

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

**EFFECTO DEL ETEFÓN EN EL CONTROL DE MUÉRDAGO
Y LA PRODUCCIÓN DE RESINA EN LIQUIDÁMBAR**

**TESIS
QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

JOSÉ JOVANY MARTÍNEZ MÁRQUEZ

Chapingo, Estado de México, junio 2015



**EFFECTO DEL ETEFÓN EN EL CONTROL DE MUÉRDAGO Y LA
PRODUCCIÓN DE RESINA EN LIQUIDÁMBAR**

Tesis realizada por **José Jovany Martínez Márquez** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



Dr. David Cibrián Tovar

ASESOR:



Dr. Antonio Villanueva Morales

ASESOR:



M. C. Silvia Edith García Díaz

Chapingo, Estado de México, junio 2015

Dedicatoria

A mis padres

Austreberto Martínez Rubio y Esperanza Márquez Silva por ser parte de todos mis logros.

A mi esposa y a mi hijo

María de los Ángeles Soriano Luna y Elyot Martínez Soriano por ser la inspiración para cumplir con esta meta.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Chapingo por darme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado y la oportunidad de desarrollar esta investigación.

Al Dr. David Cibrián Tovar por su amistad, por darme la oportunidad y confianza de realizar esta investigación y por la atinada dirección del presente trabajo.

A los integrantes del comité revisor: Dr. Antonio Villanueva Morales y M.C. Silvia Edith García Díaz por las observaciones, sugerencias y recomendaciones para la mejora del documento de tesis.

Al M. C. Víctor David Cibrián Llanderal, por el apoyo brindado en la capacitación sobre el equipo utilizado para el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Enrique Guizar Nolazco por brindar sus conocimientos sobre la identificación de las especies de muérdago aquí estudiadas.

A la M. C. Fátima Rasgado Bonilla por compartir su experiencia sobre su conocimiento de la resina de liquidámbar.

A los mis compañeros y amigos: Israel Aquino Bolaños, Jesús Morales Bautista, Uriel M. Barrera Ruiz, José Gabriel Arriola Pizano, Ma. Del Carmen Sánchez Carreón. Nehemias Vázquez Bautista por disponer de su tiempo y apoyo en las pesadas jornadas de trabajo de campo. Muchas gracias

A las Autoridades del Municipio de Calnali Hgo. por su apoyo en la localización de los rodales de liquidámbar y el contacto con los dueños de los predios.

Con una especial mención quiero agradecer a los C. Juan Cisneros Martínez, Emiliano Félix y Hermelindo Lara Campoy por haber permitido realizar la investigación en los árboles de sus respectivos predios.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació el 07 de enero de 1984 en el municipio de Pisaflores, Hidalgo. Cursó su educación básica, media y media superior en el mismo municipio de origen. En el periodo de 2003-2007 cursó la licenciatura en la Universidad Autónoma Chapingo, en la División de Ciencias Forestales, ubicada en Texcoco, México. La titulación de Ingeniero Forestal se obtuvo con el III seminario de titulación “Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales” del 14 al 26 de marzo del 2011. De junio del 2007 a diciembre del 2010 laboró como técnico auxiliar en la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SMRN) en la Coordinación Regional Forestal de Zacatlán, Puebla. De enero a mayo del 2011 laboró en la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT), del Estado de Puebla. Del 01 de julio del 2011 al 15 de diciembre del 2012 laboró como Prestador de Servicios Profesionales en la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Gerencia Estatal Hidalgo. De enero del 2013 a diciembre del 2014, cursó los créditos del programa de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales en la Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN

En el bosque mesófilo del Estado de Hidalgo, el muérdago *Phoradendron falcifer* Kuijt es el principal problema fitosanitario en *Liquidambar styraciflua* L.; por ello, en este trabajo se tuvo como objetivo evaluar su control mediante la aplicación del regulador de crecimiento etefón y al mismo tiempo medir su efecto en la emisión de resina del árbol. Los tratamientos se aplicaron mediante inyecciones sistémicas en el tallo de liquidámbar con tres dosis de etefón (1, 2 y 3 ml del producto comercial/cm de diámetro normal del árbol, con 19.08 % de ingrediente activo), en dos épocas (enero y abril) y en sitios con altitudes mayores y menores a 1000 m. Se midió el efecto de estos tratamientos en el cambio de nivel de infección y resina producida. Las dosis más efectivas para el control de muérdago fueron de 2 y 3 ml ($P < 0.0001$) y la mejor época de aplicación fue enero. Todas las dosis fueron igualmente efectivas en la producción de resina y diferentes del testigo ($p = 0.0076$). La producción se incrementó de 2.7 g promedio en árboles testigo a 182.0 g con dosis alta de etefón. Para lograr la mayor efectividad en control de muérdago aunado a la producción de resina, se recomienda la aplicación del etefón con dosis media o alta en invierno.

Palabras clave: Ácido 2-cloroetil fosfónico, inyección sistémica, *Liquidambar styraciflua* L., muérdago verdadero, styrax.

ABSTRACT

In the cloud forest of the State of Hidalgo, Mexico, mistletoe (*Phoradendron falcifer* Kuijt) is the main phytosanitary problem in *Liquidambar styraciflua* L .; therefore, the aim of this study was to evaluate its control by applying the growth regulator ethephon and at the same time measuring its effect on the emission of tree resin. The treatments were applied by systemic injections into the stem of American sweetgum trees with three doses of ethephon (1, 2 and 3 ml of the commercial product/cm of tree diameter at breast height, with 19.08 % active ingredient) in two time periods (January and April) and at sites with elevations higher and lower than 1,000 m. The effect of these treatments on the infection level and the amount of resin produced was measured. The most effective doses for controlling mistletoe were 2 and 3 ml ($P < 0.0001$) and the best application time was January. All doses were equally effective in producing resin and different from the control ($p = 0.0076$). Resin production increased from an average of 2.7 g in control trees to 182.0 g with the highest ethephon dose. To achieve the greatest effectiveness in mistletoe control and increased resin production, application of either of the two highest doses in winter is recommended.

Keywords: 2-chloroethylphosphonic acid, systemic injection, *Liquidambar styraciflua* L., true mistletoe, styrax.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN..... | IV |
| ABSTRACT | VI |
| TABLA DE CONTENIDO | VII |
| I INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Objetivos..... | 4 |
| 1.1.1 Objetivo General | 4 |
| 1.1.2 Objetivos Particulares..... | 4 |
| II REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. Muérdago en liquidámbar | 5 |
| 2.1.1. Bosque Mesófilo de Montaña | 5 |
| 2.1.2. <i>Liquidambar styraciflua</i> L. (descripción de la especie)..... | 6 |
| 2.1.3. Muérdagos | 9 |
| 2.1.4. Muérdagos verdaderos..... | 10 |
| 2.1.5. <i>Phoradendron falcifer</i> Kuijt | 11 |
| 2.1.6. <i>Psittacanthus schiedeanus</i> (Schltdl. & Cham.) Blume | 13 |
| 2.1.7. Descripción de <i>Struthanthus sp.</i> | 14 |
| 2.1.8. Efectos de las infecciones del muérdago en las comunidades vegetales. | 15 |
| 2.1.9. Métodos de control..... | 17 |
| 2.1.9.1. Control silvícola | 18 |
| 2.1.9.2. Control químico y reguladores de crecimiento | 19 |
| 2.1.9.3. Control biológico | 22 |
| 2.1.10. Beneficios de los muérdagos..... | 22 |
| 2.2. Resina de liquidámbar | 24 |
| 2.2.1. Styrax (Storax o Estoraque) | 25 |
| 2.2.2. Usos..... | 25 |
| 2.2.3. Composición química | 27 |
| 2.2.4. Extracción de resina | 28 |
| III METODOLOGÍA..... | 30 |
| 3.1. Área de estudio | 30 |

| | |
|--|------------|
| 3.2. Diseño experimental | 33 |
| 3.3. Establecimiento de los sitios | 35 |
| 3.4. Selección del arbolado | 35 |
| 3.5. Control de muérdago verdadero en liquidámbar | 37 |
| 3.5.1. Evaluación del nivel de infección por muérdago..... | 37 |
| 3.5.2. Aplicación de tratamientos..... | 39 |
| 3.5.3. Evaluación del efecto del tratamiento en el nivel de infección por muérdago | 43 |
| 3.5.4. Análisis estadístico..... | 44 |
| 3.6. Producción de resina de liquidámbar | 46 |
| 3.6.1. Establecimiento del sistema de colecta de resina..... | 46 |
| 3.6.2. Colecta de resina y toma de datos | 47 |
| 3.6.3. Procesamiento de muestras de resina | 48 |
| 3.6.4. Análisis estadístico..... | 49 |
| IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 50 |
| 4.1. Control de muérdago verdadero en liquidámbar | 50 |
| 4.1.1. Distribución de las especies de muérdagos de liquidámbar..... | 50 |
| 4.1.2. Nivel de infección inicial de árboles | 52 |
| 4.1.3. Efecto de tratamientos en el nivel de infección por especie de muérdago | 54 |
| 4.1.4. Análisis general del efecto de tratamientos en el nivel de infección por muérdago..... | 68 |
| 4.2. Producción de resina de liquidámbar | 77 |
| V. CONCLUSIONES..... | 83 |
| 5.1. Control de muérdago verdadero en liquidámbar | 83 |
| 5.2. Producción de resina de liquidámbar | 84 |
| VI. LITERATURA CITADA | 86 |
| VII ANEXOS | 100 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|-----|
| Cuadro 1. Árboles seleccionados, con coordenadas y diámetro normal..... | 36 |
| Cuadro 2. Altitud, diámetro normal, época de aplicación del tratamiento, nivel de infección y especie de muérdago en liquidámbar, en Tlanchinol y Calnali, Hidalgo..... | 53 |
| Cuadro 3. Análisis de varianza de los factores en el nivel de infección por muérdago en liquidámbar..... | 70 |
| Cuadro 4. Agrupamiento de medias por dosis en el cambio del nivel de infección por muérdago..... | 71 |
| Cuadro 5. Contrastes para nivel de infección respecto a la dosis aplicada..... | 73 |
| Cuadro 6. Agrupamiento de medias por época en el cambio del nivel de infección por muérdago..... | 73 |
| Cuadro 7. Agrupamiento de medias por altitud en el cambio del nivel de infección por muérdago..... | 75 |
| Cuadro 8. Costo por punto de inyección..... | 77 |
| Cuadro 9. Análisis de varianza de los factores en la producción de resina de liquidámbar..... | 79 |
| Cuadro 10. Agrupamiento de medias por dosis en la producción de resina de liquidámbar..... | 80 |
| Cuadro 11. Contrastes para producción de resina respecto a la dosis aplicada..... | 81 |
| Cuadro 12. Agrupamiento de medias por época en la producción de resina de liquidámbar..... | 82 |
| Cuadro 13. Agrupamiento de medias por altitud en la producción de resina de liquidámbar..... | 82 |
| Cuadro 14. Evaluación del nivel de infección de sitio tratado en enero, ubicado a una altitud de 1490 m..... | 100 |
| Cuadro 15. Evaluación del nivel de infección de sitio tratado en enero, ubicado a una altitud de 830 m..... | 101 |
| Cuadro 16. Evaluación del nivel de infección de sitio tratado en abril, ubicado a una altitud de 1486 m..... | 102 |
| Cuadro 17. Evaluación del nivel de infección de sitio tratado en abril, ubicado a una altitud de 850 m..... | 103 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1. | Liquidámbar. A) árbol joven. B) corteza. C) hojas. D) fruto. | 8 |
| Figura 2. | Hojas de <i>Phoradendron falcifer</i> | 12 |
| Figura 3. | Arbusto de <i>Psittacanthus schiedeanus</i> | 14 |
| Figura 4. | Ramas y hojas de <i>Struthanthus sp</i> | 15 |
| Figura 5. | Área de estudio. Los sitios de Tlanchinol se ubican sobre 1400 msnm y los de Calnali debajo de 900 msnm..... | 31 |
| Figura 6. | Diseño experimental..... | 34 |
| Figura 7. | División de copa del árbol..... | 37 |
| Figura 8. | Toma de datos. A) georreferenciación de árboles. B) medición del diámetro normal | 38 |
| Figura 9. | Marcaje. A) placa de identificación. B) punto de toma de fotografía..... | 39 |
| Figura 10. | A) equipo de aplicación. B) producto evaluado..... | 40 |
| Figura 11. | A) medición de la dosis. B) vaciado de dosis en botella del equipo de inyección. . | 41 |
| Figura 12. | Colocación de válvulas de inyección. A) perforación al tronco del árbol. B) válvula de inyección colocada. | 41 |
| Figura 13. | Instalación del equipo de aplicación. A) colocación de agujas. B) conexión de la botella a las líneas de suministro. | 42 |
| Figura 14. | Aplicación de la inyección. A) equipo instalado. B) suministro de presión..... | 42 |
| Figura 15. | Evaluaciones periódicas del nivel de infección por muérdago en liquidámbar. A) 31/01/14, B) 25/02/14, C) 28/03/14, D) 25/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14..... | 44 |
| Figura 16. | Emisión de resina. A) mancha causada por resina. B) punto de inyección. C) orificio de inyección | 47 |
| Figura 17. | Cosecha. A) frasco de resina con agua. B) colecta de resina | 48 |
| Figura 18. | Muestras de resina. A) frascos sin procesar. B) peso de frascos con resina..... | 49 |
| Figura 19. | Distribución de las especies de muérdago | 50 |
| Figura 20. | Cambio en el nivel de infección en árboles infectados con <i>Phoradendron falcifer</i> . Ubicados en Tlanchinol, tratados en enero. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos. | 56 |
| Figura 21. | Cambio en el nivel de infección en árboles infectados con <i>Phoradendron falcifer</i> . Ubicados en Tlanchinol, tratados en abril. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos..... | 57 |
| Figura 22. | Árbol tratado con dosis alta de etefón, con altitud mayor a 1400 m, infectado con <i>Phoradendron falcifer</i> , evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14. | 58 |

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 23. | Árbol tratado con dosis media de etefón, con altitud mayor a 1400 m, infectado con <i>Phoradendron falcifer</i> , evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14. | 59 |
| Figura 24. | Árbol tratado con dosis baja de etefón, con altitud mayor a 1400 m, infectado con <i>Phoradendron falcifer</i> , evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14. | 60 |
| Figura 25. | Árbol testigo, con altitud mayor a 1400 m, infectado con <i>Phoradendron falcifer</i> , evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14..... | 61 |
| Figura 26. | Cambio en el nivel de infección en árboles infectados con <i>Psittacanthus schiedeana</i> y <i>Struthanthus sp.</i> ubicados en Calnali, tratados en enero. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos. | 63 |
| Figura 27. | Cambio en el nivel de infección en árboles infectados con <i>Psittacanthus schiedeana</i> y <i>Struthanthus sp.</i> ubicados en Calnali, tratados en abril. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos. | 63 |
| Figura 28. | Árbol tratado con dosis alta de etefón, con altitud menor a 900 m, infectado con <i>Psittacanthus schiedeana</i> y <i>Struthanthus sp.</i> evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14. | 64 |
| Figura 29. | Árbol tratado con dosis media de etefón, con altitud menor a 900 m, infectado con <i>Psittacanthus schiedeana</i> y <i>Struthanthus sp.</i> evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14. | 65 |
| Figura 30. | Árbol tratado con dosis baja de etefón, con altitud menor a 900 m, infectado con <i>Psittacanthus schiedeana</i> y <i>Struthanthus sp.</i> evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14. | 66 |
| Figura 31. | Árbol testigo, con altitud menor a 900 m, infectado con <i>Psittacanthus schiedeana</i> y <i>Struthanthus sp.</i> evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14..... | 67 |
| Figura 32. | Respuesta en el nivel de infección por muérdago en función de la dosis aplicada de árboles tratados en enero. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos..... | 69 |
| Figura 33. | Respuesta en el nivel de infección por muérdago en función de la dosis aplicada de árboles tratados en abril. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos..... | 69 |
| Figura 34. | Producción acumulada de resina en función de la dosis de etefón | 78 |

I INTRODUCCIÓN

Una de las principales amenazas a los bosques son las plagas y enfermedades, lo que afecta la conservación y protección de los ecosistemas forestales. En México se tienen registradas más de 200 especies de insectos y patógenos que provocan daños en los ecosistemas forestales (CONAFOR, 2010). Las plantas parásitas (muérdagos, injertos, etc.) son enfermedades importantes de los bosques de México, algunos autores como Geils y Vázquez, (2002), Vázquez *et al.*, (2006) las consideran el segundo agente biológico de destrucción.

En el bosque mesófilo de montaña (BMM) del Estado de Hidalgo, las plantas parásitas conocidas como muérdagos, injertos, etc., representan un problema sanitario de importancia; destaca el muérdago *Phoradendron falcifer* Kuijt, como principal patógeno de liquidámbar (*Liquidambar styraciflua* L.), árbol representativo de este ecosistema (Cibrián y Cibrián, 2011; Rzedowski y Calderón, 2011).

En esta región el liquidámbar se encuentra en rodales naturales, mezclado con otros elementos del bosque o en pequeños relictos aislados; también como árboles de alineamiento de potreros o parcelas agrícolas o como árboles de sombra en núcleos urbanos (Chávez, 2005). El impacto por las actividades humanas es grande en toda la región. Las infecciones por este muérdago se han incrementado debido a que son las aves las que funcionan como vectores

de estos patógenos y al tener menor número de árboles donde posarse, concentran las semillas en los pocos árboles que quedan (Cibrián y Cibrián, 2011). En México existe un gran desconocimiento respecto de la biología, fisiología y otros aspectos de los muérdagos, así como de las medidas silvícolas para su control (Adams, *et al.*, 1993; Aukema y Martínez del Río, 2002; Mallams y Mathiasen, 2010; Marchal, 2009).

Una opción que se considera prometedora a corto plazo para el combate de muérdago parece ser el control químico (Wood y Reilly, 2004). Los reguladores de crecimiento exhiben potencial para este propósito ya que proporcionan un grado de control temporal, aun cuando se requieren aplicaciones repetidas (Perry y Elmore, 2006; Watson y Martínez, 2006; Mallams y Mathiasen, 2010).

Existe interés en el combate de esta enfermedad mediante la aplicación de etefón, se le considera una opción de control ya que promueve la abscisión de hojas y muerte parcial de la planta (Cibrián y Cibrián, 2011). Esta molécula, además de combatir al patógeno fisiológicamente promueve la emisión de resina del árbol, la cual puede tener valor comercial; ya en otros árboles se ha demostrado el incremento en la producción de exudados, (Bhatt y Ram Mohan, 1990; Harsh *et al.*, 2013), por ello es ampliamente utilizada en la producción de látex de hule (Coupé y Chrestin, 1989; Pujade-Renaud *et al.*, 1994) y en menor medida para resina de pino (Garrido, 1983; McReynolds y Kossuth, 1984). Lo anterior permite abrir una expectativa comercial sustentable para los dueños de predios que tengan poblaciones de liquidámbar.

La resina de *Liquidambar styraciflua* L. conocido como “Styrax”, tiene un elevado valor comercial en el mercado internacional, debido a ello se perfila como una opción de producto forestal no maderable (Reitzenstein, 2007), que, extraído de manera sustentable puede servir como una actividad económica importante para los habitantes de la región donde se desarrolla el árbol. La información sobre la extracción de la resina de liquidámbar en México es escasa, pero las investigaciones desarrolladas recientemente (Rasgado, 2014) permiten configurar una alternativa de posible desarrollo comercial que necesita probarse. Con base en lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Evaluar el control de muérdago en liquidámbar a través de la aplicación de inyecciones sistémicas de etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico) para definir la mejor dosis de combate a este patógeno y determinar el efecto de estos tratamientos en la emisión de resina del tronco del hospedante.

1.1.2 Objetivos Particulares

- Determinar la mejor dosis de etefón para el control de muérdago en liquidámbar.
- Evaluar el efecto de la época de aplicación de etefón en el control de muérdago en liquidámbar.
- Determinar la influencia de la altitud en el control de muérdago.
- Evaluar el efecto de la dosis de etefón en la producción de resina de liquidámbar.
- Determinar el efecto de la época de aplicación del tratamiento en la producción de resina.
- Evaluar la influencia de la altitud en la producción de resina.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Muérdago en liquidámbar

2.1.1. Bosque Mesófilo de Montaña

El bosque mesófilo de montaña (BMM) es un grupo de comunidades distribuidas en las montañas, las cuales poseen estructura, afinidad florística y composición de especies diversas (CONABIO, 2010). El BMM en México se caracteriza por presentar en su dosel una composición de especies donde predominan árboles caducifolios de clima templado (de afinidad holártica), mientras el sotobosque está conformado principalmente por especies tropicales perennifolias (de afinidad neotropical), y en las copas de los árboles abundan las epífitas de las familias *Orchidaceae*, *Bromeliaceae*, *Piperaceae* y *Araceae* (Rzedowski, 2006; CONABIO, 2010). En el país presentan una distribución geográfica en forma de archipiélago, donde cada isla tiene una composición biótica característica, dependiendo de la altitud, latitud, humedad, clima y suelo propios de cada lugar (Ponce *et al.*, 2006).

Hidalgo es el tercer estado de la República Mexicana con mayor superficie ocupada por bosque mesófilo de montaña, después de Oaxaca y Chiapas (Ortega y Castillo, 1996; Ponce *et al.*, 2006). Este tipo de vegetación ha sido catalogado como uno de los que posee mayor riqueza por unidad de superficie

en el país (Rzedowski, 1996); su distribución fragmentaria a lo largo de las principales sierras, así como la compleja relación geográfica de sus elementos florísticos hacen que esta comunidad sea muy interesante desde una perspectiva biogeográfica (Alcántara y Luna, 2001). Una de las especies más representativas del BMM es *Liquidambar styraciflua* L.

