18	6.977295	0.387627		
Total	23	41.426392			

C.V. = 7.79 %

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable defoliación en *P. densum*.

Tratamiento	Media	Agrupación
2	8.8750	A
3	8.6000	A
4	8.5500	A
5	8.3500	A
1	8.2000	A
6	5.3500	B

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre *Phoradendron densum* en Amarillamiento como Variable.

En el cuadro 7, se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable amarillamiento, donde se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento dos fue el que manifestó un mejor resultado a la aplicación de Tierra de Diatomeas, ya que mostró un efecto de amarillamiento en los tallos de *P. densum*, el tratamiento 2 (0.750 l) muestra un 35% más de efectividad en esta variable sobre el testigo (sin aplicar). De los muérdagos seleccionados para establecer este experimento se eligieron los más vigorosos, turgentes, hidratados y en algunos casos con frutos, después de la aplicación en general de los cinco tratamientos aplicados se pudo observar que hubo un notable amarillamiento en los tallos y hojas del muérdago verdadero (figura 18). En la comparación de medias la prueba de Tukey (cuadro 8), nos muestra que el tratamiento cuatro fue ligeramente superior a los demás tratamientos

De acuerdo a la efectividad con respecto al testigo (sin aplicación), le siguieron los tratamientos dos y tres con una dosis de 0.750 y 1.000 litros respectivamente del producto, mostrando un 34% en el tratamiento dos y un 33 % en el tratamiento tres de efectividad sobre el testigo.

Cuadro 7. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable amarillamiento sobre *P. densum*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	37.132080	7.426416	30.8879	0.000
Error	18	4.327759	0.240431		
Total	23	41.459839			

C.V. = 6.09 %

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable amarillamiento en *P. densum*.

Tratamiento	Media	Agrupación
2	8.8500	A
3	8.7000	A
4	8.6500	A
5	8.5750	A
1	8.2000	A
6	5.3500	B

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre *Phoradendron densum* en Necrosis como Variable.

En el cuadro 9, se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable necrosis, donde se puede observar que existe diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento cuatro fue el que manifestó una ligera superioridad, ya que mostró un efecto en los tallos y hojas de *P. densum*, el tratamiento cuatro (1.250 l) muestra un 18% más de efectividad en esta variable sobre el testigo (sin aplicar). La inspección fue muy minuciosa para determinar que la necrosis observada haya sido por efecto del producto y no por algún otro agente biológico, físico o químico (figura 19). En la comparación de medias la prueba de Tukey (cuadro 10),

nos muestra que el tratamiento cuatro fue ligeramente superior a los demás tratamientos.

Cuadro 9. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable necrosis sobre *P. densum*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	8.743652	1.748730	5.5198	0.003
Error	18	5.702637	0.316813		
Total	23	14.446289			

C.V. = 7.72%

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable necrosis en *P. densum*.

Tratamiento	Media	Agrupación
4	7.7250	A
5	7.5500	A
2	7.5250	A
3	7.5000	A
1	7.4750	A
6	5.9500	B

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Efectividad Biológica de Tierra de Diatomeas (Muérdago Killer) sobre *Phoradendron densum* en Flacidez como Variable.

En el cuadro 11, se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable flacidez, donde se puede observar que sí existe diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento dos fue el que manifestó una ligera superioridad, ya que mostró un efecto quebradizo en los tallos y hojas en los tallos de *P. densum*, al momento de apretarlos con las manos, esta variable se determinó de esta manera ya

que un muérdago no tratado con este producto es duro y no es fácil de romper con las manos (figura 20); el tratamiento dos (0.750 l) muestra un 23% más de efectividad en esta variable sobre el testigo (sin aplicar). En la comparación de medias la prueba de Tukey (cuadro 12), nos muestra que el tratamiento dos fue ligeramente superior a los demás tratamientos.

Cuadro 11. Análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre tratamientos para la variable flacidez sobre *P. densum*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	14.439941	2.887988	20.1101	0.000
Error	18	2.584961	0.143609		
Total	23	17.024902			

C.V. = 4.78%

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias en la prueba de Tukey (NS = 0.5) para la variable flacidez en *P. densum*.