2.1.2. *Liquidambar styraciflua* L. (descripción de la especie)

Clasificación taxonómica¹

- clase: Equisetopsida C. Agardh
- subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.
- superorden: Myrothamnanae Takht.
- orden: Saxifragales Bercht. & J. Presl
- familia: Altingiaceae Horan.
- género: *Liquidambar* L.
- especie: *Liquidambar styraciflua* L.

El género liquidámbar anteriormente se clasificaba en la familia Hamamelidaceae (Pennington y Sarukhán, 1998; Cordero *et al.*, 2003). Actualmente se clasifica dentro de la familia Altingiaceae (Pigg *et al.*, 2004; El-Readi *et al.*, 2013; Ickert-Bond y Wen, 2013; Ruiz y Ornelas, 2014).

¹ Clasificación obtenida de la página Trópicos® (2014) publicado en <http://www.tropicos.org/Name/15100008> (accedido en Octubre 2014).

Sinónimos: *Liquidambar barbata* Stokes; *Liquidambar gummifera* Salisb.; *Liquidambar macrophylla* Oerst.; *Liquidambar styraciflua* var. *macrophylla* (Oerst.) Niedenzu; *Liquidambar styraciflua* var. *mexicana* (Oerst.) Niedenzu. (Cordero *et al*, 2003).

Descripción de la especie: Porte: árbol grande, de hasta 45 m de altura y más de 1 m de diámetro normal (DN) en América Central. Muestra habitualmente un fuste recto, con ramas ligeras. Copa: estrecha, ideal para plantaciones destinadas a aserrío. Las ramas jóvenes tienen lenticelas (pequeñas marcas) en forma de grano de café. Corteza: la externa es angostamente fisurada, de 5-10 mm de espesor. Hojas: simples, alternas, más anchas que largas, con 3-5 lóbulos triangulares y margen en forma de sierra. Huelen a trementina. En la base, donde se unen al peciolo tienen un grupo de pelos. Flores: pequeñas, unisexuales, sin pétalos, agrupadas en panículas terminales o axilares. Frutos: cápsula pequeñas en cabezuelas de 2.5-4.0 cm de diámetro (Figura 1). Se separa por la punta en dos partes para liberar las semillas de 6-8 mm de largo, con alas laterales cortas y oscuras (Cordero *et al*, 2003).

Distribución: Su distribución actual es principalmente en el sureste de los EE.UU., se extiende desde Connecticut hasta el centro de Florida y de este a oeste de Texas. Se presenta en todo el este y el centro de México, y se extiende hasta el sur de Nicaragua (Kormanik, 1990; Morris *et al.*, 2008). Dentro de este rango, liquidámbar se puede encontrar desde el nivel del mar hasta una

altitud de unos 600 metros en los Estados Unidos y cerca de 2100 metros en Centroamérica (Johnson, 1985).

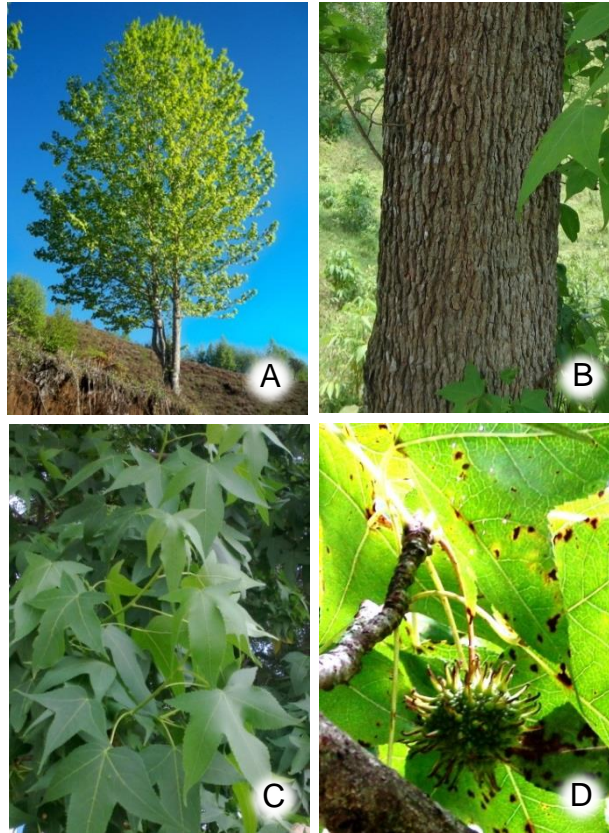


Figura 1. Liquidámbar. A) árbol joven. B) corteza. C) hojas. D) fruto.

Fenología: liquidámbar es un árbol decíduo (Ruiz y Ornelas, 2014), en América Central el periodo sin hojas se reduce a 1- 2 meses, generalmente en diciembre y enero. Sin embargo, la variabilidad es muy grande, tanto entre rodales como entre árboles en el mismo rodal, pudiendo haber perdido todas las hojas desde septiembre. Las nuevas hojas aparecen en febrero. La floración varía según el sitio, pudiéndose encontrar en América Central desde octubre hasta marzo. La

fructificación no sucede al mismo tiempo, ya que depende de cada árbol pues tiene un fuerte control genético (Cordero *et al*, 2003).

2.1.3. Muérdagos

Los muérdagos son un grupo diverso de arbustos usualmente aéreos, del orden Santales (Geils y Vázquez, 2002; Mathiasen *et al.*, 2008). Son plantas altamente especializados (parásitas o hemiparásitas), adaptadas a la vida parasitaria en las partes aéreas de sus hospedantes (Glatzel y Geils, 2009). Son parásitos fanerógamos sobre árboles perennes y las infecciones severas ponen en duda la supervivencia de la propia planta huésped (Mathew y Habeeburrahman, 2012). Las familias de muérdago Loranthaceae y Viscaceae son plantas con hojas verdes, pueden hacer fotosíntesis, desarrollan parasitismo cuando las raíces modificadas o haustorios penetran hasta los haces vasculares de la rama o el tronco donde se desarrollan (Oliva *et al.*, 2011).

El Muérdago opera dentro de un árbol como una rama "falsa" utilizando reguladores de crecimiento para engañar a los sistemas de asignación de recursos del árbol y evitar reacciones defensivas. La parte de la rama del hospedante superior al sitio de la infección ofrece algunos materiales para el nuevo crecimiento de muérdago a través del floema, mientras que las raíces del árbol proporcionan agua y compuestos de nitrógeno. A medida que el haustorio

se expande, actúa como un cinturón funcional en una rama, consumiendo progresivamente más recursos que pasan de raíces de los árboles a través del xilema (Coder, 2008; Oliva *et al.*, 2011). Los muérdagos usualmente se clasifican como enanos y verdaderos.

2.1.4. Muérdagos verdaderos

Los muérdagos verdaderos son plantas parásitas con flores, tienen brotes aéreos característicos que son visibles en la planta huésped (Geils y Vázquez, 2002; Olsen, 2003). Se observan fácilmente en los árboles de hoja caduca en invierno, cuando el árbol hospedante está sin follaje (Perry y Elmore, 2006). La mayoría tienen hojas, a pesar de que se pueden reducir en gran medida en algunas especies. Las plantas a menudo desarrollan una forma redondeada hasta dos metros o más de diámetro (Perry y Elmore, 2006). Los muérdagos verdaderos son dioicos y las plantas femeninas tienen flores y producen bayas mientras que las plantas masculinas tienen flores pequeñas poco visibles que producen polen. Las semillas son diseminadas por las aves que se alimentan de las bayas o transportan y depositan las semillas sobre las plantas hospedantes (Adams *et al.*, 1993; Olsen, 2003).

Los frutos de estas plantas parásitas tienen un tejido viscoso (viscina) que recubre las semillas, las cuales al germinar producen una raíz modificada

llamada haustorio que penetra en el cuerpo de la planta hospedante y llega hasta el xilema (Geils y Vázquez, 2002; Sosa y Tressen, 2002).

La planta de muérdago se desarrolla dentro de su hospedante durante unos dos años antes de producir brotes aéreos en el exterior de la planta. Los brotes de muérdago verdadero contienen clorofila y realizan fotosíntesis (Coder, 2008; Oliva *et al.*, 2011), pero dependen de su planta hospedante para obtener hidratos de carbono, así como agua y nutrientes minerales (Olsen, 2003), causándole algunos trastornos que dan lugar a la formación de tumores leñosos (Geils y Vázquez, 2002; Sosa y Tressen, 2002). Por lo general causan una lenta declinación de la planta hospedante durante muchos años (Olsen, 2003).

El género *Phoradendron* Nutt. pertenece a la familia Viscaceae y *Psittacanthus* Mart. y *Struthanthus* Mart. a la familia Loranthaceae (Geils y Vázquez, 2002; Gómez *et al.*, 2011).

Las especies que se estudiarán en este trabajo se describen a continuación.

2.1.5. *Phoradendron falcifer* Kuijt

Son arbustos colgantes, percurrentes, glabros (Figura 2); los entrenudos varían de 3-7 cm de largo, a menudo delgados, casi cilíndricos a aquillados, especialmente por debajo de los nodos; catafilos intercalares ausentes. Su

filotaxia basal es mediana; poseen un par de catafilos basales presentes a 2-5 mm por encima de la base. Hojas de hasta 20 cm de largo, de 1-2.5 cm de ancho, de lanceoladas a falcadas, ápice redondeado, base atenuada estrechándose hacia un pecíolo de 5-20 mm de largo, generalmente con 1 o 3 nervaduras paralelas. Dioico. Inflorescencia masculina de hasta 3,5 cm de largo, delgada; pedúnculo de aproximadamente 2 mm de largo, simple; con 5 o 6 segmentos fértiles, de 5-7 (-15) flores por bráctea fértil, regularmente biseriadas. Inflorescencia femenina de hasta 3,5 cm de largo, delgada; pedúnculo de 3-4 mm de largo y simple, o de aproximadamente 5 mm de largo y compuesto, el primero de los entrenudos de 3-4 mm de largo; 5 o 6 entrenudos fértiles, el terminal a menudo pequeño, generalmente 5 flores por bráctea fértil, biseriadas. Frutos de aproximadamente 4 mm de largo, de 3 mm de diámetro, ovoides, blanquecinas y lisos, pétalos cerrados; infrutescencia interrumpida, los frutos colocados principalmente de 1/2 a 1/3 de distancia del entrenudo fértil (Kuijt, 2003).

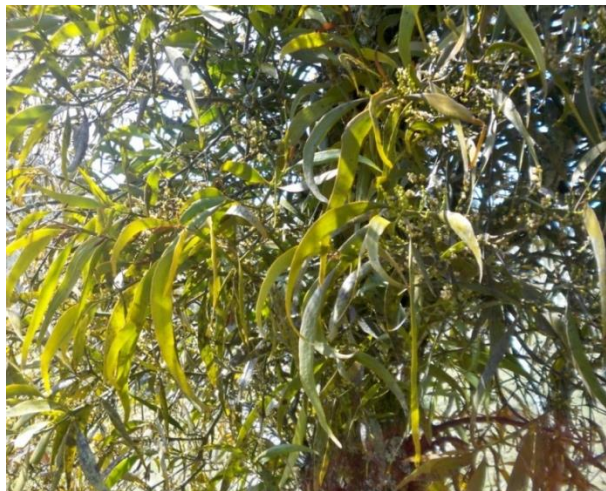


Figura 2. Hojas de *Phoradendron falcifer*

Distribución. Se distribuye en México, Guatemala, y Honduras; en una altitud de 1400-2300 m.

2.1.6. *Psittacanthus schiedeana* (Schltdl. & Cham.) Blume

Descripción. Vázquez y Geils (2002) describen a esta especie como un arbusto de hasta 50 cm de longitud (Figura 3); tallos fuertemente cuadrangulares, nodos aplanados; haustorios muy grandes; hojas de color verde azulado de 20 cm de largo por 8 cm de ancho; lámina de la hoja asimétrica, ovadas de 6 a 16 cm de largo por 1.4 a 4.5 cm de ancho; ápice agudo; pecíolo grueso; venación pinada; inflorescencia terminal, sin hojas, en forma de horquilla; flores de 6,5 a 8 cm de largo en capullo, sobre pedúnculos de 1,5 a 2 cm de largo, perianto de color naranja de 3 a 5 cm de largo, segmentos lineales, separados hacia la base, recurvado; estambres dimórficos, muy delgados. El fruto es una baya de 1,5 cm de largo por 1 cm de ancho.

Los hospedantes más importantes reportados para *Psittacanthus schiedeana* son encinos y otras hojosas, *Pinus leiophylla*, *P. montezumae*, *P. teocote* y *P. oocarpa*. En América Central y México desde Veracruz a Michoacán y Tlaxcala Oaxaca y Chiapas (Hernández, 1991; Flora Mesoamericana, 2002; Vázquez y Geils, 2002).



Figura 3. Arbusto de *Psittacanthus schiedeana*

2.1.7. Descripción de *Struthanthus sp.*

Son plantas generalmente arbustivas, hemiparásitas de árboles y arbustos. Presentan raíces epicorticales, las cuales recorren la superficie del tejido del hospedante y forman una intermitente conexión haustorial. Las raíces típicamente son largas. Las hojas son simples, opuestas o alternas, bien desarrolladas, delgadas, gruesas o planas, casi suculentas, glabras (Figura 4). Ramas cilíndricas o comprimidas. Inflorescencia indeterminada, flores pequeñas en espigas, racimos o corimbos. Generalmente, el fruto es una baya o drupa con una semilla, la cual está envuelta con una capa viscosa, el cáliz solo en ocasiones es persistente en la parte superior del fruto. La semilla con endospermo suculento, carece de testa, rara vez contiene más de un embrión largo (Cibrián y Alvarado, 2007).



Figura 4. Ramas y hojas de *Struthanthus sp*

2.1.8. Efectos de las infecciones del muérdago en las comunidades vegetales.

Los efectos patológicos de los muérdagos varían considerablemente dependiendo de su capacidad para obtener agua, minerales, y carbono de sus hospedantes. Al igual que con otros agentes patógenos, los efectos de los muérdagos también se ven agravados por las condiciones ambientales en las que los hospedantes están creciendo y los tamaños, edades y densidades de las plantas infectadas (Mathiasen *et al.*, 2008).

Las infecciones tienden a concentrarse en árboles de áreas abiertas, bosques de tierras altas, arboles altos que se encuentra en los bordes de los fragmentos del bosque; los situados cerca de una misma especie infectada y de copas abiertas (López *et al.*, 2002; Coder, 2008). Los árboles situados en los bordes fragmentados presentan más plantas de muérdago por árbol y en la zona

media-baja del árbol (López *et al.*, 2002). En muchos casos, las infecciones de muérdago en maderas duras no causan daños importantes en las zonas donde la escasez de agua no es un problema, el daño por muérdago es más frecuente donde los árboles están bajo estrés hídrico crónico, ya sea por la sequía o las inundaciones (Coder, 2008).

Los muérdagos pueden afectar a la salud y la vitalidad de los árboles hospedantes través de la pérdida de crecimiento y reducción de la producción de semillas (FAO, 2007). Los muérdagos absorben agua y sales minerales causando un daño físico y fisiológico a la planta parasitada, ya que la debilitan o incluso llegan a matarla si la infección es grave (Oliva *et al.*, 2011). En algunas situaciones, árboles gravemente infectados con muérdagos pueden ser debilitados y pueden tener tasas de crecimiento muy reducidas (Medel, 2000; Mallams y Mathiasen, 2010). Este efecto sobre el crecimiento y la arquitectura puede reducir la eficiencia fotosintética del hospedante (Glatzel y Geils, 2009) y alterar las tasas de respiración (Watling y Press, 2001; Cameron *et al.*, 2008). El debilitamiento de los árboles propicia la infestación por especies invasoras secundarias y con frecuencia estos árboles mueren en la época de sequía (FAO, 2007; Mallams y Mathiasen, 2010).

Los muérdagos se han estudiado en países de clima templado con regularidad, ya que pueden ser enfermedades de plantas cultivadas y plantaciones forestales. En comparación con los hábitats templados, se sabe poco sobre la ecología de los muérdagos en el Neotrópico (Arruda *et al.*, 2012). En general, la

capacidad regenerativa extrema de estas plantas perjudica las estrategias de manejo prevalecientes (Mathew y Habeeburrahman, 2012).

2.1.9. Métodos de control

La intervención temprana es fundamental cuando se trata de infecciones de muérdago. Una sola mata o pequeño tallo visible en enero en un árbol de hoja caduca pueden parecer insignificantes; sin embargo, cualquier infección por muérdago es importante para tomarla en consideración (Coder, 2008).

Los muérdagos se manejan desde una variedad de perspectivas que dependen de la naturaleza del muérdago y la situación (Mathiasen *et al.*, 2008). Puede ser necesario el manejo de muérdago para reducir el nivel de infección o prevenir que se desarrollen infecciones graves (Mallams y Mathiasen, 2010). Para el tratamiento de los árboles existentes, es importante eliminar el muérdago antes de que produzca semillas y se extienda a otras ramas o árboles (Perry y Elmore, 2006).

Los muérdagos verdaderos son factibles de ser controlados por diversas razones: a) Son parásitos obligados; b) Tienen ciclo de vida largo (mayor a 5 años); c) Su dispersión es lenta y d) Son fácilmente detectables. Se pueden utilizar varios métodos de control para el manejo de los muérdagos verdaderos;

sin embargo, en los que se tiene mayor conocimiento son el silvícola, químico y biológico, (Vázquez *et al.*, 2006).

2.1.9.1. Control silvícola

El control primario de muérdagos sigue siendo eliminar las plantas de muérdago de las ramas infectadas, podar las ramas infectadas y la eliminación de los árboles infectados (Hawksworth, 1983; Geils *et al.*, 2002; Wood y Reilly, 2004).

La eliminación de las plantas de muérdago de las ramas infectadas no mata el muérdago, debido a una fuerte conexión con el árbol huésped, partes del haustorio del muérdago se mantienen dentro de la rama del hospedante y el rebrote del sistema haustorial ocurre con frecuencia (Rist *et al.*, 2008; Mallams y Mathiasen, 2010). Esto ha llevado a la aplicación de envolturas de plástico negro alrededor de la parte infectada de la rama para evitar el rebrote (Mallams y Mathiasen, 2010). Este tratamiento reduce inmediatamente la pérdida de agua de un árbol, y reduce la reproducción muérdago (Coder, 2008).

Podar es práctico cuando un árbol no tiene muchas infecciones de muérdago y que no están en tallos primarios o grandes ramas cerca del tronco principal. Ramas con infecciones de muérdago se deben podar al menos 15 centímetros por debajo del punto de unión de muérdago (Coder, 2008; Mallams y Mathiasen, 2010). La poda reduce la mortalidad e incrementa el vigor del

hospedante, aún en aquéllos individuos con daño severo y donde se podó más del 80% de la copa (Vázquez *et al.*, 2006).

Cuando los árboles tienen muchas infecciones de muérdago en toda su corona y/o en el tallo principal, puede ser necesario retirar el árbol y plantar otro en su lugar (Mallams y Mathiasen, 2010), ya que suelen ser una fuente de semillas de muérdago (Perry y Elmore, 2006). La plantación de árboles que no son susceptibles a muérdagos es la forma más efectiva para prevenir la infección (Perry y Elmore, 2006; Mallams y Mathiasen, 2010).

Los árboles deben ser inspeccionados cada tres a cinco años para encontrar y eliminar los nuevos brotes. Pequeñas ramas de muérdago con infecciones pueden ser podadas, y brotes de muérdago pueden ser removidos de las grandes ramas y tallos principales. La combinación de estos tratamientos puede prolongar la vida de los árboles gravemente infectados (Mallams y Mathiasen, 2010). Sin embargo, ni la eliminación de muérdago con la mano, ni de corte de ramas parecen ofrecer una estrategia de control viable (Mathiasen *et al.*, 2008; Rist *et al.*, 2008).

2.1.9.2. Control químico y reguladores de crecimiento

Varios tratamientos químicos se han probado en muérdagos que afectan a especies latifoliadas en los Estados Unidos, pero muchos de ellos no han

demostrado ser eficaces en matar el muérdago o han causado un daño inaceptable a los árboles hospedantes (Mallams y Mathiasen, 2010).

El control químico ha incluido la aplicación de herbicidas mediante inyección en el tronco de la especie hospedante (Minko y Fagg, 1989), aspersión a la planta parasita (Graser, 1952), colocación de bandas empapadas con herbicida alrededor del tronco de las plantas parasitas (Mathew y Habeeburrahman, 2012) y el uso de reguladores de crecimiento aplicado a brotes aéreos (Johnson, 1992; Hawksworth y Wiens 1996; Shamoun y Dewald, 2002; Watson y Martínez, 2006).

Durante los años 1940 y 1960, se observó que el muérdago en eucaliptos era susceptible al herbicida 2,4-D, y que podría ser rociado en las dosis apropiadas sin dañar el árbol hospedante. Desde entonces, tanto las aspersiones como inyecciones al tallo se han utilizado con diversos grados de éxito (SNEL, 2008).

El etefón (ácido 2-cloroetil-fosfónico) es un compuesto sintético de iones de etileno, fosfato y cloruro, que es ampliamente utilizado como regulador del crecimiento vegetal. Cuando se aplica a las plantas, el etefón principalmente es metabolizado en gas de etileno dentro de los tejidos vegetales. El etileno generalmente también es biosintetizado en las plantas como una respuesta al estrés ambiental, especialmente la sequía (El-Beltagy y Hall, 1974). El aumento de las tasas de la biosíntesis de etileno inducida por el estrés provoca diversas respuestas de desarrollo en las plantas (Hall y Smith, 1995). Este compuesto se

ha usado en horticultura para inducir la abscisión de las partes de la planta (Reid, 1985). Se ha aplicado a hojas y brotes florales de plantas ornamentales para promover abscisión (Woolf, 1992).

El etefón aplicado por aspersión en muérdago actúa como un defoliador causando abscisión de brotes de muérdago mediante la generación de etileno (Adams *et al.*, 1993; Coder, 2008). La aplicación de este producto a brotes de muérdago generalmente se ha probado hasta el punto de saturación (Perry y Elmore, 2006; Coder, 2008). Se ha aplicado etefón en diferentes concentraciones y se ha observado la inducción de abscisión de hojas y ramillas (Joyce *et al.*, 1987; Joyce *et al.*, 1990; Lichter *et al.*, 1991; Perry y Elmore, 2006).

El etefón, proporciona un grado de control temporal, ya que los haustorios del muérdago no son afectados y no se causa la muerte del sistema endofítico por lo que surgen nuevos brotes en uno a tres años y se requieren aplicaciones repetidas (Perry y Elmore, 2006; Mallams y Mathiasen, 2010). Existen marcadas diferencias en la sensibilidad a etileno entre los diversos tipos de especies (Joyce *et al.*, 1990). El nivel de respuesta de abscisión y la velocidad varían en función de la concentración de etileno, la duración de la exposición, el tiempo, el tipo y la madurez de órganos y la temperatura (Woolf, 1992).

Etefón parece ser un producto efectivo, un método fácil de usar, poco visible, ambientalmente seguro, para el control de muérdago en árboles. Algunos

autores recomiendan tratamiento de etefón en combinación con la poda de ramas más pequeñas (Lichter *et al.*, 1991). No se recomienda la fumigación del árbol entero debido al potencial de daño ambiental y económico que puede ocurrir si el aerosol se dispersa a otras especies sensibles y por el uso excesivo de químicos (Adams *et al.*, 1993).

2.1.9.3. Control biológico

Aunque no ha habido éxito en el control biológico de muérdago, hay una serie de plagas que atacan al follaje y tallos del muérdago. Dos de los más notables en el este de Estados Unidos son la polilla real del nogal (*Citheronia regalis*), y la gran mariposa azul (*Atlides Halesus*) (Coder, 2008).

En el género *Psittacanthus* se han observado diferentes clases de organismos que lo atacan, principalmente insectos y hongos; los principales insectos identificados pertenecen al orden Homóptera y de los géneros *Coccus*, *Saccharicoccus*, *Gascardia*, *Aenidomytilus* y *Macrosiphum* (Vázquez *et al.*, 1986).

2.1.10. Beneficios de los muérdagos

Los muérdagos son componentes de importancia ecológica de los bosques en todo el mundo. Aunque algunas especies de muérdago son patógenos dañinos,

la mayoría juegan un papel clave en los ecosistemas forestales (Mathiasen, *et al.*, 2008), en su estructura (Watson, 2001) y en el control de las poblaciones de plantas (Watson, 2001; Grewell, 2008; Watson, 2009; Arruda *et al.*, 2012).

Los muérdagos tienen valores ecológicos, económicos y sociales (Mallams y Mathiasen, 2010), juegan un importante papel ecológico al proporcionar alimento a las aves y mamíferos incluyendo ganado, especialmente en invierno, cuando otras fuentes de alimentos son escasos (Mallams y Mathiasen, 2010; Oliva *et al.*, 2011). Los muérdagos son ampliamente utilizados como lugares de nidificación y dormideros (Watson, 2001). Además, la madera podrida en ramas y troncos hinchados proporciona un hábitat importante para las aves y los mamíferos que anidan en cavidades (Mallams y Mathiasen, 2010).

Psittacanthus schiedeanus causa deformaciones caprichosas en los puntos donde se adhiere al hospedante conocida comúnmente como “flores de madera” o “flores de palo”, cuando el parásito cae, se utilizan para elaborar artesanías con figuras de garzas o para hacer lámparas de mesa. *Phoradendron galeottii* es usada en la zona limítrofe de Veracruz y Puebla, como alimento para el ganado caprino y ovino; *Phoradendron nervosum* se reporta como medicinal, y *Phoradendron velutinum* es usada en infusión para curar el asma (Oliva *et al.*, 2011).

2.2. Resina de liquidámbar

Aparte de los aceites esenciales, que proporcionan una gran variedad de aromas y fragancias, los productos más utilizados y comercializados en la categoría de los productos forestales no maderables, son gomas, resinas y látex (FAO, 1995).

Desde hace siglos se ha utilizado una gran variedad de plantas aromáticas que producen aceites esenciales. La familia Altingiaceae representa una pequeña familia con sólo dos géneros (*Liquidambar* y *Altingia*). Estos taxones se distribuyen principalmente en el sudeste de Asia y América, (Judd, *et al.*, 2008) pero como plantas ornamentales, se han cultivado en muchos países de todo el mundo (El-Readi, *et al.*, 2013). Estas especies producen un exudado llamado Styrox.

Es importante mencionar que también existe un género de plantas denominado Styrox de la familia Styracaceae. Este género incluye 130 especies de árboles y arbustos, varias de las cuales producen una resina llamada benzoin o styrox benzoin (Huang *et al.*, 2003).

2.2.1. Styrax (Storax o Estoraque)

Existen dos tipos de Styrax derivados del género *Liquidambar*. La resina o bálsamo obtenido de *L. styraciflua* L. (estoraque americano) es un líquido amarillento de olor balsámico peculiar y con un sabor cálido y ácido (Cordero *et al*, 2003). El Styrax asiático producido por *L. orientalis* es un semi-sólido, una masa viscosa color marrón, un tanto heterogénea, tanto en color y consistencia. El estoraque americano suele ser más oscuro, pero más limpio, que styrax asiático. Al igual que otros bálsamos, ambos contienen ácido cinámico o derivados del ácido cinámico, aunque en el caso de estoraque americano el típico olor balsámico está enmascarado por un olor similar al estireno (FAO, 1995).

2.2.2. Usos

Antes de la llegada de los españoles se usaba el estoraque como incienso en los templos y casas, y también para darle sabor al tabaco (Cordero *et al*, 2003). Actualmente, los usos de la resina y sus derivados se pueden clasificar en medicinales, farmacéuticos y cosméticos.

El uso tradicional de liquidámbar es para medicina natural. Se utiliza liquidámbar de diferentes maneras: se toma las cápsulas de resina, se cocina la corteza en agua para tomarla como té, se hierva la resina en agua para tomarla

(Reitzenstein, 2007). Entre los indígenas en Guatemala es frecuente mascar la goma endurecida como chicle, para preservar los dientes (Cordero *et al*, 2003). Externamente, se emplea como antiséptico contra enfermedades de la piel (Khare, 2007; Kartal, *et al.*, 2012; El-Readi, *et al.*, 2013) y para curar heridas e inflamaciones (Thomas, 1961; Reitzenstein, 2007; El-Readi, *et al.*, 2013).

Ha habido un cierto uso menor de los bálsamos en forma de preparados farmacéuticos tales como medicamentos bronquiales (FAO, 1995). De acuerdo a un estudio realizado por El-Readi *et al.* (2013) se demostró que los aceites esenciales de *L. styraciflua* exhiben una actividad anti-inflamatoria con baja citotoxicidad, apoyando su uso para tratar la inflamación.

Las propiedades antisépticas, anti-oxidantes, organolépticas y su uso como agente fijador del styrax son importantes en la industria cosmética y perfumería (Kartal, *et al.*, 2012). La destilación de vapor de la oleorresina produce un aceite esencial que es de más valor que la propia oleorresina y es utilizado por la industria de la fragancia. Cuenta con un rico olor balsámico y se utiliza a menudo en los perfumes de tipo floral. La extracción de la oleorresina en bruto con un disolvente apropiado proporciona un número de "resinoides" o "absolutos", que también se utilizan en perfumería (FAO, 1995). Preparaciones de styrax son ampliamente utilizados como ingredientes de fragancias de muchos compuestos usados en perfumería (SCCP, 2005; Kartal, *et al.*, 2012). En Honduras, principalmente, se procesa para obtener aceite de liquidámbar y se comercializa para esta industria (Cordero *et al*, 2003).

2.2.3. Composición química

La composición química de los componentes volátiles de liquidámbar se conoce de forma incompleta. En el aceite de hoja de *L. styraciflua* y estoraque se ha identificado terpineno-4-ol, α -pineno, sabineno, y γ -terpineno como componentes principales (Wyllie y Brophy, 1989; Chalchat, *et al.*, 1994).

Para la especie de *L. orientalis*, los constituyentes principales del aceite esencial son terpineno-4-ol, α -terpinol, sabineno y γ -terpineno junto con cinamato de cinamil, cinamaldehído cinamato fenilpropil, alcohol cinámico, cinamato de etilo, cinamato de metilo y cinámico acetato (Fernández *et al.*, 2005; Hovaneissian *et al.*, 2008; Kartal, *et al.*, 2012).

El aceite de tallo de *L. styraciflua* está formado principalmente por ácido cinámico y benzoico y sus ésteres. Sus principales componentes son α - y β -storesin y su éster cinámico (33-50%), styracin (5-10%), etil y fenilpropil-cinamato (10%), cinamato de bencilo, ácido cinámico libre (5-15 %), un aceite levógiro (0,4%) y rastros de vanilina (SCCP, 2005). Estudios más recientes han encontrado otros componentes como germacrine D, α -cadinol, d-limoneno, α -pineno, y β -pineno (El-Readi, *et al.*, 2013).

Rasgado (2014) realizó un estudio fitoquímico de resina de liquidámbar procedente de dos comunidades del bosque mesófilo del estado de Hidalgo; encontró que los principales componentes del aceite esencial de *L. styraciflua*

son: alcohol dihidro cinámico, estireno, cardeno, alcohol de cinamilo y alfa-pineno, beta-mirceno, allo-aromadendreno y gama-cadineno. Se reporta por primera vez la presencia de una cumarina (himecromona) y una imida (alfa-metil-alfa-fenilsuccinimida). Estos compuestos también presentaron altos porcentajes en la fracción volátil de resinas de Turquía y Honduras, así que la calidad de los aceites esenciales producidos por árboles de la región de estudio debe ser competitiva con aquellos de procedencia tradicional.

2.2.4. Extracción de resina

La extracción de la resina para fines comerciales ha sido poco documentada. Los árboles de liquidámbar desarrollan esta resina como respuesta a una lesión. Cuando el tronco de un árbol es herido de alguna manera, como por ejemplo por un corte o una herida, se forma una serie de pequeños canales en la corteza interior, cerca de la zona lesionada. Estos canales se forman por la desfragmentación de algunas células. Posteriormente, células especializadas se desarrollan a lo largo de los márgenes de los canales y segregan la resina que fluye a través de los canales de la zona herida. Se ha sugerido que esta secreción de resina sirve a un propósito útil en la curación de heridas de los árboles, pero la manera en que funciona a este respecto no ha sido verificada. Posiblemente se trata de un medio para evitar los insectos o que los hongos invadan un área lesionada. (Thomas, 1961).

En *L. orientalis*, el bálsamo está presente en la albura y la corteza del árbol. El método tradicional de obtención de styrax asiática es quitar trozos de corteza y hervirlas en agua. En el crudo, el bálsamo más ligero se separa y se deposita en el fondo del recipiente, y posteriormente se decanta el agua. Otras cantidades de bálsamo se obtienen presionando la corteza "extraída" para remover el bálsamo residual. También se obtiene haciendo incisiones en la madera de tronco y se colecta el exudado en recipientes fijados al árbol (FAO, 1995).

En Honduras, es habitual colectar el estoraque solo, sin tratamiento de la corteza separada. Para extraer la resina de liquidámbar se hacen las "canoas" o "pozos" con hacha antes del inicio de las lluvias: Se produce varios huecos (de 6 a 8" de largo, 2" de grosor y 3" de profundidad) alrededor del tronco en los cuales se recolecta la resina en las canoas o en recipientes fijados al árbol (FAO, 1995; Reitzenstein, 2007).

III METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el predio “Las Puentes” localizado al suroeste de la cabecera municipal del municipio de Tlanchinol, Hidalgo y en los predios “Chalahuiyapa” y “Tepetlazintla” ubicados al noreste de la cabecera municipal del municipio de Calnali, Hidalgo.

En el predio “Las Puentes” se ubicaron dos sitios; uno en las coordenadas $20^{\circ} 55' 0.3''$ de latitud Norte y $98^{\circ} 41' 56.8''$ de longitud Oeste, con una altitud de 1490 metros y el otro sitio se ubica en las coordenadas $20^{\circ} 54' 55.8''$ de latitud Norte y $98^{\circ} 41' 56.2''$ de longitud Oeste, con 1486 msnm.

Los sitios en Calnali se ubican en las coordenadas $20^{\circ} 56' 1.8''$ de latitud Norte y $98^{\circ} 29' 14.3''$ de longitud Oeste y $20^{\circ} 55' 56.5''$ de latitud Norte y $98^{\circ} 29' 34.6''$ de longitud Oeste, con una altitud de 830 y 850 metros respectivamente (Figura 5).

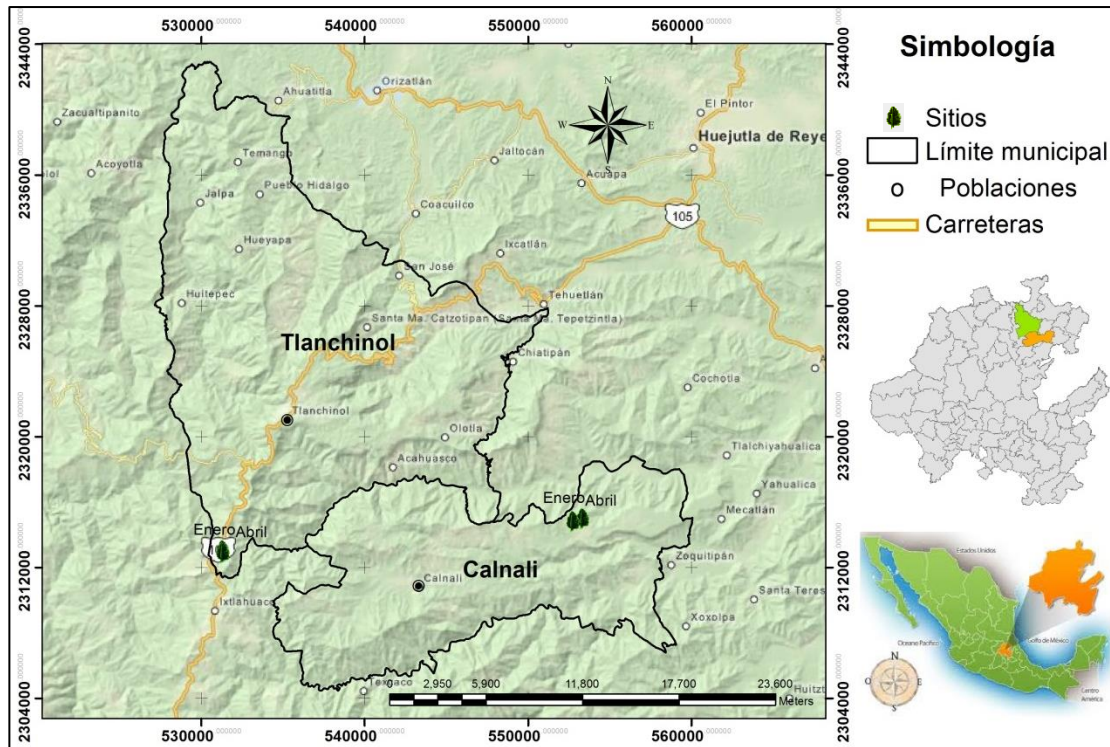


Figura 5. Área de estudio. Los sitios de Tlanchinol se ubican sobre 1400 msnm y los de Calnali debajo de 900 msnm.

Los sitios se ubican en la subprovincia Carso Huasteco, de la Sierra Madre Oriental (Luna *et al.*, 1994; INEGI, 2004a). Pertenece a la Región Terrestre Prioritaria-102 “*Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental*” (Arriaga *et al.*, 2009; Aguilar *et al.*, 2013). Se caracterizan por sierras altas escarpadas (INEGI, 2004b). El área de estudio se localiza en la región del Pánuco, en la cuenca del río Moctezuma (RH26D) (INEGI, 2010; Álvarez *et al.*, 2012). En los sitios de Tlanchinol el suelo predominante es de tipo Luvisol órtico y Regosol Calcárico con textura media. El suelo que domina en los sitios de Calnali es Regosol Calcárico con textura fina (INEGI, 2004c).

De acuerdo a la Clasificación climática de Köppen modificada por García (2004), el clima en los sitios de Tlanchinol es C(fm) templado húmedo con temperatura promedio de 12 a 18 °C (Álvarez *et al.*, 2012; Aguilar *et al.*, 2013). Con lluvias abundantes la mayor parte del año y precipitación pluvial de 2,156 mm por año, con precipitación del mes más seco mayor a 40 mm, porcentaje de lluvia invernal menor de 18% y temperatura media del mes más frío entre -3 y 18°C (INEGI, 2004d; Álvarez *et al.*, 2012; Aguilar *et al.*, 2013). En este sitio solo hubo *Phoradendron falcifer* en los árboles de liquidámbar.

En los sitios de Calnali el clima es (A)C(fm) Semicálido húmedo con temperatura anual entre 18 y 22°C y temperatura del mes más frío mayor 18°C con lluvias abundantes todo el año y precipitación pluvial de 1781 mm al año (García, 2004; INEGI, 2004d). En este sitio solo hubo *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus* en los árboles de liquidámbar.

El área de estudio se encuentra cubierta por masas forestales de BMM interrumpidas por terreno agropecuario (Álvarez *et al.*, 2012). Las especies arbóreas más comunes en los sitios son: *Liquidambar styraciflua* L., *Quercus* sp., *Alnus acuminata*, *Clethra mexicana*, entre otras (Luna *et al.*, 1994; Villavicencio y Pérez, 2005). Así mismo, se registra la presencia de helechos arborescentes del género *Cyathea* en Tlanchinol (Álvarez *et al.*, 2012). El área se caracteriza por la presencia de niebla sobre la vegetación a lo largo del año (Monterroso *et al.*, 2013).

3.2. Diseño experimental

El experimento de control de muérdago y producción de resina se planeó con base en un diseño factorial $2 \times 2 \times 4$ (Figura 6). La unidad experimental de observación consistió en un árbol individual, con tres unidades por cada una de las $2 \times 2 \times 4 = 16$ combinaciones tratamiento resultantes. Las variables de respuesta medidas fueron el cambio en el nivel de infección por muérdago en los árboles y la cantidad de resina producida durante el periodo evaluado.

Los factores estudiados fueron los siguientes:

- 1) Dosis con cuatro niveles (dosis baja =1 ml de etefón/cm de DN del árbol, media =2 ml de etefón/cm de DN del árbol, alta =3 ml de etefón/cm de DN del árbol y testigos).
- 2) Época con dos niveles (una aplicación en enero y la otra en abril),
- 3) Altitud con dos niveles (Un sitio ubicado a una altitud mayor a 1400 m. y otro ubicado debajo de 900 msnm.).

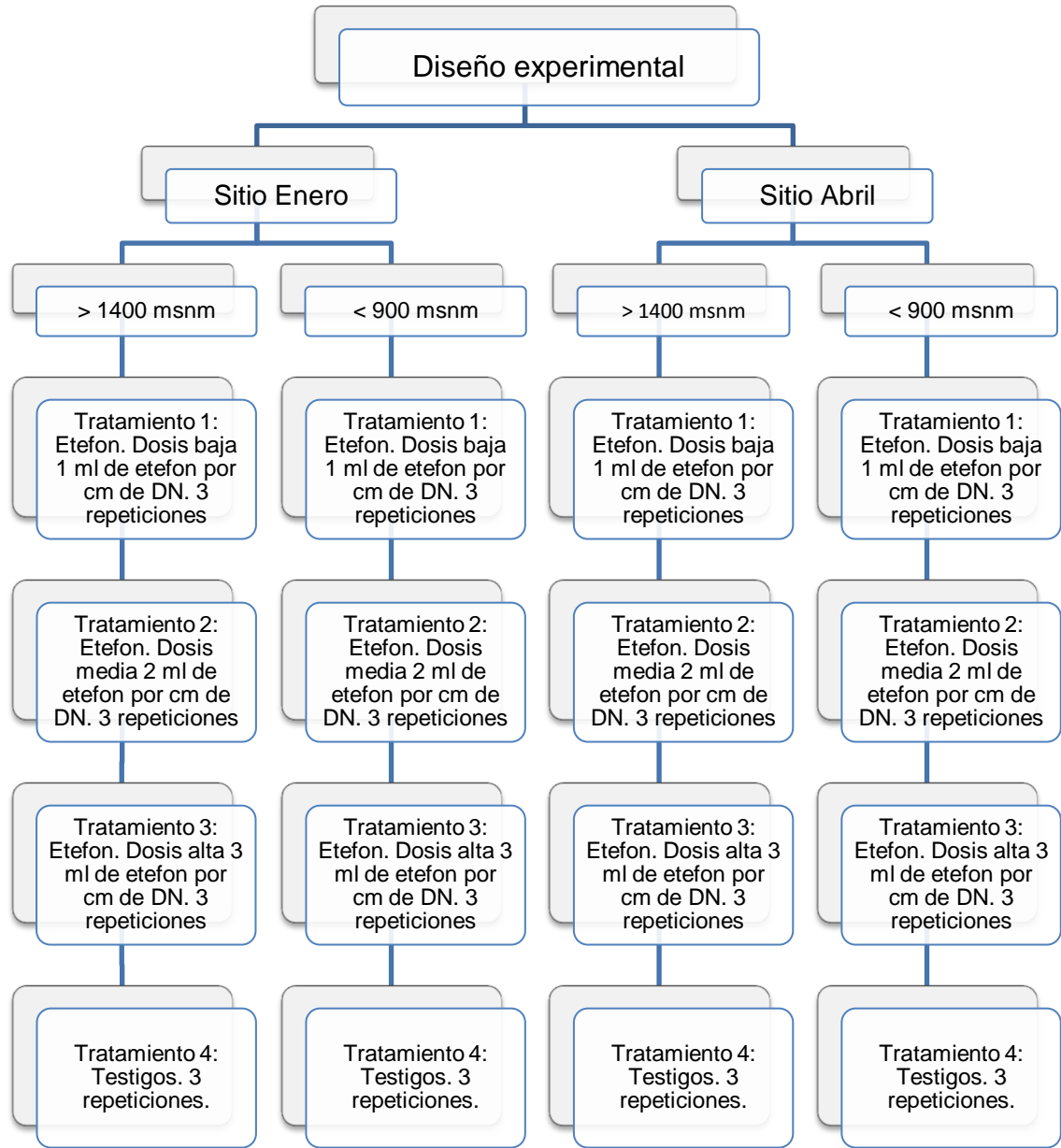


Figura 6. Diseño experimental

3.3. Establecimiento de los sitios

Se establecieron cuatro sitios de investigación: dos en la época de enero, cuando el árbol aún estaba en reposo y libre de hojas. Los otros sitios se establecieron en otra etapa fenológica de la especie hospedante; en abril cuando el árbol estaba en desarrollo y cubierto de follaje.