Tratamiento	Media	Agrupación
2	8.5550	A
4	8.5000	A
1	8.1500	A
5	8.0750	A
3	8.0250	A
6	6.2500	B

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Discusión de las Variables Observadas Después de la Aplicación del Producto Muérdago Killer

En este proyecto de investigación las variables más notables que pudimos observar es la defoliación y la flacidez en la planta de *P. densum*, ya que la variable necrosis no fue tan evidente, pienso que es debido al modo de acción del producto

que altera el balance iónico de la membrana plasmática, lo que ocasiona la salida de iones como el potasio, también altera organelos celulares y el citoplasma, lo que genera una inhibición en el crecimiento, entonces si permite la salida del potasio la regulación de apertura y cierre de los estomas se verá afectada, y por lo tanto no regula la absorción de CO₂. En las plantas, el potasio desencadena la activación de enzimas y es esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP). El ATP es una fuente de energía importante para muchos procesos químicos que tienen lugar en las células de la planta. El potasio desempeña un rol importante en la regulación del agua en las plantas (osmo-regulación). Como la pérdida de agua a través de los estomas, se ven afectados por el potasio. El potasio también mejora la tolerancia de la planta al estrés hídrico (Barracough, 1989). La deficiencia de potasio puede causar anomalías en la planta como:

Clorosis. Color amarillo y quemaduras marginales en las hojas.

Crecimiento lento o retrasado. Como el potasio es un catalizador importante de crecimiento en las plantas, las plantas deficientes en potasio tendrán un retraso en el crecimiento.

Defoliación. Si no se corrige la deficiencia, las plantas deficientes en potasio pierden sus hojas antes de lo que deberían. Este proceso es incluso más rápido si la planta está expuesta a un estrés hídrico o a temperaturas altas (Barracough, 1989).

Otro aspecto importante que los formulados contenidos en el producto “Muérdago Killer” no causaron fitotoxicidad en el hospedero, así que puede ser utilizado en los bosques de *Cupressus arizonica*.

Podríamos haber obtenido un resultado más eficaz, si los muestreos se hubieran hecho en periodos más largos de tiempo después de la aplicación. Se piensa que los síntomas en fechas posteriores a 30 días por lógica deberían tener un daño más severo en las plantas de *P. densum*, porque se está afectando dos elementos primordiales de la fotosíntesis, uno es el amarillamiento que es la pérdida de la clorofila y el otro es la defoliación, porque si la defoliación persiste reduce las reservas de carbohidratos y no los puede recuperar si no tiene una superficie foliar.

Imágenes comparativas



Figura 16. Comparativa entre *P. Densum*, sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Textura. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.



Figura 17. Comparativa entre *P. Densum*, sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Defoliación. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.



Figura 18. Comparativa entre *P. Densum*, sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Amarillamiento. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

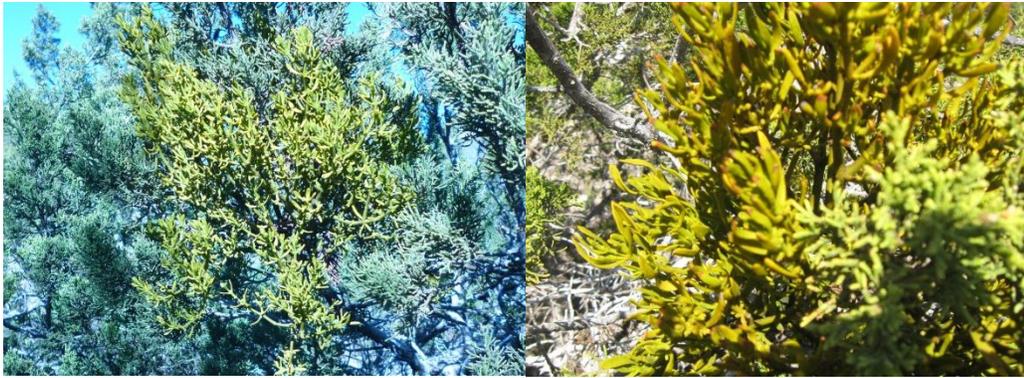


Figura 19. Comparativa entre *P. Densum*, sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Necrosis. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.



Figura 20. Comparativa entre *P. Densum*, sano y tratado con tierra de diatomeas (Muérdago Killer) para la variable Flacidez. Dpto. De Parasitología UAAAN, 2013.