3.4. Selección del arbolado

Los árboles fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios: árboles vivos con presencia de muérdago, sin daños en el fuste, árboles aislados para su visualización completa y con diámetro normal (DN) mayor o igual a 20 cm (Cuadro 1).

Cuadro 1. Árboles seleccionados, con coordenadas y diámetro normal

| Núm. | Coordenadas UTM | | | Diámetro Normal (cm) |
|------|-----------------|---------|-------------|----------------------|
| | X | Y | Altitud (m) | |
| 1 | 531286 | 2312965 | 1497 | 70 |
| 2 | 531275 | 2312938 | 1491 | 56 |
| 3 | 531284 | 2312934 | 1491 | 57 |
| 4 | 531280 | 2312928 | 1492 | 52 |
| 5 | 531274 | 2312930 | 1494 | 36 |
| 6 | 531282 | 2312900 | 1500 | 37 |
| 7 | 531277 | 2312881 | 1507 | 44 |
| 8 | 531320 | 2312902 | 1486 | 44 |
| 9 | 531307 | 2312895 | 1489 | 67 |
| 10 | 531307 | 2312894 | 1489 | 71 |
| 11 | 531299 | 2312884 | 1491 | 44 |
| 12 | 531319 | 2312849 | 1493 | 56 |
| 13 | 531306 | 2312827 | 1500 | 31 |
| 14 | 531321 | 2312822 | 1495 | 37 |
| 15 | 531323 | 2312837 | 1494 | 60 |
| 16 | 531316 | 2312860 | 1490 | 62 |
| 17 | 531339 | 2312857 | 1483 | 49 |
| 18 | 531346 | 2312855 | 1479 | 54 |
| 19 | 531349 | 2312822 | 1480 | 54 |
| 20 | 531330 | 2312827 | 1486 | 60 |
| 21 | 531335 | 2312805 | 1490 | 60 |
| 22 | 531349 | 2312828 | 1489 | 43 |
| 23 | 531398 | 2312849 | 1480 | 66 |
| 24 | 531384 | 2312863 | 1477 | 63 |
| 25 | 553306 | 2314910 | 812 | 56 |
| 26 | 553254 | 2314941 | 820 | 60 |
| 27 | 553249 | 2314940 | 822 | 44 |
| 28 | 553247 | 2314924 | 823 | 66 |
| 29 | 553245 | 2314911 | 825 | 52 |
| 30 | 553220 | 2314910 | 833 | 62 |
| 31 | 553218 | 2314911 | 836 | 47 |
| 32 | 553237 | 2314869 | 830 | 55 |
| 33 | 553211 | 2314821 | 837 | 56 |
| 34 | 553215 | 2314812 | 835 | 52 |
| 35 | 553243 | 2314706 | 830 | 56 |
| 36 | 553264 | 2314730 | 826 | 49 |
| 37 | 552722 | 2314745 | 853 | 47 |
| 38 | 552716 | 2314733 | 852 | 27 |
| 39 | 552733 | 2314741 | 852 | 33 |
| 40 | 552760 | 2314671 | 844 | 36 |
| 41 | 552783 | 2314684 | 842 | 24 |
| 42 | 552770 | 2314733 | 850 | 24 |
| 43 | 552714 | 2314662 | 864 | 31 |
| 44 | 552771 | 2314743 | 850 | 28 |
| 45 | 552751 | 2314710 | 848 | 21 |
| 46 | 552755 | 2314643 | 845 | 30 |
| 47 | 552774 | 2314661 | 845 | 20 |
| 48 | 552780 | 2314754 | 852 | 66 |

3.5. Control de muérdago verdadero en liquidámbar

3.5.1. Evaluación del nivel de infección por muérdago.

La evaluación del nivel de infección por muérdago del arbolado se realizó de acuerdo a la escala de 6 clases de Hawksworth, (1977):

- Se dividió la copa viva en 3 tercios (Figura 7).

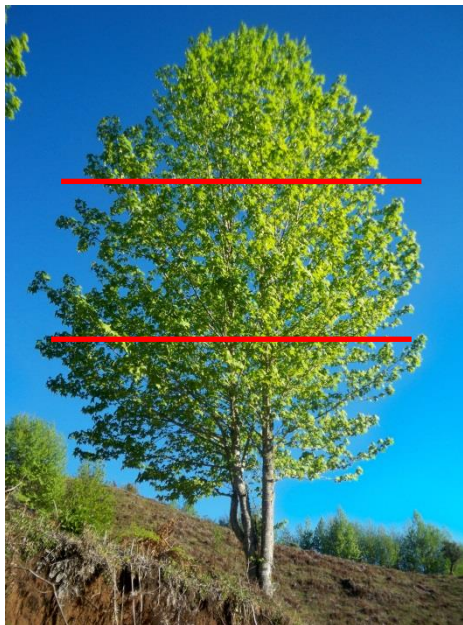


Figura 7. División de copa del árbol

- Se evaluó cada tercio por separado. A cada tercio se le asignó una calificación de 0, 1 o 2 como se describe a continuación:

Infección no visible, se calificaron con 0.

Infección ligera, se calificaron con 1 aquellos que presentaban 50% o menos de las ramas infectadas.

Infección severa, se calificaron con 2 aquellos que presentaban más del 50% de las ramas infectadas.

- Para obtener el nivel de infección del árbol, se sumaron los valores de clasificación de cada tercio.

Todos los arboles evaluados fueron georreferenciados, se registraron sus dimensiones, se tomó una fotografía del árbol completo desde un punto conocido y se les colocó una placa con un número de identificación (figuras 8 y 9).



Figura 8. Toma de datos. A) georreferenciación de árboles. B) medición del diámetro normal



Figura 9. Marcaje. A) placa de identificación. B) punto de toma de fotografía.

3.5.2. Aplicación de tratamientos

Una vez hecho lo anterior, se instaló el experimento de manejo del muérdago, inyectando etefón (ácido 2-cloroetil fosfónico) en una concentración de 19.08% de ingrediente activo (I. A.) con un sistema Micro-Infusión marca Arborjet modelo Tree IV (Figura 10), con tres dosis diferentes: baja, media y alta. La dosis baja consistió en aplicar 1 ml del producto comercial por cada cm diámetro normal del árbol, la dosis media fue de 2 ml por cm de DN y la dosis alta de 3 ml por centímetro de DN. Las dosis en los árboles de liquidámbar se aplicaron de forma aleatoria.



Figura 10. A) equipo de aplicación. B) producto evaluado.

Para la aplicación de las inyecciones se siguieron los pasos que se describen a continuación:

- Se midió el diámetro normal de los árboles seleccionados.
- Se midió la cantidad de etefón de acuerdo al DN y a la dosis correspondiente.
- Se vertió el etefón al recipiente contenedor (Figura 11).
- Se ubicaron cuatro zonas adecuadas en la base del árbol donde se realizaron los puntos de inyección con perforaciones de 5 cm de profundidad con un taladro eléctrico y broca de 3/8".
- En los puntos de inyección se colocaron cuatro válvulas de inyección, fijas en la madera para evitar fugas del producto (Figura 12).
- Se conectaron las agujas de las líneas de suministro a los puntos de inyección (Figura 13).

- La línea de suministro se conectó al recipiente contenedor de etefón y este producto fue aplicado mediante presión con una bomba manual (Figura 14).



Figura 11. A) medición de la dosis. B) vaciado de dosis en botella del equipo de inyección.

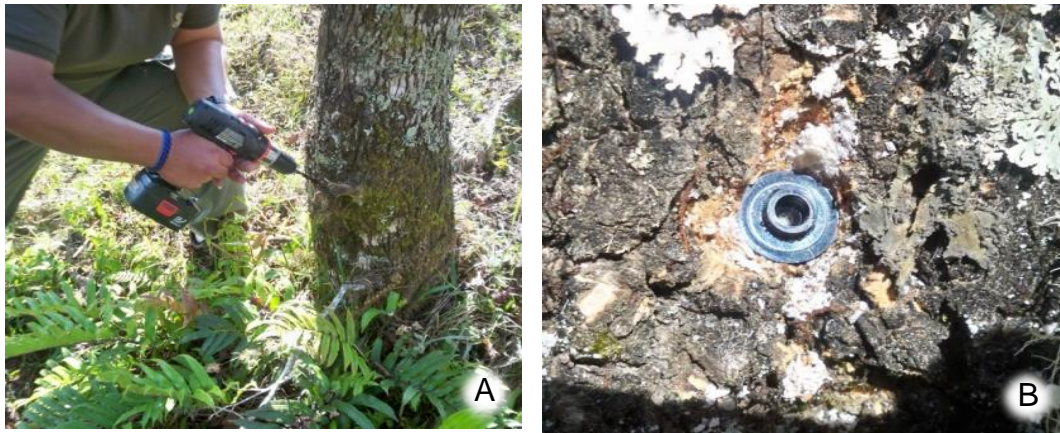


Figura 12. Colocación de válvulas de inyección. A) perforación al tronco del árbol. B) válvula de inyección colocada.



Figura 13. Instalación del equipo de aplicación. A) colocación de agujas. B) conexión de la botella a las líneas de suministro.



Figura 14. Aplicación de la inyección. A) equipo instalado. B) suministro de presión.

3.5.3. Evaluación del efecto del tratamiento en el nivel de infección por muérdago

Para evaluar el efecto de las dosis aplicadas, los árboles fueron evaluados con base en la escala de 6 clases de Hawksworth, (1977). Se tomaron fotografías del árbol completo desde los puntos definidos para ello. Estas evaluaciones se realizaron durante un periodo de 134 días para los arboles tratados en enero y de 139 días para los tratados en abril. Las primeras evaluaciones se realizaron a los 11 días después de la aplicación de las diferentes dosis de etefón en los sitios tratados en enero y un mes posterior en los sitios tratados en abril. Las fechas de las evaluaciones siguientes variaron en función de las condiciones ambientales (Figura 15).

Las evaluaciones se realizaron en las fechas 31/01/14, 11/02/14, 24/02/14, 29/03/14, 27/04/14, 24/05/14, 14/06/14 para los sitios inyectados en la época de reposo (enero) del liquidámbar y en las fechas 25/04/14, 24/05/14, 14,06/14, 24/07/14 y 11/09/14 para los sitios inyectados en época de crecimiento de follaje (abril) del arbolado.

Estas evaluaciones del nivel de infección por muérdago se realizaron con la finalidad de poder comprar el nivel de infección inicial y el efecto de los tratamientos.

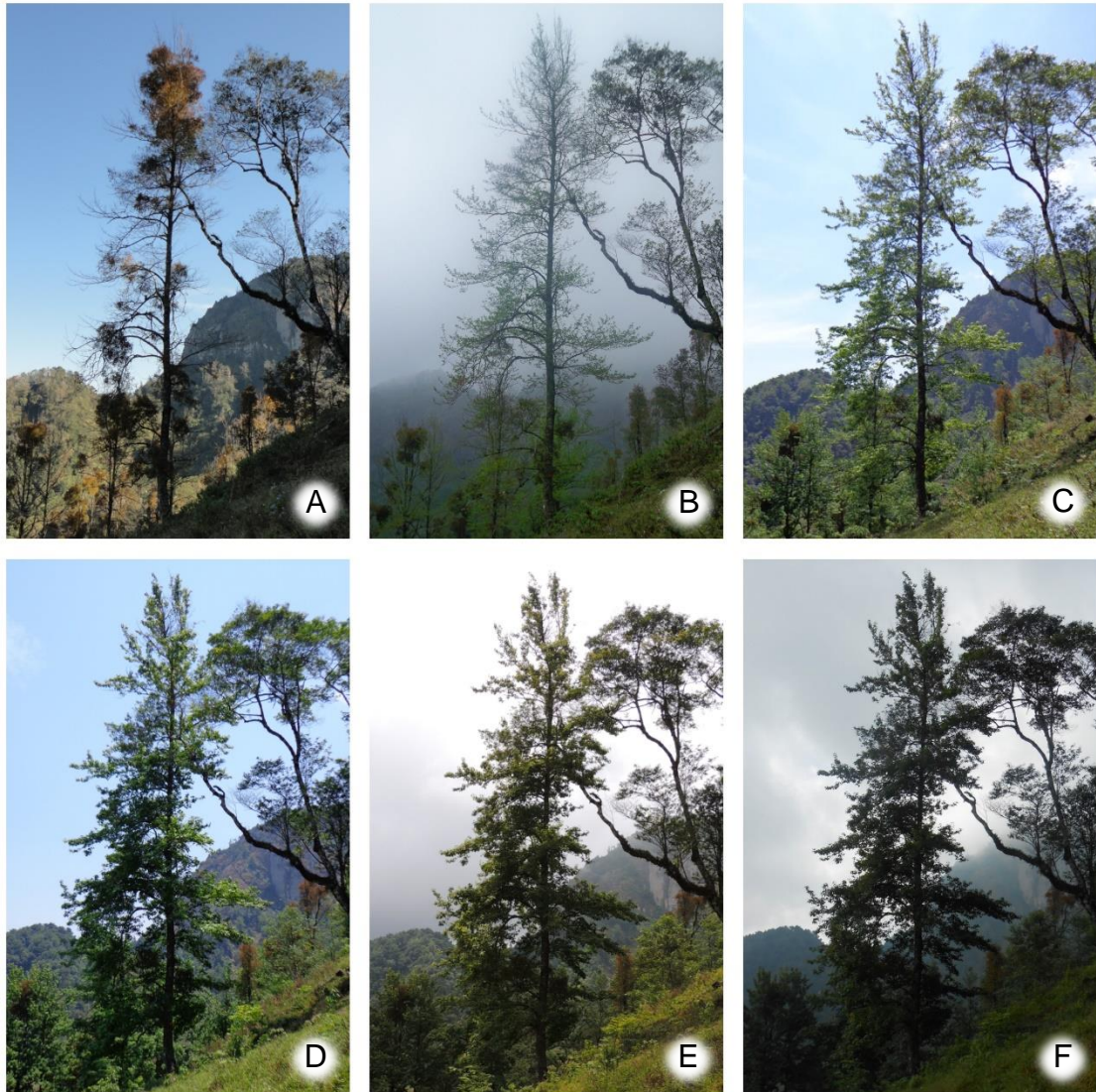


Figura 15. Evaluaciones periódicas del nivel de infección por muérdago en liquidámba. A) 31/01/14, B) 25/02/14, C) 28/03/14, D) 25/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

3.5.4. Análisis estadístico

Para analizar el efecto de los tratamientos en el nivel de infección por muérdago se consideró como variable de respuesta el cambio entre el nivel de infección inicial y final de los árboles. Con la finalidad de garantizar la validez de la

metodología estadística estándar de análisis se realizó una transformación de los datos utilizando su raíz cuadrada. Se llevó a cabo un análisis de varianza sobre los datos transformados con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) utilizando el procedimiento PROC GLM (SAS Institute Inc., 2011).

El Modelo estadístico de análisis utilizado fue:

$$y_{ijklt} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \epsilon_{ijklt},$$

$$t = 1,2,3; i = 1,2,3,4; j = 1,2; k = 1,2$$

Donde:

y_{ijklt} es la respuesta medida (raíz cuadrada del cambio en el nivel de infección),

μ representa la media general,

α_i, β_j y γ_k representan a los efectos principales producidos por el nivel i -ésimo del factor dosis, el nivel j -ésimo del factor época y por el nivel k -ésimo del factor altitud, respectivamente,

$(\alpha\beta)_{ij}, (\alpha\gamma)_{ik}, (\beta\gamma)_{jk}, (\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ representan a los efectos producidos por las interacciones entre dosis x época, dosis x altitud, época x altitud y dosis x época x altitud, respectivamente,

ϵ_{ijklt} son errores aleatorios independientes con $\epsilon_{ijklt} \sim N(0, \sigma^2)$.

Asumiendo el modelo anterior se realizó un análisis de varianza para probar la existencia de los efectos factoriales indicados del modelo sobre el cambio del

nivel de infección haciendo uso de un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$). Mediante el método de Tukey se realizaron comparaciones entre pares de medias correspondientes a los distintos efectos factoriales. Adicionalmente, se realizaron pruebas de contrastes ortogonales para estimar la tendencia entre la dosis aplicada y el nivel de infección.

3.6. Producción de resina de liquidámbar

3.6.1. Establecimiento del sistema de colecta de resina

Para realizar el establecimiento del sistema de colecta, previamente se realizó la aplicación de tratamientos de etefón para control de muérdago en los periodos de invierno y primavera (31/01/2014 y 25/04/2014 respectivamente).

El sistema de colecta de resina se instaló el 25/02/14 para los sitios tratados en enero y el 25/05/14 para los sitios de abril. La instalación del sistema de colecta se describe a continuación.

Primero se realizó la extracción de las válvulas de inyección ya que en estos puntos es donde se genera la mayor emisión de la resina (Figura 16).

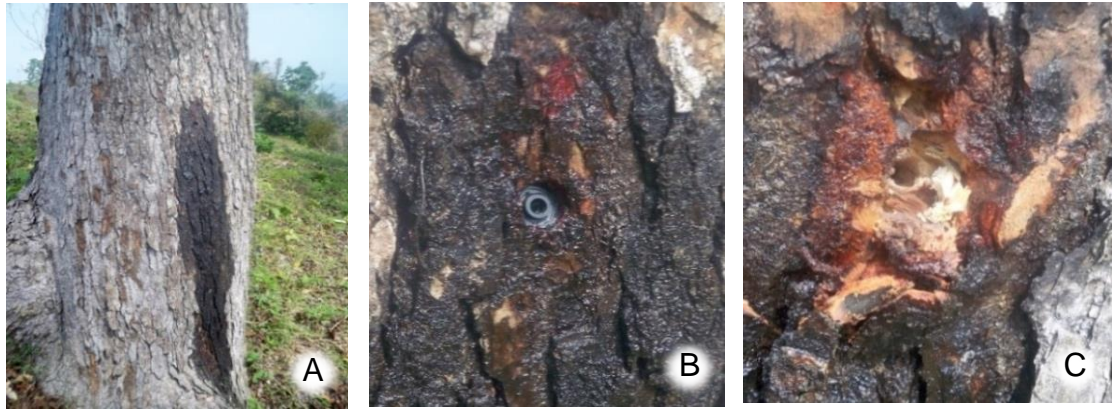


Figura 16. Emisión de resina. A) mancha causada por resina. B) punto de inyección. C) orificio de inyección

Enseguida sobre cada punto de inyección se realizó un canal de 10 cm de longitud, 2.5 cm de ancho y 0.5 cm de profundidad en la madera. En la base del canal se realizó un corte circular donde se colocó el tubo colector. El tubo colector quedó con una ligera inclinación con el objetivo de que la resina pudiera fluir hacia un recipiente. Finalmente se colocaron los recipientes para la captación de resina.

3.6.2. Colecta de resina y toma de datos

La cosecha de resina se realizó en las mismas fechas de las evaluaciones del nivel de infección. Los frascos con resina fueron retirados del árbol y se les colocó su tapa para evitar el derrame del líquido; así mismo fueron reemplazados por otros nuevos para la posterior colecta. Para cada frasco se tomó registro de lugar, número de árbol y fecha de colecta (Figura 17).



Figura 17. Cosecha. A) frasco de resina con agua. B) colecta de resina

3.6.3. Procesamiento de muestras de resina

Posteriormente las muestras de la resina colectada se trasladaron al Laboratorio de Parasitología Forestal de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo. La resina fue tratada para eliminar agua e impurezas. El agua se separó por decantación utilizando una pipeta volumétrica y las impurezas se eliminaron usando pinzas de disección para partículas relativamente grandes y una malla para las impurezas de menor tamaño.

El peso se obtuvo con una balanza analítica marca “precisa” con una precisión de decigramos para registrar la producción (Figura 18).

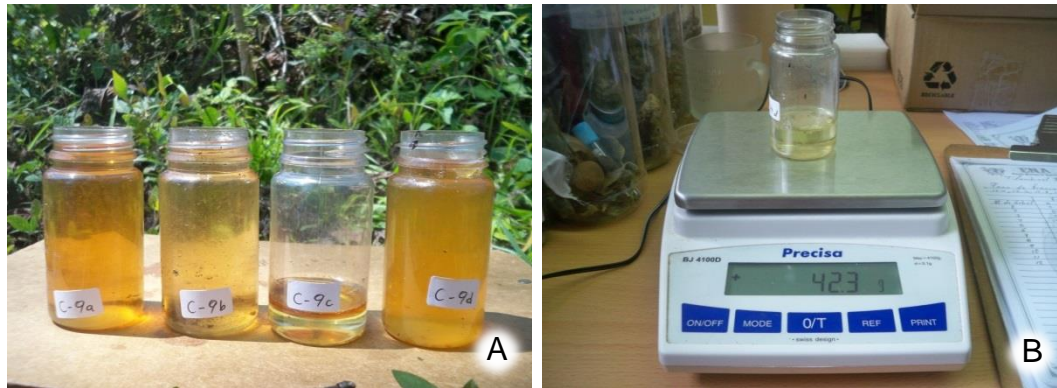


Figura 18. Muestras de resina. A) frascos sin procesar. B) peso de frascos con resina

3.6.4. Análisis estadístico

Para analizar el efecto de los tratamientos aplicados a los árboles de liquidámbar en la producción de resina se consideró como variable de respuesta el peso en gramos de la resina acumulada por árbol durante el periodo evaluado (109 días). Se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System utilizando el procedimiento PROC GLM (SAS Institute Inc., 2011). El modelo estadístico de análisis para la variable de respuesta peso de resina acumulada fue el mismo que el utilizado para los datos transformados de la variable de respuesta cambio en el nivel de infección (Sección 3.5.4).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Control de muérdago verdadero en liquidámbar

4.1.1. Distribución de las especies de muérdagos de liquidámbar.

Los muérdagos identificados en la especie de *Liquidambar styraciflua* L. fueron tres: *Phoradendron falcifer*, *Psittacanthus schiedeanus*, y *Struthanthus* sp. Aparentemente existen restricciones de altitud para estas especies ya que su distribución fue consistente durante los recorridos de campo (Figura 19).

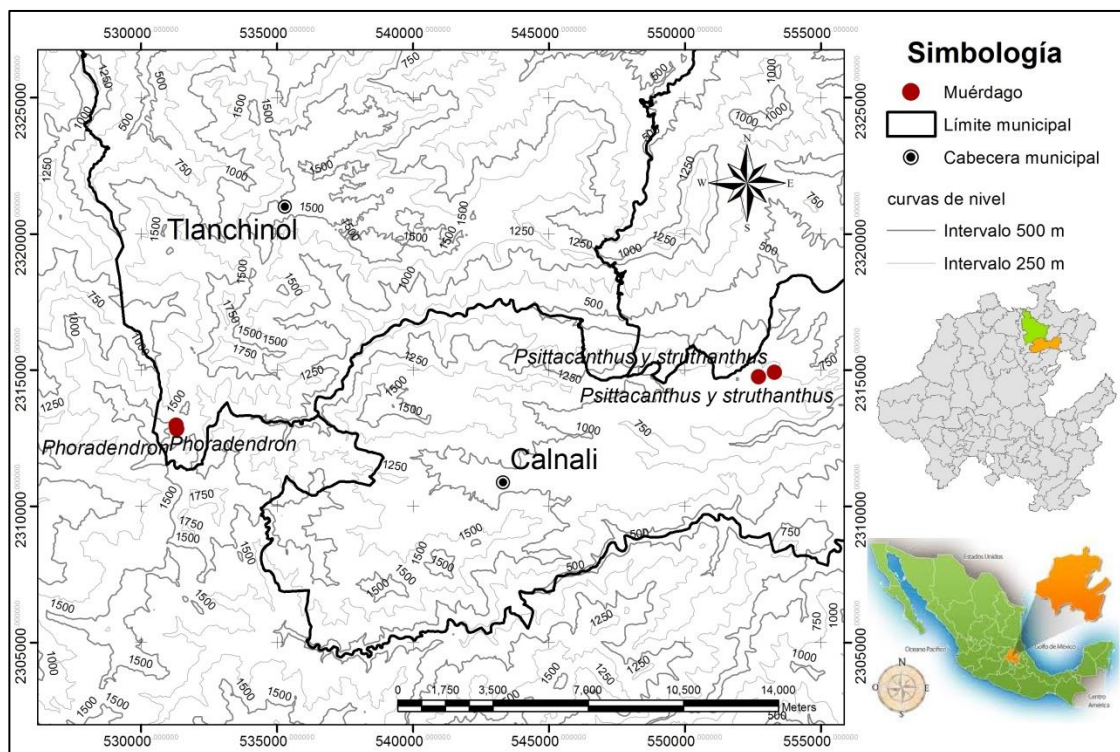


Figura 19. Distribución de las especies de muérdago

***Phoradendron falcifer* Kuijt**

Todos los árboles ubicados en los sitios de Tlanchinol, Hidalgo, con altitud mayor a 1400 m presentaron infección por *Phoradendron falcifer*. Es importante mencionar que en estos sitios solo se presentó esta especie de muérdago y se observó en liquidámbar y en otras en especies de latifoliadas.

***Psittacanthus schiedeanus* (Schltdl. & Cham.) Blume**

El muérdago *Psittacanthus schiedeanus* se presentó en árboles de liquidámbar ubicados en una altitud menor a 900 m, en los sitios de Calnali, Hidalgo.

Struthanthus sp

Esta especie de muérdago se presentó solo en los sitios ubicados en una altitud menor a 900 metros, en los sitios de Calnali, Hidalgo.

En los sitios ubicados en Tlanchinol (altitud mayor a 1400 m) no se encontró *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus sp.*, mientras que en sitios ubicados en Calnali (menor a 900 m) no se observó *Phoradendron falcifer*.

Las especies de *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus sp.*, se presentaron infectando los mismos árboles. En un sitio de Calnali la especie dominante fue *Psittacanthus schiedeanus*, mientras que en el otro sitio fue *Struthanthus sp.*

Observaciones realizadas en otros árboles de liquidámbar (no incluidos en este estudio) permitieron registrar que en las coordenadas 20° 55' 21.06'' de latitud Norte y 98° 34' 30.74'' de longitud Oeste a una altitud de 1015 m se presentaron las especies de *Phoradendron falcifer* y *Psittacanthus schiedeana* infectando el mismo árbol.

4.1.2. Nivel de infección inicial de árboles

Todos los árboles seleccionados para este estudio presentaron un nivel de infección por muérdago (Cuadro 2). Todos los árboles ubicados en los sitios con altitud mayor a 1400 m presentaron infección por *Phoradendron falcifer* mientras que los sitios ubicados a una altitud menor de 900 m. las especies presentes fueron *Psittacanthus schiedeana* y *Struthanthus sp.* Existen escasos estudios sobre muérdago verdadero particularmente en liquidámbar² y en la zona solo se había reportado al *Phoradendron falcifer* como principal problema en *Liquidambar styraciflua* L. (Cibrián y Cibrián, 2011).

Fue interesante notar que la infección dominada por *Psittacanthus schiedeana* se presentó principalmente en arboles con diámetros mayores a 44 cm., en tanto que la especie *Struthanthus sp.* dominó en arboles con dimensiones menores (< 47 cm de DN); aunque ambos muérdagos estuvieron presentes.

² Asociación de Productores Forestales de la Región Zacualtipán-Molango, A. C. Estudio regional Forestal de UMAFOR 1302.

Cuadro 2. Altitud, diámetro normal, época de aplicación del tratamiento, nivel de infección y especie de muérdago en liquidámbar, en Tlanchinol y Calnali, Hidalgo.

| Árbol | Altitud | DN (cm) | Época de aplicación | Nivel de infección | Especie de muérdago* |
|-------|---------|---------|---------------------|--------------------|--|
| 1 | 1497 | 70 | Enero | 6 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 2 | 1491 | 56 | Enero | 6 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 3 | 1491 | 57 | Enero | 5 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 4 | 1492 | 52 | Enero | 6 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 5 | 1494 | 36 | Enero | 4 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 6 | 1500 | 37 | Enero | 4 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 7 | 1507 | 44 | Enero | 4 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 8 | 1486 | 44 | Enero | 5 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 9 | 1489 | 67 | Enero | 5 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 10 | 1489 | 71 | Enero | 4 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 11 | 1491 | 44 | Enero | 5 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 12 | 1493 | 56 | Enero | 4 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 13 | 812 | 56 | Enero | 6 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 14 | 820 | 60 | Enero | 6 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 15 | 822 | 44 | Enero | 6 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 16 | 823 | 66 | Enero | 6 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 17 | 825 | 52 | Enero | 6 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 18 | 833 | 62 | Enero | 6 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 19 | 836 | 47 | Enero | 6 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 20 | 830 | 55 | Enero | 6 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 21 | 837 | 56 | Enero | 5 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 22 | 835 | 52 | Enero | 5 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 23 | 830 | 56 | Enero | 4 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 24 | 826 | 49 | Enero | 5 | <i>Struthanthus</i> y <i>Psittacanthus</i> |
| 25 | 1500 | 31 | Abril | 2 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 26 | 1495 | 37 | Abril | 2 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 27 | 1494 | 60 | Abril | 3 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 28 | 1490 | 62 | Abril | 3 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 29 | 1483 | 49 | Abril | 6 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 30 | 1479 | 54 | Abril | 5 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 31 | 1480 | 54 | Abril | 3 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 32 | 1486 | 60 | Abril | 3 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 33 | 1490 | 60 | Abril | 3 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 34 | 1489 | 43 | Abril | 6 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 35 | 1480 | 66 | Abril | 6 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 36 | 1477 | 63 | Abril | 4 | <i>Phoradendron falcifer</i> |
| 37 | 853 | 47 | Abril | 3 | <i>Struthanthus</i> y <i>Psittacanthus</i> |
| 38 | 852 | 27 | Abril | 3 | <i>Struthanthus</i> y <i>Psittacanthus</i> |
| 39 | 852 | 33 | Abril | 2 | <i>Struthanthus</i> |
| 40 | 844 | 36 | Abril | 2 | <i>Struthanthus</i> y <i>Psittacanthus</i> |
| 41 | 842 | 24 | Abril | 3 | <i>Struthanthus</i> y <i>Psittacanthus</i> |
| 42 | 850 | 24 | Abril | 2 | <i>Struthanthus</i> |
| 43 | 864 | 31 | Abril | 5 | <i>Psittacanthus</i> y <i>Struthanthus</i> |
| 44 | 850 | 28 | Abril | 2 | <i>Struthanthus</i> y <i>Psittacanthus</i> |
| 45 | 848 | 21 | Abril | 2 | <i>Struthanthus</i> |
| 46 | 845 | 30 | Abril | 3 | <i>Struthanthus</i> y <i>Psittacanthus</i> |
| 47 | 845 | 20 | Abril | 2 | <i>Struthanthus</i> y <i>Psittacanthus</i> |
| 48 | 852 | 66 | Abril | 3 | <i>Psittacanthus</i> |

* El orden de las especies de muérdago por árbol varía en función de la especie dominante.

Estos resultados fueron similares a los reportados para el género *Psittacanthus* por Cibrián y Cibrián (2011), quienes mencionan que por lo general infecta con éxito árboles catalogados como jóvenes fustales a sobremaduros.

El nivel de infección de los árboles osciló de 2 a 6 en la escala Hawksworth (1977). El 48% del arbolado presentó infección severa (5-6 Escala Hawksworth), 35% presentó nivel de infección moderada (nivel 3-4) y 17 % presentó infección ligera (nivel 2). Es interesante resaltar que la infección moderada a severa (4-6) se presentó en árboles de un diámetro promedio de 53 cm (31-71) y el muérdago dominante fue *Phoradendron falcifer* (57 %), mientras que el arbolado restante estuvo infectado por dos especies de muérdago *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus* sp. Por otra parte, la infección de moderada a ligera (2-3) se manifestó en arbolado con dimensiones menores en DN (40 cm en promedio) y la especie de muérdago dominante fue *Struthanthus* sp. (61% del arbolado).

4.1.3. Efecto de tratamientos en el nivel de infección por especie de muérdago

Los muérdagos *Phoradendron falcifer* y *Psittacanthus schiedeanus* en liquidámbar presentaron defoliación y desprendimiento de flores y frutos a partir de 10 días después de la aplicación del tratamiento, sin embargo el cambio en el nivel de infección se observó después de 24 días de la aplicación. Ambas

especies (*Phoradendron falcifer* y *Psittacanthus schiedeanus*) mostraron muerte de ramillas y particularmente la especie *Phoradendron falcifer* presentó caída de las mismas. En contraste, la especie *Struthanthus sp.* no manifestó daño aparente.

***Phoradendron falcifer* Kuijt**

Los árboles infectados con *Phoradendron falcifer* presentaron defoliación a los 10 días posteriores a la aplicación del tratamiento con dosis baja, media y alta de etefón. El cambio en el nivel de infección se observó 24 y 30 días posteriores a la aplicación del tratamiento (en enero y abril, respectivamente). Los cambios de nivel de infección ocurrieron con las dosis baja, media y alta en los árboles tratados en invierno y solo las dosis media y alta propiciaron cambios en la época de aplicación de abril. Los árboles testigo no manifestaron cambios evidentes en el nivel de infección.

Los mayores cambios del nivel de infección se presentaron cuando el tratamiento se aplicó en enero. Los cambios fueron de 5.6 a 2.6 con dosis alta, de 4.3 a 2 con la dosis media y de 4.6 a 4.3 con dosis baja (Figura 20).

Particularmente en un árbol tratado con dosis media se observó que después de haber disminuido el nivel de infección de 5 a 1, el nivel se incrementó a 2 después de 16 semanas de la aplicación del tratamiento. Es decir en este árbol se observó rebrote de muérdago propiciando aumento del nivel de infección. En

otro 25% de árboles se observó rebrote de muérdago pero no hubo cambio en el nivel de infección. El rebrote del muérdago se presentó principalmente en la parte media e inferior de la copa del árbol. Lo anterior puede ser atribuido a que el etefón fue translocado primeramente hacia la parte superior de la copa y el efecto en la parte inferior fue más débil.

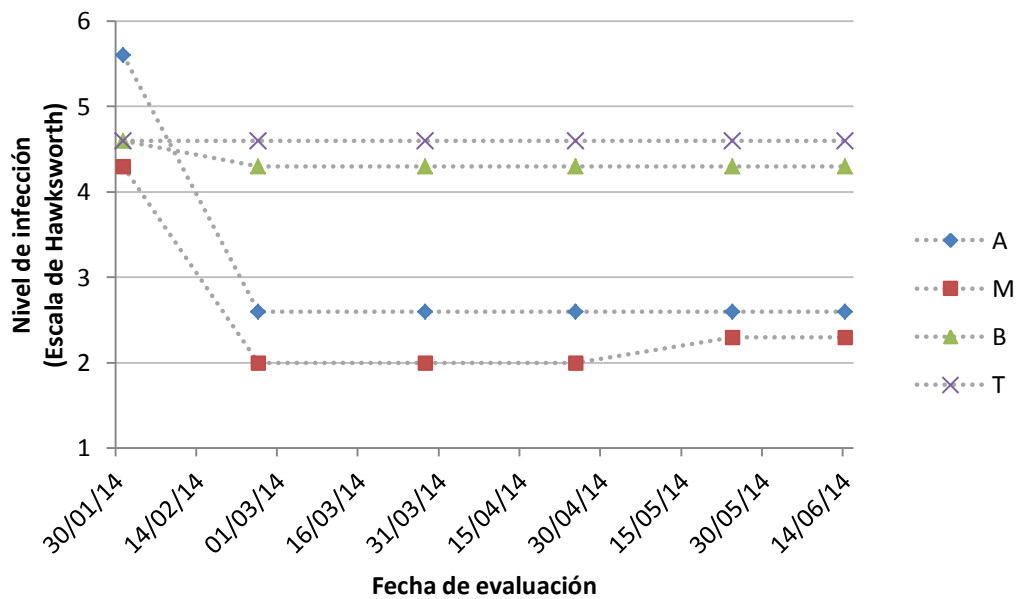


Figura 20. Cambio en el nivel de infección en árboles infectados con *Phoradendron falcifer*. Ubicados en Tlanchinol, tratados en enero. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos.

Para los arboles tratados en abril, los cambios en el nivel de infección observados 30 días posteriores a la aplicación del tratamiento fueron de 4 a 2.6 con dosis media y de 4.3 a 4 con dosis alta. Los árboles testigo y los tratados con dosis baja no presentaron cambios en el nivel de infección (Figura 21).

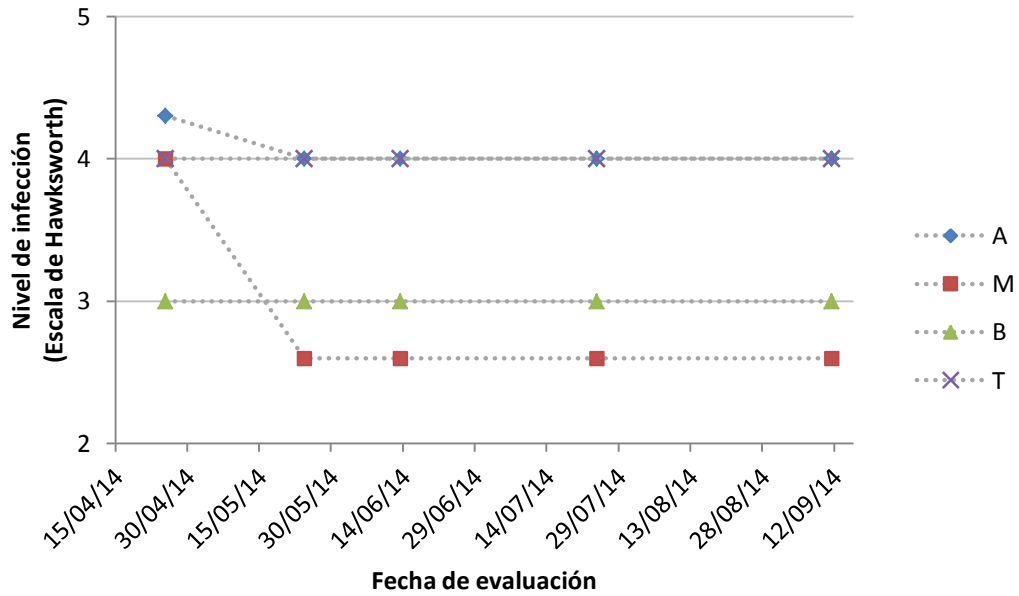


Figura 21. Cambio en el nivel de infección en árboles infectados con *Phoradendron falcifer*. Ubicados en Tlanchinol, tratados en abril. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos.

A continuación se presenta un ejemplo de cada tratamiento de los sitios tratados en la época de enero (figuras 22 a 25) del experimento. Las fotos son de la misma planta a lo largo del periodo evaluado.