CONCLUSIONES

Una vez aplicada la metodología de la recolección de datos, y procesados los mismos, obtuvimos la información que conjuntamente interpretamos con los respectivos análisis, se obtuvieron una serie de resultados que nos permiten presentar las siguientes conclusiones:

Las variables evaluadas, Textura, Defoliación, Amarillamiento, Necrosis y flacidez, en este trabajo de investigación determinaron que los tratamientos dos y cuatro mostraron mayor efectividad biológica sobre las plantas de *P. densum*, afectando de forma muy severa la fisiología de las planta de muérdago.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. Elsevier Academic Press. 5° edition. San Diego, CA. USA. 921pp.
- Barracough, P. B. 1989. Root growth, macro-nutrient uptake dynamics and soil fertility requirements of a high-yielding winter oilseed rape crop. *Plant and Soil* 119 pp.
- Begon, Michael., Harper, John., Lee, Townsend., Colin R. 1999. Introducción, *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Omega(3ª edición), Barcelona, España.
- Brands, S.J. 1989. Systema Naturae 2000. The Taxonomicon. Universal Taxonomic Services. Zwaag, Netherlands.
- <http://taxonomicon.taxonomy.nl/TaxonTree.aspx?id=8348&tree=0.1>
- <http://taxonomicon.taxonomy.nl/TaxonTree.aspx?id=75206&tree=0.1>
- Chazaro, B., Huerta, M.F.M., Patiño, B.R.M., Sánchez, F.R., Lomelí, M.E., Flores, M.A. 1992. Los muérdagos (Loranthaceae) de Jalisco, parásitas poco conocidas. *Ciencia y Desarrollo*. 17(102):70-86.
- CONAFOR. 2011. Revista Electrónica de la Comisión Nacional Forestal. México Forestal
- <http://www.mexicoforestal.gob.mx/plagas/muerdago-reduce-crecimiento-del-arbolado-en-52>
- Geils, B.W., J.T. Cibrián, B. Moody. 2002. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p.
- Gómez, S.M., Sánchez, F.L., Salazar, O.L. 2011. Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus*, endémicos del nuevo mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1203-1218, 2011.

- Harwood, D.M. y Gersonde, R. 1990. Lower Cretatus diatoms from ODP leg 113 site 693 (Weddell Sea).
- Hawksworth, F. G. y Scharpf R.F. 1980. *Phoradendron* on coníferas. Department of Agriculture Forest Service.
- INIFAP. 2008. CONÍFERAS. Sistemas de información geográfica del estado fitosanitario de los bosques de Coahuila <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1099/269.pdf?sequence=1>
- Injector de México. 2010. Desarrollo de Tecnologías para el manejo integrado de plagas.
- Mcminn, H. E. 1939. An Illustrated Manual of California Shrubs. University of California. USA. 92 pp.
- Mann, D. G. (1999). The species concept in diatoms. *Phycologia*.(38) :437-495 pp.
- Mathiasen R.L., Shaw, D. L., Watson, D. M. 2008. Mistletoes, Phatology, Systematics, Ecology and Management, Plant Disease. The American Phytopathological Society. Vol. 92. No. 7. 20 pp.
- Nickrent, D.L. y Musselman, L.J. 2004. Introduction to Parasitic Flowering Plants. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0330-01
- Olsen, M.W. 2003. True Mistletoes. The University of Arizona. Cooperative Extension. Publication AZ1308. 1-3 pp.
- Ruhland, B.M., Calvin, C.L. 2001. Morphological aspects of seedling establishment in four temperate region *Phoradendron* (Viscaceae) species. *Madroño*. 48(2):79-89 pp.
- SEMARNAT, 2011. Anuario Estadístico de la Producción Forestal. http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/forestalsuelos/Anuarios/ANUARIO_2011.pdf

- Stoermer, E. Smol, J. 1999. The diatoms: application for environmental and Earth sciences. Cambridge University Press 469 pp.
- Trelease, W. 1916. *The genus Phoradendron. A monographic revision.* Urbana: University of Illinois.
- Varela B.G., Fernandez, R.A., Cerda, S.E., Hajo, A.A., ggGurni, A., Alvarez, A., Wagner, M.L. 2004. Phoradendron used in folk medicine: anatomical, phytochemical and immunochemical studie. *Journal of Ethnopharmacology* 94:109-116 pp.
- Vázquez C. I., Villa R., Madrigal H. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. SAGARPA. CONAFOR. INIFAP. Libro técnico No. División Forestal. Uruapan. Michoacán. México. 98 pp.
- Wagnerr W.L. 2002. Plant Fact Sheet. Arizona Cypress. U.S. Department of Agriculture. NRCS.
- http://plants.usda.gov/factsheet/pdf/fs_cuar.pdf