Figura 22. Árbol tratado con dosis alta de etefón, con altitud mayor a 1400 m, infectado con *Phoradendron falcifer*, evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

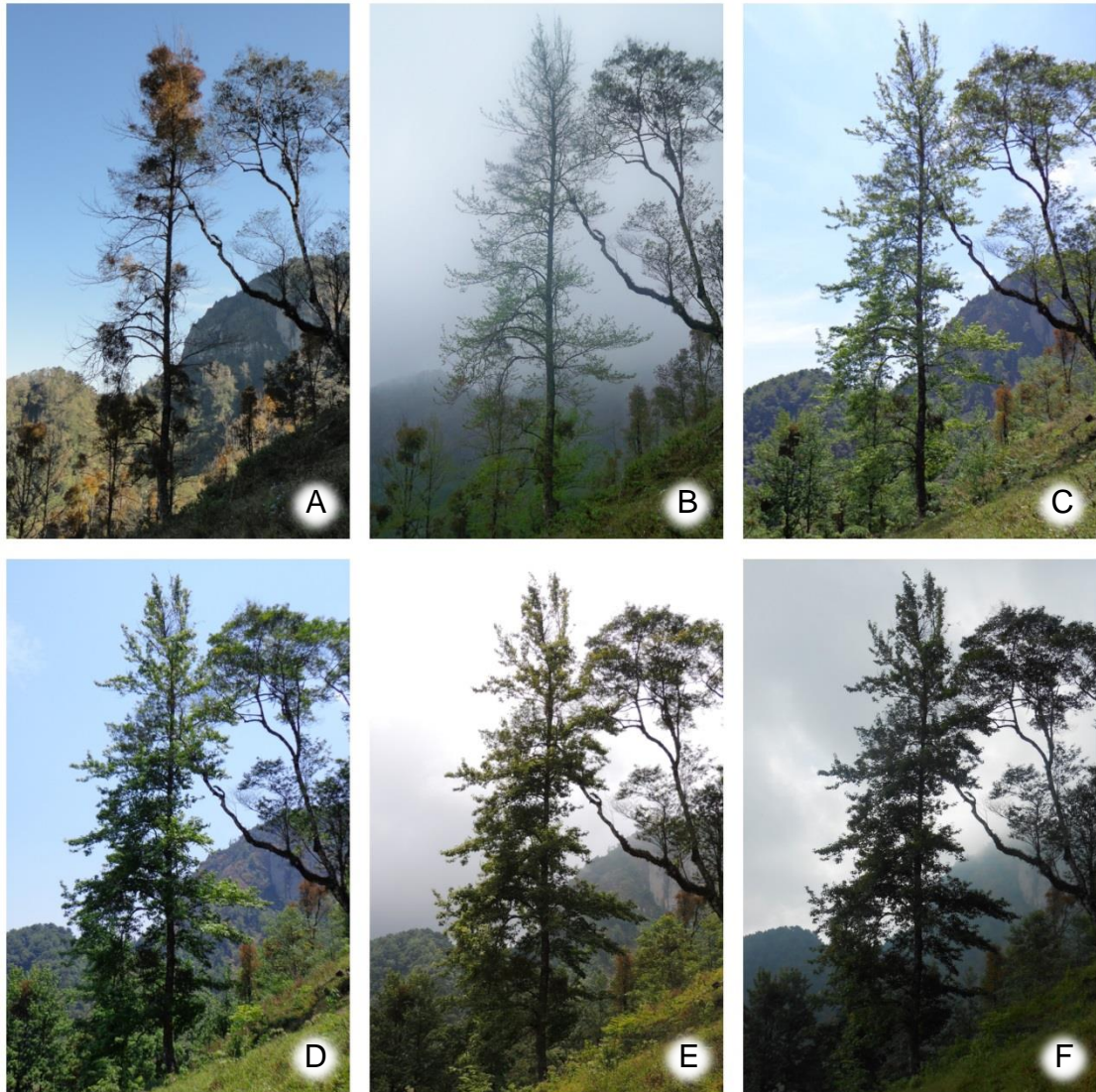


Figura 23. Árbol tratado con dosis media de etefón, con altitud mayor a 1400 m, infectado con *Phoradendron falcifer*, evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

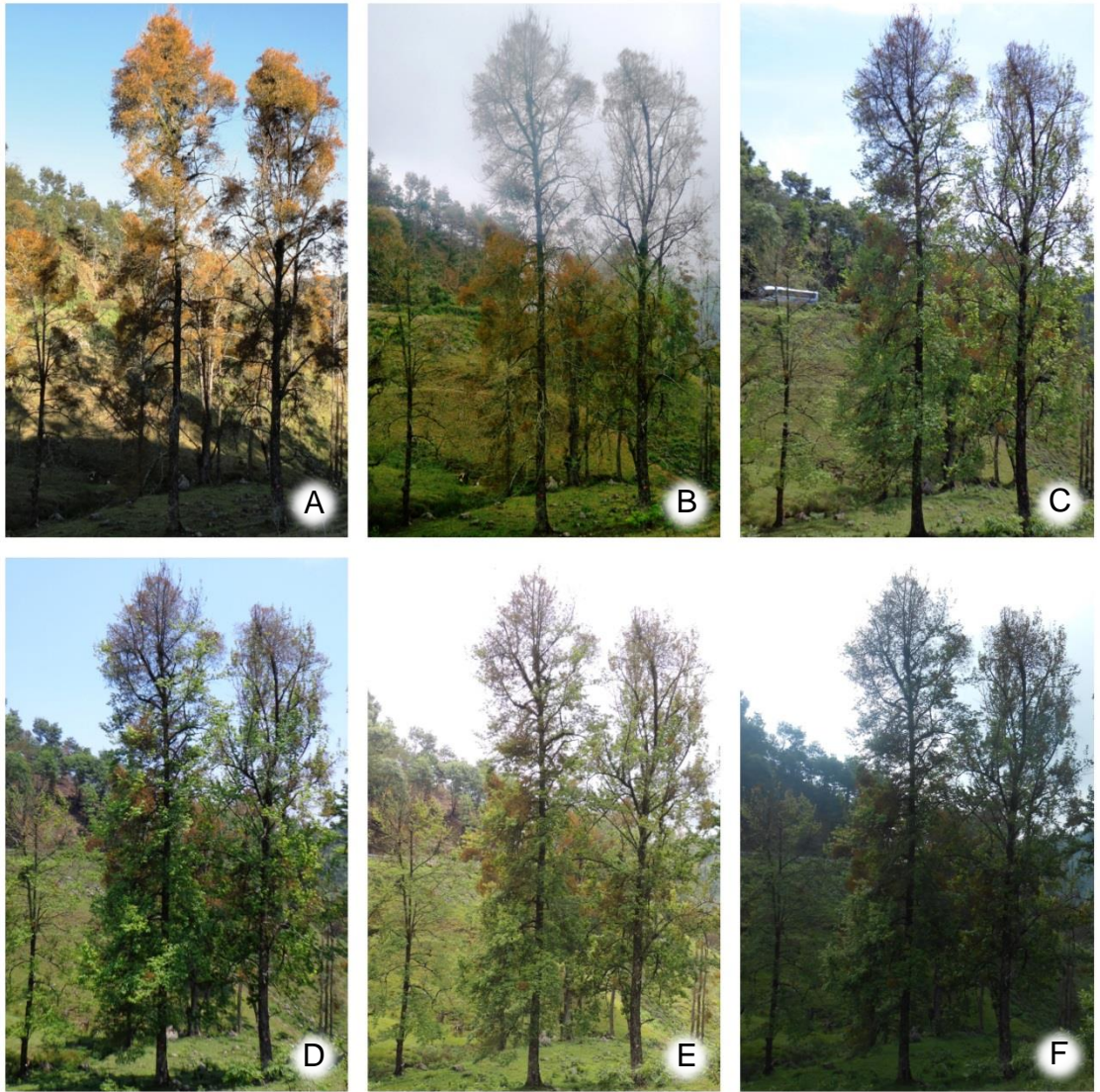


Figura 24. Árbol tratado con dosis baja de etefón, con altitud mayor a 1400 m, infectado con *Phoradendron falcifer*, evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

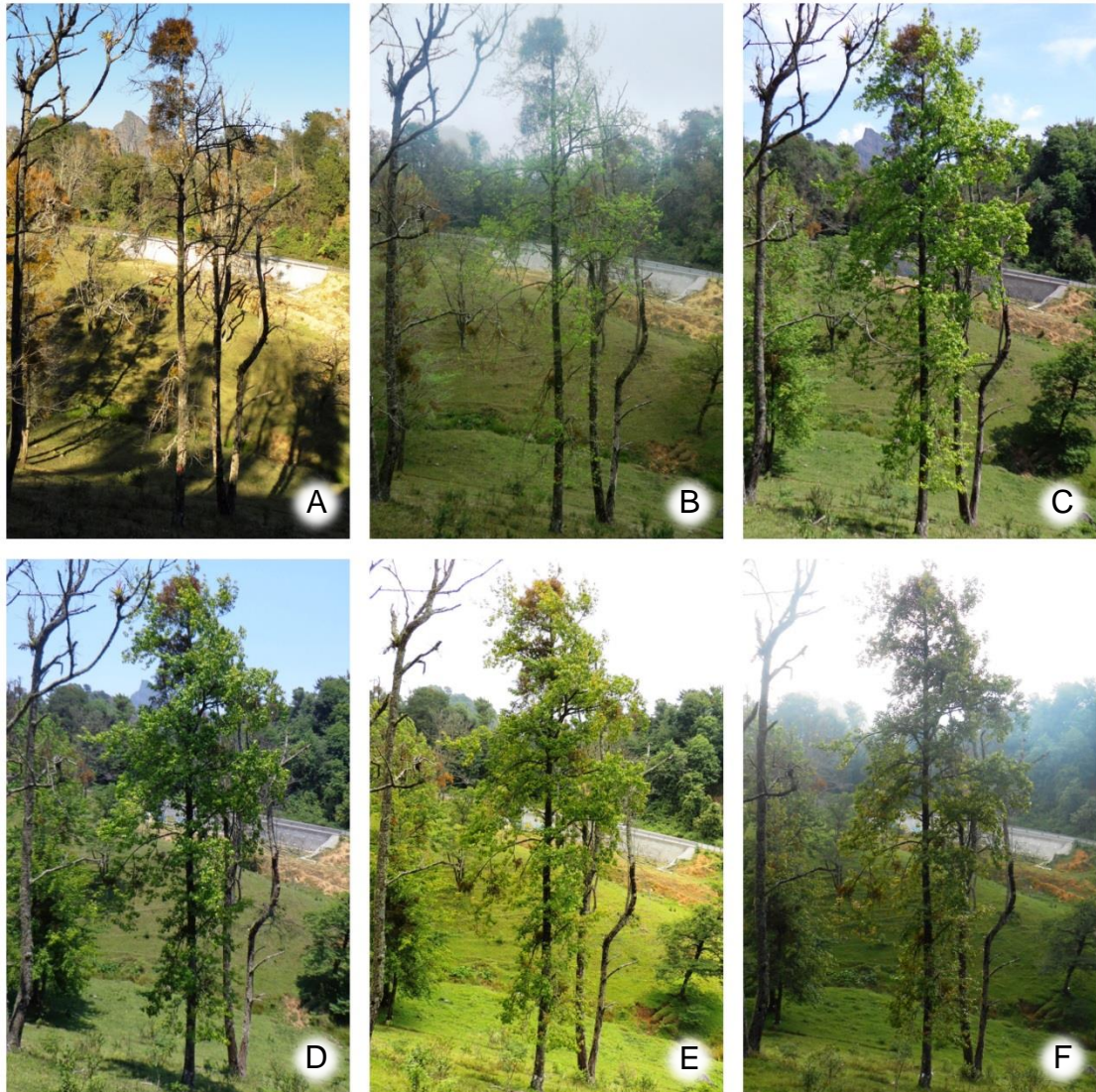


Figura 25. Árbol testigo, con altitud mayor a 1400 m, infectado con *Phoradendron falcifer*, evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

***Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus* sp.**

La evaluación en el cambio del nivel de infección en los sitios de Calnali (sitio menor a 900 msnm.) se consideró con ambas especies (*Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus* sp) ya que en general las dos especies se

encontraron mezcladas en el mismo árbol. En los árboles infectados con *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus sp.*, se observó defoliación y caída de frutos solo del muérdago *Psittacanthus schiedeanus*. Estos efectos se presentaron a los 10 días posteriores a la aplicación del tratamiento con dosis baja, media y alta de etefón.

El cambio en el nivel de infección se observó 24 días posteriores a la aplicación del tratamiento con las dosis baja, media y alta en los árboles tratados en invierno. Cuando el tratamiento se aplicó en abril, se observaron cambios 30 días posteriores solo con la dosis alta. Los árboles testigo no manifestaron cambios evidentes en el nivel de infección.

Cuando el tratamiento se aplicó en enero se presentaron los mayores cambios del nivel de infección. Los cambios fueron de 5.3 a 2.6 con dosis alta, de 5.6 a 2.6 con la dosis media y de 5.6 a 4 con dosis baja (Figura 26).

Para los arboles tratados en abril el cambio en el nivel de infección fue de 3 a 2.3 con dosis alta. Los árboles testigo y los tratados con dosis baja y media no presentaron cambios en el nivel de infección (Figura 27).

La especie *Struthanthus sp* no presentó efecto evidente a lo largo del periodo evaluado. Es importante mencionar que después de dos meses de la aplicación del tratamiento se observó rebrote en el muérdago *Psittacanthus schiedeanus*, sin embargo ya no se incrementó el nivel de infección.

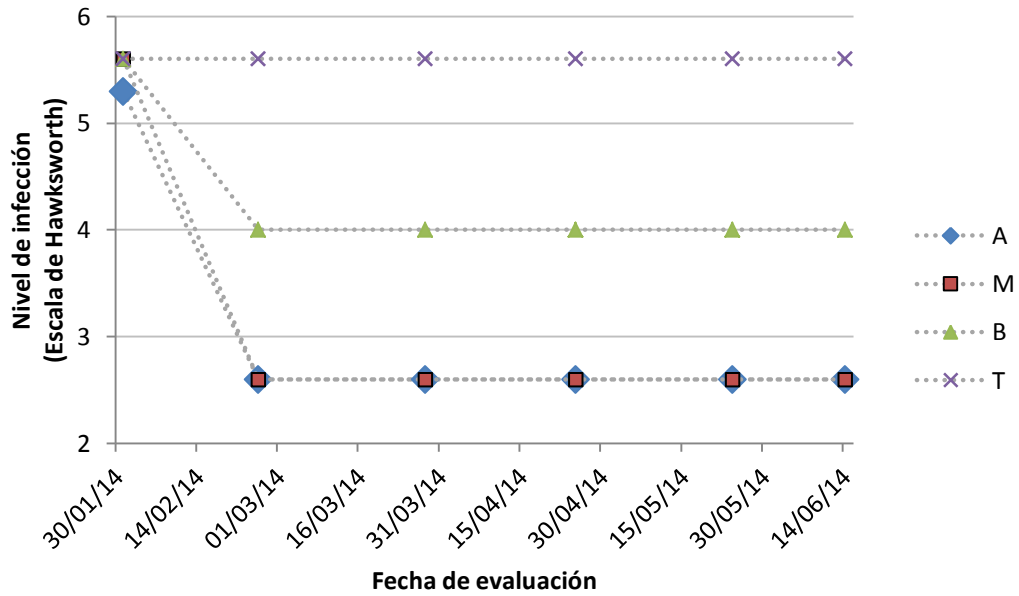


Figura 26. Cambio en el nivel de infección en árboles infectados con *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus sp.* ubicados en Calnali, tratados en enero. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos.

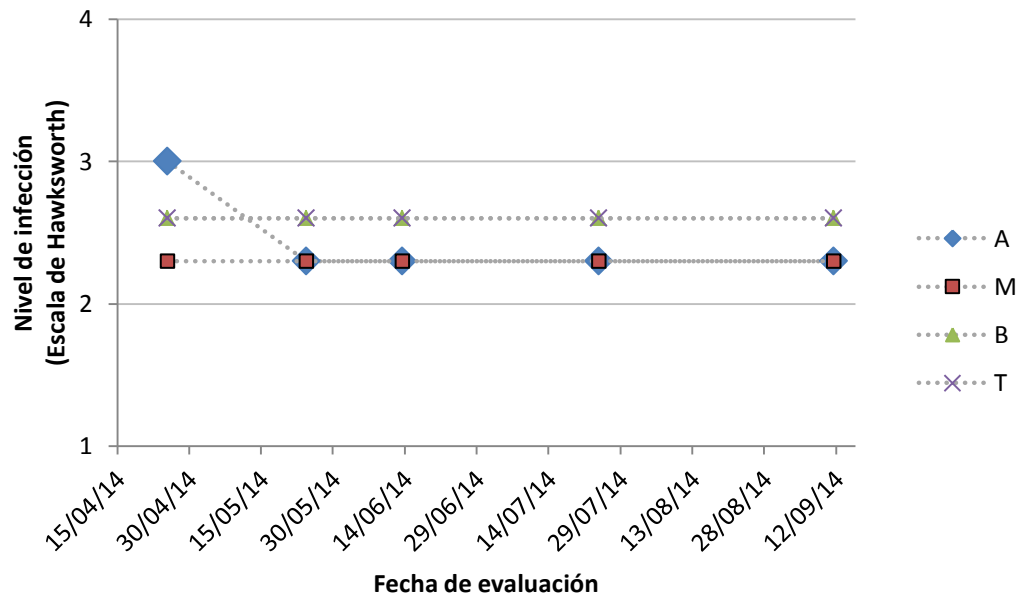


Figura 27. Cambio en el nivel de infección en árboles infectados con *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus sp.* ubicados en Calnali, tratados en abril. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos.

Después de presentarse la disminución en el nivel de infección ya no se observaron más cambios en el nivel de infección y este estado permaneció constante a lo largo del periodo evaluado (figuras 28-31).

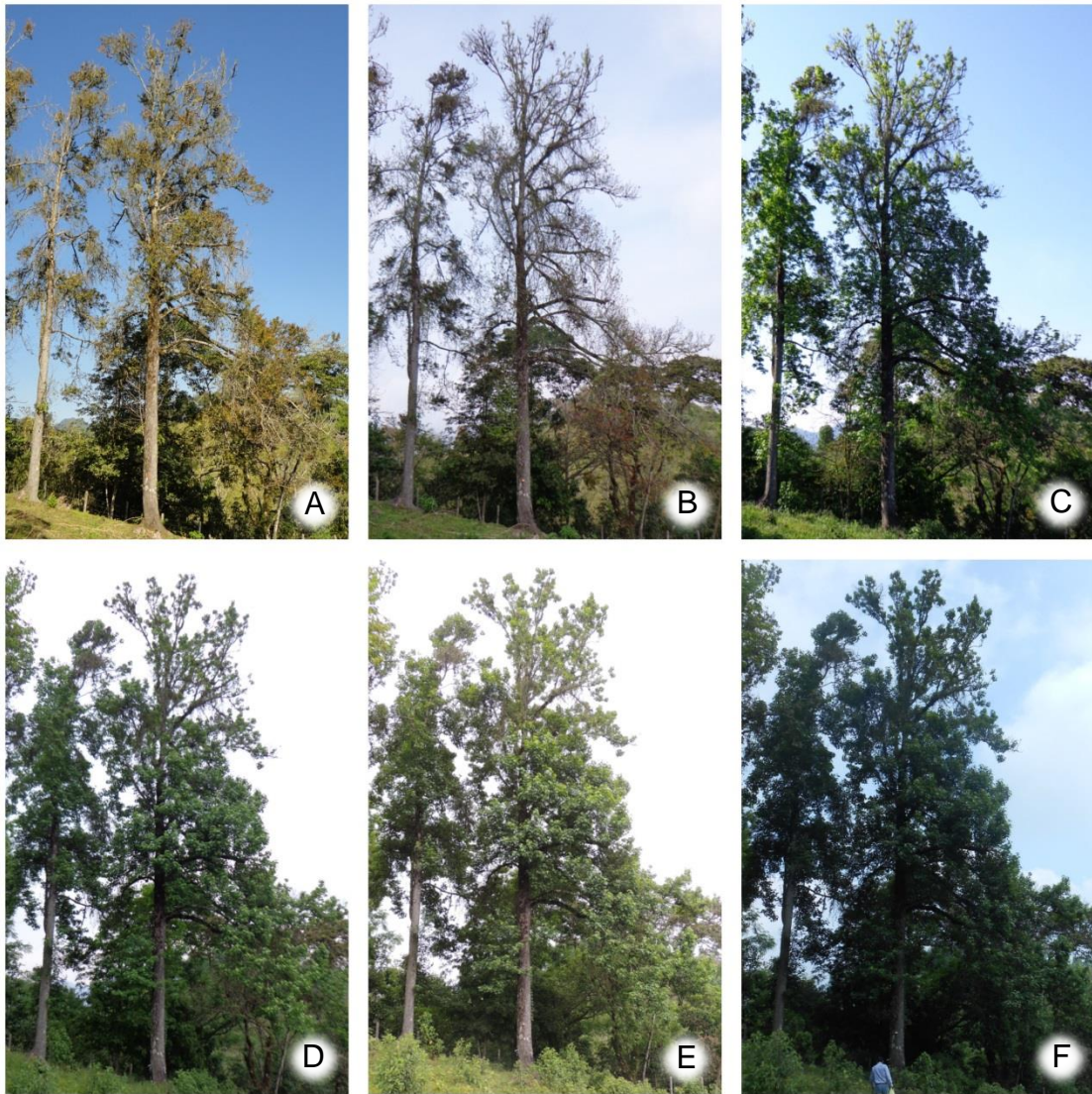


Figura 28. Árbol tratado con dosis alta de etefón, con altitud menor a 900 m, infectado con *Psittacanthus schiedeana* y *Struthanthus sp.* evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

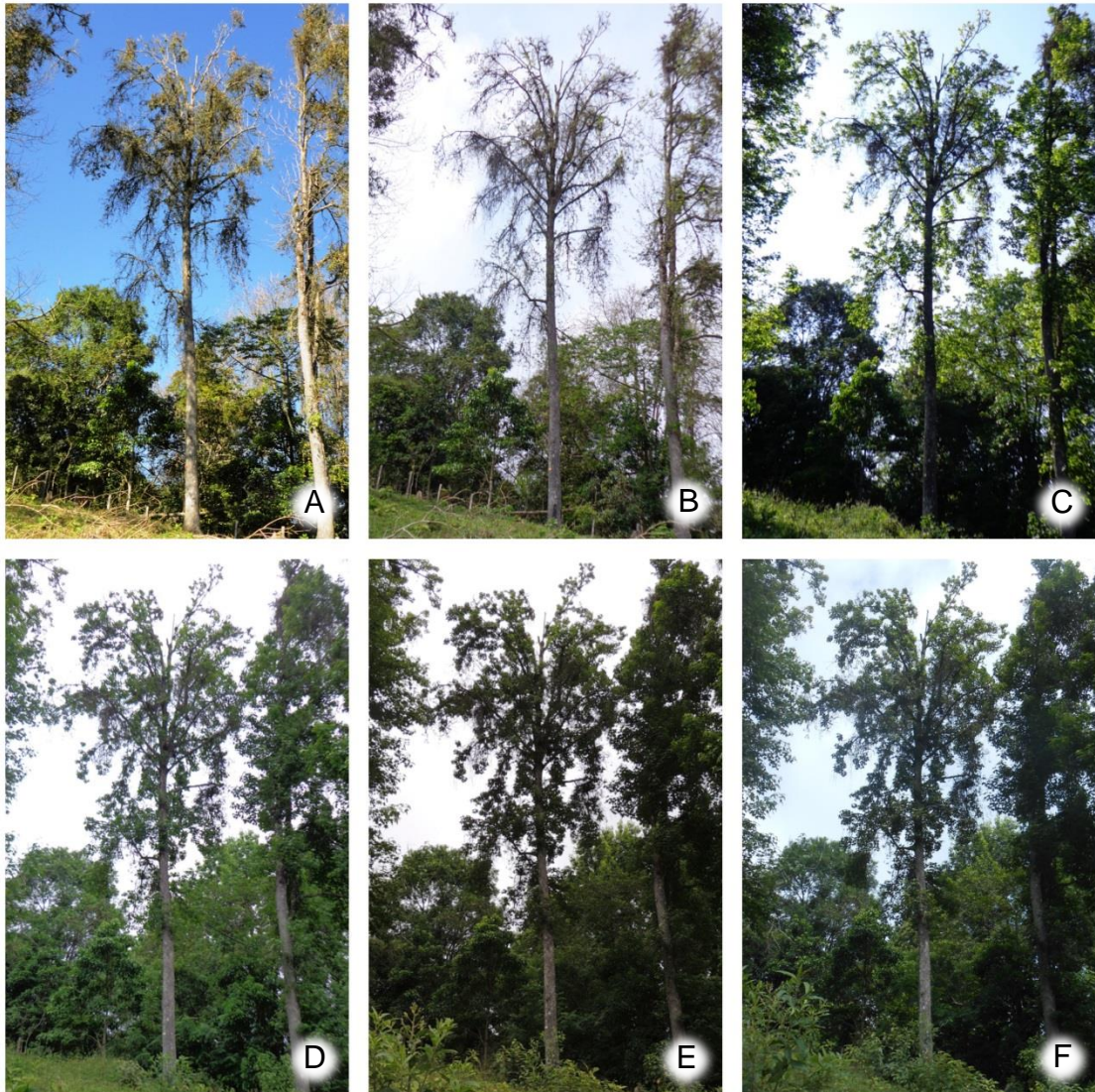


Figura 29. Árbol tratado con dosis media de etefón, con altitud menor a 900 m, infectado con *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus* sp. evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

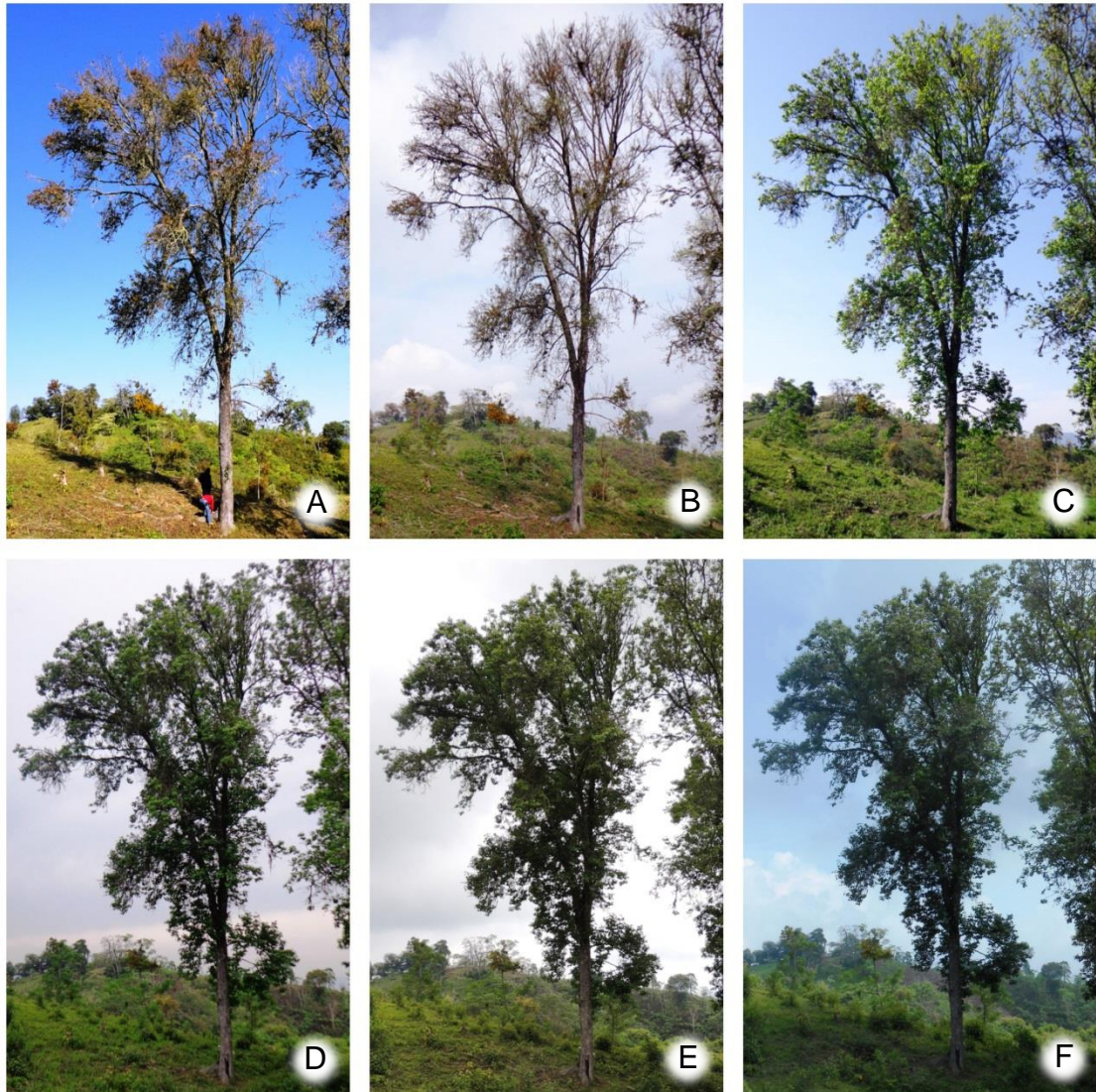


Figura 30. Árbol tratado con dosis baja de etefón, con altitud menor a 900 m, infectado con *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus* sp. evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

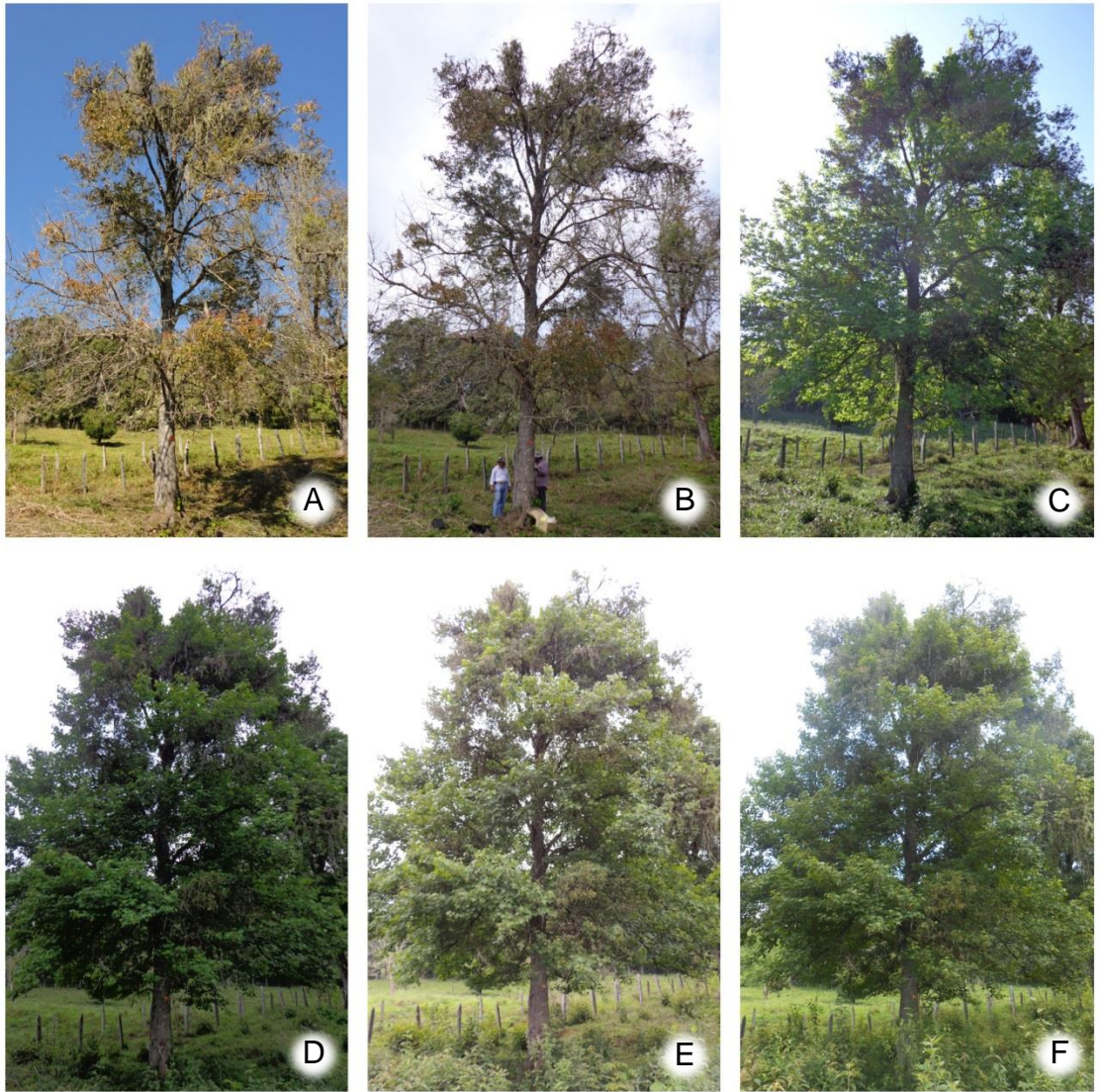


Figura 31. Árbol testigo, con altitud menor a 900 m, infectado con *Psittacanthus schiedeanus* y *Struthanthus sp.* evaluado en la fechas A) 31/01/14, B) 24/02/14, C) 29/03/14, D) 27/04/14, E) 24/05/14 y F) 14/06/14.

4.1.4. Análisis general del efecto de tratamientos en el nivel de infección por muérdago

Después de 10 días de la aplicación del tratamiento se observó defoliación y desprendimiento de flores y frutos en los muérdagos, debido a la generación de etileno inducido por el regulador de crecimiento etefón (Adams *et al.*, 1993; Coder, 2008).

Las evaluaciones realizadas indicaron que después de 24 y 30 días de la aplicación de tratamientos se presentó el cambio en el nivel de infección en la escala de Hawksworth (1977) y en general, este estado posteriormente permaneció constante hasta el final del periodo evaluado (figuras 32 y 33). Los mayores cambios se presentaron en el tercio superior de la copa de los árboles, lo que puede ser atribuido a que la parte superior de la copa del árbol se encuentra más activa.

No se observaron indicios de fitotoxicidad en los árboles de liquidámbar tratados en enero, mientras que en algunos árboles tratados en abril se observaron puntuaciones negras en las hojas. Lo anterior puede ser atribuido a que el producto se transloca a las hojas del liquidámbar y el efecto en el muérdago es menor.

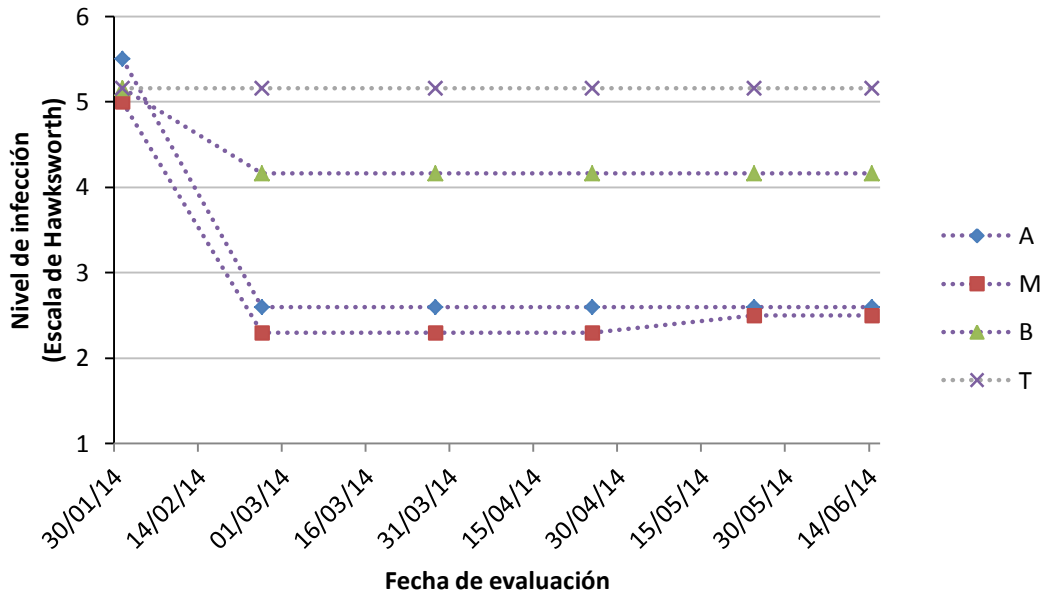


Figura 32. Respuesta en el nivel de infección por muérdago en función de la dosis aplicada de árboles tratados en enero. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos.

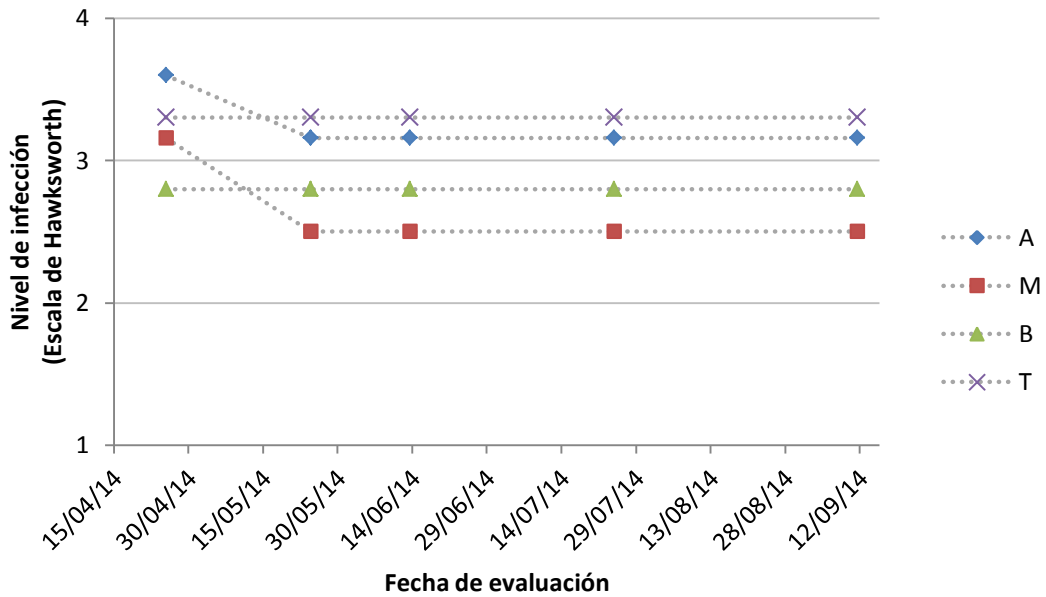


Figura 33. Respuesta en el nivel de infección por muérdago en función de la dosis aplicada de árboles tratados en abril. A es la dosis alta, M es media, B es baja y T son los testigos.

Los resultados de la última evaluación (134 y 139 días posteriores a la aplicación del tratamiento para enero y abril, respectivamente) indicaron que el regulador de crecimiento etefón aplicado mediante inyecciones sistémicas en liquidámbar mostró importante disminución de los niveles de infección por muérdago. De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 3) se desprende que el efecto por época y dosis es altamente significativo ($P < 0.0001$) en la disminución del nivel de infección de muérdago en liquidámbar, así como también la interacción entre época y dosis ($P = 0.0376$). A diferencia de lo que se esperaba, no hubo efecto significativo ($P > 0.05$) de altitud ni de la interacción de este factor con época y dosis en el nivel de infección. La interacción de los tres factores tampoco fue significativa.

Cuadro 3. Análisis de varianza de los factores en el nivel de infección por muérdago en liquidámbar

| FV | GL | SC | CM | F-Valor | Pr>F |
|----------------------------|-----------|-------------|------------|----------------|----------------|
| Dosis | 3 | 9.29549474 | 3.09849825 | 12.55 | <0.0001 |
| Época | 1 | 5.99775662 | 5.99775662 | 24.29 | <0.0001 |
| Dosis*Época | 3 | 2.34692426 | 0.78230809 | 3.17 | 0.0376 |
| Altitud | 1 | 0.06355862 | 0.06355862 | 0.26 | 0.6154 |
| Época*Altitud | 1 | 0.56566696 | 0.56566696 | 2.29 | 0.1400 |
| Altitud*Dosis | 3 | 0.47169117 | 0.15723039 | 0.64 | 0.5969 |
| Época*Altitud*Dosis | 3 | 1.51635132 | 0.50545044 | 2.05 | 0.1270 |
| Error | 32 | 7.90193744 | 0.24693555 | | |
| Total corregido | 47 | 28.15938113 | | | |

* Interacciones entre factores.

Efecto por dosis de etefón aplicado

Existieron diferencias significativas en los efectos producidos en el nivel de infección con las diferentes dosis de etefón aplicadas. De la prueba de Tukey se desprende que las dosis media y alta (2 y 3ml/cm de DN del árbol respectivamente) disminuyeron el nivel infección y este efecto fue estadísticamente mayor al de la aplicación de dosis baja y el efecto en arboles testigo ($\alpha=0.05$) (Cuadro 4). En los árboles testigo como se esperaba, no hubo disminución del nivel de infección por muérdago y la aplicación de dosis baja no fue estadísticamente diferente del testigo a pesar que sí hubo disminución en el nivel de infección. Por lo que se concluye que las mejores dosis fueron la media y alta (2 y 3ml/cm de DN, respectivamente).

Cuadro 4. Agrupamiento de medias por dosis en el cambio del nivel de infección por muérdago.

| Tukey agrupamiento* | Media | N | Dosis |
|---------------------|--------|----|-------|
| A | 1.0854 | 12 | 3 |
| A | | | |
| A | 0.9384 | 12 | 2 |
| B | 0.3455 | 12 | 1 |
| B | | | |
| B | 0.0000 | 12 | 0 |

* Diferentes letras entre tratamientos indican diferencias significativas ($p<0.05$) usando prueba de Tukey con los datos transformados.

Estos resultados son pocos comparables dado que el control de muérdago en esta especie no se ha documentado. El producto aplicado mediante inyección se ha reportado para control de *Phoradendron tomentosum* en *Juglans hindsii*

por Joyce *et al.*, (1987) con resultados poco favorables. Estos autores aplicaron 1 ml de etefón (2% de ingrediente activo (I. A.), sin embargo sus resultados indicaron que no hubo efecto en la infección del muérdago, lo cual puede ser atribuible a la baja dosis aplicada.

Por otra parte, varios autores han aplicado etefón mediante aspersion en diferentes concentraciones en plantas de muérdago que infectan árboles de latifoliadas, demostrando la eficacia del producto en el control de muérdago (Joyce *et al.*, 1987; Joyce *et al.*, 1990; Lichter *et al.*, 1991; Adams *et al.*, 1993; Perry y Elmore, 2006). Los periodos en que se ha observado la inducción de abscisión de hojas y ramillas fue entre 2 a 3 semanas después de la aplicación del producto, resultados similares a los aquí encontrados. En contraste otros autores concluyeron que la aplicación de etefón no proporciona un control aceptable de muérdago (Watson y Martínez, 2006).

La concentración usada para control de muérdago en liquidámbar fue de 19.08 % de I. A. y resultó ser efectiva en las dosis media y alta. Las concentraciones usadas para aplicación directa de etefón por aspersion han oscilado de 0.21-2.0 % de I. A. (Joyce *et al.*, 1987; Adams *et al.*, 1993) y de 2-10% (Lichter *et al.*, 1991) cuyos resultados indicaron mejor eficacia en el control de muérdago con mayores concentraciones de I. A.

Con base en el análisis de contrastes de tendencia, el contraste lineal resulta ser altamente significativo ($P < 0.0001$), lo cual quiere decir que existe evidencia

significativa de que la disminución en el nivel de infección por muérdago se incrementa linealmente con el nivel de la dosis (cuadro 5).

Cuadro 5. Contrastes para nivel de infección respecto a la dosis aplicada.

| Contraste | GL | Estimación del Contraste | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F-valor | Pr > F |
|----------------------|----|--------------------------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Tendencia lineal | 1 | 3.84901015 | 8.88892748 | 8.88892748 | 36.00 | <0.0001 |
| Tendencia cuadrática | 1 | -0.19852770 | 0.11823974 | 0.11823974 | 0.48 | 0.4939 |
| Tendencia cubica | 1 | -0.69321416 | 0.28832752 | 0.28832752 | 1.17 | 0.2880 |

Efecto por época de aplicación del tratamiento

Con respecto a la época de aplicación del tratamiento, de la prueba de Tukey se desprende que existen diferencias significativas en las medias de las dos épocas de aplicación de etefón (Cuadro 6). El efecto por aplicación en enero es estadísticamente mayor al efecto por aplicación en abril. Por lo que la mejor época de aplicación es en enero, cuando el árbol hospedante se encuentra libre de follaje y el etefón puede ser asimilado mayormente por el muérdago.

Cuadro 6. Agrupamiento de medias por época en el cambio del nivel de infección por muérdago.

| Tukey agrupamiento | Media | N | Época |
|--------------------|--------|----|-------|
| A | 0.9458 | 24 | Enero |
| B | 0.2388 | 24 | Abril |

* Diferentes letras entre tratamientos indican diferencias significativas ($p < 0.05$) usando prueba de Tukey con los datos transformados.

En este estudio, se observó poco rebrote evidente de hojas en los muérdagos tratados en invierno en 33% de arbolado. Estos rebrotes se observaron en las especies de muérdago *Phoradendron falcifer* y *Psittacanthus schiedeanus* después de cuatro meses de aplicación del producto, siendo más evidente en árboles tratados con dosis baja (1 ml de etefón/cm de DN). Por lo que se infiere que el control es temporal, especialmente en infecciones avanzadas o con niveles altos. De tal forma que es necesario continuar con investigación que considere aplicaciones repetidas del producto mediante inyecciones sistémicas lo que permitiría evaluar costos entre diversas combinaciones de dosis contra repeticiones de aplicación.

En las evaluaciones realizadas mediante aspersión se ha reportado periodos de rebrote de siete meses (Joyce *et al.*, 1987; Coder, 2008) y de 1-3 años (Mallams y Mathiasen, 2010).

Los resultados de la última evaluación indicaron que la mejor época de aplicación de tratamientos para control de muérdago fue la de enero (invierno). Los tratamientos aplicados en la etapa de dormancia del hospedante (liquidámbar) fueron efectivos en la disminución del nivel de infección, cuando el árbol hospedante se encuentra libre de follaje y el etefón puede ser asimilado mayormente por el muérdago, mientras que los tratamientos aplicados después de que liquidámbar había emitido follaje (abril) fueron inefectivos. Diversos autores han concluido que la mejor época de aplicación de productos químicos para control de diversas especies de muérdago es en invierno cuando los

árboles hospedantes están en reposo y el muérdago sigue fisiológicamente activo y puede fácilmente absorber el producto (Adams *et al.*, 1993; Mallams y Mathiasen, 2010). Otros autores han documentado que el momento ideal para aplicar el regulador del crecimiento es en primavera cuando las temperaturas comienzan a calentarse, pero antes de que el árbol empiece a emitir hojas nuevas (Perry y Elmore, 2006). En los sitios evaluados la especie de liquidámbar inicia la emisión de follaje desde febrero por lo que la mejor época de aplicación es congruentemente en invierno.

Efecto por altitud

Aparentemente los tratamientos aplicados en los sitios con altitud menor a 900 m proporcionan la cantidad promedio más alta en la disminución del nivel de infección por muérdago. Sin embargo, de la prueba de Tukey se desprende que no existen diferencias significativas entre las medias de las dos altitudes con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ (cuadro 7). Aunque fueron dos grupos de especies de muérdagos distintos.

Cuadro 7. Agrupamiento de medias por altitud en el cambio del nivel de infección por muérdago.

| Tukey agrupamiento | Media | N | Altitud |
|--------------------|--------|----|---------|
| A | 0.6287 | 24 | <900 m |
| A | 0.5559 | 24 | >1400 m |

* Diferentes letras entre tratamientos indican diferencias significativas ($p<0.05$) usando prueba de Tukey con los datos transformados.

Con base en lo anterior se infiere que el método, la dosis y época de aplicación son factores críticos para el éxito en el control de muérdago en liquidámbar. La aplicación de etefón mediante inyección resultó eficaz en la disminución del nivel de infección durante el periodo evaluado. En función del nivel de infección, las cantidades efectivas necesarias para disminuir este nivel mediante inyecciones sistémicas, podrían ser menores respecto a las necesarias aplicadas mediante aspersion (Greenham y Brown, 1957; SNEL, 2008). Lo anterior porque las inyecciones sistémicas se aplican en el tronco dentro del tejido xilemático y de esta forma son translocados hasta las partes afectadas del árbol (Rivas, 1996), con menores pérdidas de producto respecto al método de aspersion. Adicionalmente la aplicación por inyección asegura que el producto no se disperse hacia especies no objetivo, evitando implicaciones no deseadas (Adams *et al.*, 1993)

Para aumentar la efectividad en el control de muérdago se recomienda combinar este tratamiento con actividades silvícolas como poda de ramas infectadas, principalmente en la parte inferior de la copa del árbol donde el tratamiento tiene menor efectividad y derribo de árboles altamente infectados. Dado que las infecciones se presentan con mayor incidencia en bosques perturbados (Cibrián *et al.*, 2007) se recomiendan reforestaciones para aumentar la cobertura de la especie de liquidámbar.

El tratamiento aplicado mediante inyecciones sistémicas con dosis alta en invierno proporciona un nivel aceptable en el control de muérdago. Este

tratamiento requiere de equipo especializado y personal calificado y los costos de aplicación son relativamente elevados (Cuadro 8), por lo que es costo siempre debe ser considerado antes de iniciar el tratamiento. La principal ventaja de este tratamiento en liquidámbar es que además de controlar la enfermedad, fisiológicamente promueve la emisión de resina en el árbol, lo que sugiere una expectativa comercial para poseedores de poblaciones de liquidámbar.

Cuadro 8. Costo por punto de inyección

| Concepto | Costo (\$) |
|----------------------|-------------------|
| Etefón | 7.1 |
| Tree-IV (Equipo) | 10.8 |
| Válvula de inyección | 16.0 |
| Técnico | 4.2 |
| Jornales | 7.0 |
| Total | 45.05 |

4.2. Producción de resina de liquidámbar

Después de una semana de la aplicación de tratamientos sobre los árboles, se observó evidencia de la emisión de resina alrededor de los puntos de inyección, como respuesta a la herida provocada (Reitzenstein, 2007) y a la aplicación del regulador de crecimiento etefón al ser metabolizado en gas etileno dentro de los tejidos vegetales (Harsh *et al.*, 2013).

La colecta de resina se inició 25 y 30 días posteriores a la aplicación de tratamientos (Enero y abril, respectivamente). La producción acumulada de las

cosechas durante 109 días, indicó que la técnica incrementó la producción de resina en función de la dosis de etefón aplicada. La producción promedio incremento de 2.7 g en los arboles testigo a 158.64 g en arboles tratados con dosis baja, 172.10 g en arboles con dosis media y 182.01 g en árboles tratados con dosis alta. Considerando la producción total de resina, ésta se incrementa considerablemente cuando los árboles son tratados con etefón (Figura 34).

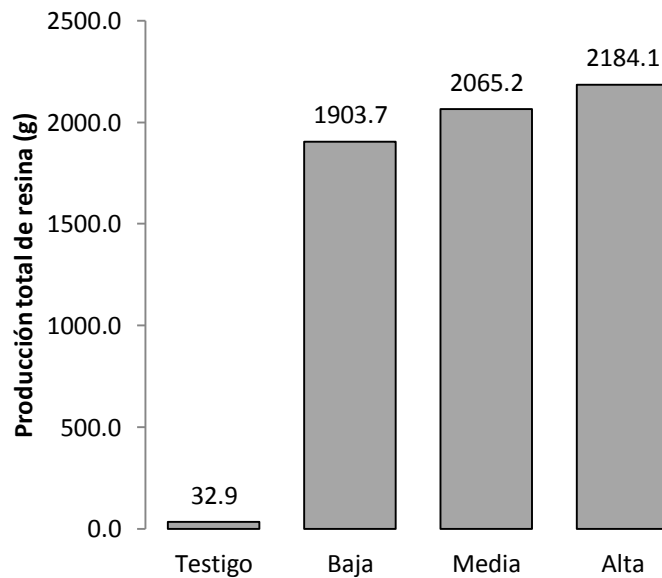


Figura 34. Producción acumulada de resina en función de la dosis de etefón

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro 9) se desprende que el efecto por dosis de etefón en la producción de resina es altamente significativo ($P=0.0076$). Se aprecia un efecto débil de la interacción dosis por altitud ($P=0.09$). No hay efectos significativos ($P>0.05$) entre las dos épocas de aplicación, altitud, ni de la interacción entre estos dos factores. La interacción de los tres factores tampoco fue significativa en la producción de resina.

Los árboles testigo produjeron una cantidad muy baja de resina (menos de 2 % respecto de los árboles con las distintas dosis) y las dosis baja, media y alta producen una cantidad estadísticamente mayor al testigo con nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Cuadro 9. Análisis de varianza de los factores en la producción de resina de liquidámbar

| FV | GL | SC | CM | F-Valor | Pr>F |
|----------------------------|-----------|--------------|------------|----------------|----------------|
| Dosis | 3 | 257837.2064 | 85945.7355 | 4.74 | 0.0076 |
| Época | 1 | 611.7552 | 611.7552 | 0.03 | 0.8554 |
| Dosis *Época | 3 | 59735.0813 | 19911.6938 | 1.10 | 0.3638 |
| Altitud | 1 | 19724.3317 | 19724.3317 | 1.09 | 0.3045 |
| Época*Altitud | 1 | 35171.5096 | 35171.5096 | 1.94 | 0.1731 |
| Altitud*Dosis | 3 | 127881.9046 | 42627.3015 | 2.35 | 0.0906 |
| Época*Altitud*Dosis | 3 | 14571.8183 | 4857.2728 | 0.27 | 0.8479 |
| Error | 32 | 579676.5710 | | | |
| Total corregido | 47 | 1095210.1780 | | | |

* Interacciones entre factores.

La dosis alta parece proporcionar la cantidad promedio más alta de producción de resina. Sin embargo con base en la prueba de Tukey, no existen diferencias significativas en las medias de las dosis baja, media y alta, con nivel de significancia $\alpha = 0.05$ por lo que se puede afirmar que las tres dosis son igualmente efectivas para estimular la producción de resina (Cuadro 10).

Estos resultados son poco comparables ya que en la literatura especializada no se tienen registros de la producción de resina mediante aplicación de estimulantes químicos en liquidámbar. La producción de resina en liquidámbar de forma tradicional se ha reportado en promedio de 1-2 libras de resina (454-

907 g) por cosecha por árbol en Honduras con un promedio de 6 cosechas por año (Reitzenstein, 2007). Estos valores son muy superiores a la producción aquí encontrada, sin embargo la cosecha en Honduras se realiza con grandes lesiones al tallo del árbol y en el periodo de lluvias por lo que la concentración de componentes del *Styrax* podría cambiar.

Cuadro 10. Agrupamiento de medias por dosis en la producción de resina de liquidámbar.

| Tukey agrupamiento | Media | N | Dosis |
|---------------------------|--------------|----------|--------------|
| A | 182.01 | 12 | alta |
| A | | | |
| A | 172.10 | 12 | media |
| A | | | |
| A | 158.64 | 12 | Baja |
| B | 2.74 | 12 | 0 |

* Diferentes letras entre tratamientos indican diferencias significativas ($p < 0.05$) usando prueba de Tukey.

La técnica de etefón por inyecciones sistémicas se ha aplicado en *Acacia senegal* (L.) Willd para la extracción de goma arábiga por Bhatt y Ram, (1990) y Harsh *et al.*, (2013) cuyos resultados fueron positivos en cuanto a la producción de goma y los mejores rendimientos se obtuvieron con dosis altas.

El etefón también ha sido aplicado a otras especies mediante distintas técnicas para estimular producción de exudados en coníferas (Garrido, 1983; McReynolds y Kossuth, 1984); en *Prunus pérsica* (Li *et al.*, 2014) con resultados positivos. Se ha reportado que el tratamiento con etefón en la corteza de

caucho aumenta el rendimiento de látex de 1,5-2 veces en el árbol (Coupé y Chrestin, 1989; Pujade-Renaud *et al.*, 1994).

Fue interesante notar que un árbol cuyo tratamiento aplicado con dosis de etefón alta (3 ml/cm de DN del árbol) no produjo resina. Lo anterior puede ser atribuido al bajo vigor del árbol causado por la alta infección de muérdago (fue clase 6) y a la edad sobremadura del mismo. El volumen de resina que se cosecha por árbol depende entre otros factores de la edad, vitalidad, tamaño del árbol (Reitzenstein, 2007), además del tamaño y número de las caras de resinación.

Con base en los tres contrastes de tendencia, el contraste lineal resulta ser altamente significativo ($P=0.0033$), lo cual quiere decir que existe evidencia significativa de que la producción de resina se incrementa linealmente con el nivel de dosis. No obstante, note que el contraste de tendencia cuadrática manifiesta una significancia débil ($P=0.0694$) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Contrastes para producción de resina respecto a la dosis aplicada.

| Contraste | g | Estimación del contraste | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F-valor | Pr > F |
|-----------------------------|----------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|------------------|
| Tendencia lineal | 1 | 551.251667 | 182327.0400 | 182327.0400 | 10.07 | 0.0033 |
| Tendencia cuadrática | 1 | -145.990000 | 63939.2403 | 63939.2403 | 3.53 | 0.0694 |
| Tendencia cubica | 1 | 138.870000 | 11570.9261 | 11570.9261 | 0.64 | 0.4301 |

Respecto a la época de aplicación de los tratamientos, aparentemente la aplicación del producto en enero parece proporcionar la cantidad promedio más

alta de producción de resina. Sin embargo, la prueba de Tukey de comparación de medias indica que no existen diferencias significativas entre las medias de las dos épocas (enero y abril) con nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (cuadro 12).

Cuadro 12. Agrupamiento de medias por época en la producción de resina de liquidámbar.

| Tukey agrupamiento | Media | N | Época |
|--------------------|--------|----|-------|
| A | 132.44 | 24 | Enero |
| A | | | |
| A | 125.30 | 24 | Abril |

* Diferentes letras entre tratamientos indican diferencias significativas ($p < 0.05$) usando prueba de Tukey.

Aparentemente los tratamientos aplicados en los sitios con altitud menor a 900 m proporcionan la mayor cantidad promedio en la producción de resina. Sin embargo, de la prueba de Tukey se desprende que no existen diferencias significativas entre las medias de las dos altitudes con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (cuadro 13).

Cuadro 13. Agrupamiento de medias por altitud en la producción de resina de liquidámbar.

| Tukey agrupamiento | Media | N | Altitud |
|--------------------|--------|----|----------|
| A | 149.14 | 24 | < 900 m |
| A | | | |
| A | 108.60 | 24 | > 1400 m |

* Diferentes letras entre tratamientos indican diferencias significativas ($p < 0.05$) usando prueba de Tukey.

La producción de resina se incrementó considerablemente con la aplicación de etefón mediante inyecciones sistémicas con las diferentes dosis. EL análisis estadístico indica que las tres dosis son igualmente efectivas, sin embargo considerando la efectividad de las dosis en el control de muérdago se puede sugerir que la mejor dosis es la alta. La producción de resina se incrementó de 2.7 g promedio en árboles testigo a 182.0 g por árbol cuando estos fueron tratados con dosis alta (3 ml de etefón/cm de DN).

Estos resultados son una importante contribución en el desarrollo de métodos alternativos para la extracción de resina, sin embargo es necesario continuar con investigación para mejorar la técnica y sobre la comparación mediante análisis económico respecto del método tradicional realizado en Honduras.

V. CONCLUSIONES

5.1. Control de muérdago verdadero en liquidámbar

Se identificaron tres especies de muérdago en liquidámbar: *Phoradendron falcifer*, *Psittacanthus schiedeanus*, y *Struthanthus sp.* La primera especie se presentó en una altitud superior a 1400 m. mientras *Psittacanthus schiedeanus*, y *Struthanthus sp* se encontraron en sitios debajo de 900 msnm.

Las mejores dosis de etefón aplicadas mediante inyecciones sistémicas para control de muérdago verdadero (*Phoradendron falcifer*, *Psittacanthus schiedeanus*,) en liquidámbar fueron la media y alta (2 y 3 ml de etefón/cm de DN, respectivamente). Sin embargo, se recomienda dosis alta toda vez que los rebrotes fueron poco evidentes con este tratamiento. En contraste, la dosis baja generó rebrotes mayormente evidentes

Los resultados indicaron que la mejor época de aplicación de tratamiento para disminución del nivel de infección fue la de enero (invierno); etapa de dormancia del hospedante cuando el etefón puede ser asimilado mayormente por el muérdago.

El etefón tuvo una efectividad similar en las distintas altitudes en las especies *Phoradendron falcifer* y *Psittacanthus schiedeanus*. Mientras que el efecto en *Struthanthus sp.* no fue evidente.

5.2. Producción de resina de liquidámbar

El etefón aplicado mediante inyecciones sistémicas en liquidámbar estimula la producción de resina lo que garantiza que la técnica es eficaz para incrementar la producción.

De acuerdo al análisis estadístico todas las dosis fueron igualmente efectivas. La producción de resina se incrementó de 2.7 g promedio en árboles testigo a 182.0 g por árbol cuando estos fueron tratados con dosis de etefón alta (3 ml de etefón/cm de DN del árbol de liquidámbar).

El etefón tuvo una efectividad similar en las distintas altitudes y épocas de aplicación en la producción de resina.

La técnica de extracción propuesta genera lesiones de menor tamaño respecto del método tradicional, por lo que se considera menos agresiva. Sin embargo, es necesario realizar estudios sobre periodos de compartimentación en liquidámbar por el efecto del etefón sobre las lesiones provocadas para la extracción de resina y sobre análisis económico de esta técnica respecto al método tradicional de Honduras.

VI. LITERATURA CITADA

- Adams, D. H., S. J. Frankel and J. M. Lichter. 1993. Considerations when using ethephon for suppressing dwarf mistletoe and leafy mistletoe infestations in ornamental landscapes. *Journal of Arboriculture* 19(6): 351-357.
- Aguilar L., M., A. E. Rojas M., C. Cornejo L., V. D. Vite S. y Y. R. Ruano E. 2013. Lista taxonómica y estructura del ensamblaje de los mamíferos terrestres del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Mastozoología Neotropical* 20(2): 229-242.
- Alcántara A., O., e I. Luna V. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana* 54: 51-87.
- Álvarez Z., E., A. Sánchez G., L. López M. y J. D. Tejero D. 2012. Composición y abundancia de las pteridofitas en el bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 90(2): 163-177.
- Arriaga C., L., V. Aguilar y J. M. Espinoza. 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. *In: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio.* Conabio, México, pp. 433-457.
- Arruda, R., R. Ferreira F., L. Nobre C., K. Del-Claro, F. Alves M., C. M. Jacobi, G. Sales T., E. Berg, C. Simões C. and G. Aline D. 2012. Ecology of

- neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of Brazilian ecosystems. *Acta Botanica Brasilica* 26(2): 264-274.
- Aukema, J. E. and C. Martínez del Río. 2002. Where does a fruit-eating bird deposit mistletoe seeds? Seed deposition patterns and an experiment. *Ecology* 83(12): 3489-3496.
- Bhatt, J. R. and H. Y. M. Ram. 1990. Ethephon-induced gum production in *Acacia Senegal* and its potential value in the semi-arid regions of India. *Current Science* 59(23): 1247-1250.
- Cameron, D. D., J. M. Geniez, W. E. Seel and L. J. Irving. 2008. Suppression of Host Photosynthesis by the Parasitic Plant *Rhinanthus minor*. *Annals of Botany* 101: 573-578.
- Chalchat, J. C., R. P. Garry and J. P. Mathieu. 1994. Composition of the Volatile Fraction from Honduras *Styrax*, *Liquidambar styraciflua* L. *Journal of Essential Oil Research* 6(1): 73-75.
- Chávez G., H. 2005. Fundamentos para el manejo de *Phoradendron falcatum* (schledlt. & cham.) trel., en el municipio de Chapulhuacán, Hidalgo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México. 38 p.
- Cibrián T., D. y D. Alvarado R. 2007. Angiospermas parásitas como agentes causales de enfermedad en árboles. *In: Enfermedades Forestales en México*. Cibrián T., D., D. Alvarado R. y S. E. García D. (Eds.). Universidad Autónoma Chapingo y Comisión Nacional Forestal, México. pp. 355-441.
- Cibrián T., D. y V. D. Cibrián LI. 2011. Distribución y propuesta de manejo integrado de los muérdagos en el bosque mesófilo de montaña de la

- sierra alta del Estado de Hidalgo. Informe. Fundación Hidalgo PRODUCE. Universidad Autónoma Chapingo. México. 55 p.
- Cibrián T., D., S. D. Koch e I. Vázquez C. 2007. Angiospermas parásitas como agentes causales de enfermedad en árboles. *In: Enfermedades Forestales en México.* Cibrián T., D., D. Alvarado R. y S. E. García D. (Eds.). Universidad Autónoma Chapingo y Comisión Nacional Forestal, México. pp. 355-441.
- Coder, K. D. 2008. American Mistletoe (*Phoradendron serotinum* var. *serotinum*) Infection In Trees. Warnell. University of Georgia. Athens, GA. 37 p.
- CONABIO. 2010. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 197 p.
- CONAFOR. 2010. Manual de sanidad forestal. Semarnat. Jalisco, México. 76 p.
- Cordero, J., F. Mesén, M. Montero, J. Stewart, D. Boshier, J. Chamberlain, T. Pennington, M. Hands, C. Hughes y G. Detlefsen. 2003. Descripción de especies de árboles nativos de América Central. *In: Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas.* Cordero, J. & D. Boshier (Eds.). Bib. Orton IICA / CATIE. Costa Rica. pp. 313-960.
- Coupé, M. and H. Chrestin. 1989. Physico-chemical and biochemical mechanisms of hormonal (ethylene) stimulation. *In: Physiology of rubber tree latex.* Auzac J. D., J. L. Jacob and H. Chrestin (eds.). CRC Press. Boca Raton Florida. pp. 295-319.

- El-Beltagy, A. S. and M. A. Hall. 1974. Effect of water stress upon endogenous ethylene levels in *Vicia faba*. *New Phytologist* 73(1): 47-60.
- El-Readi, M. Z., H. H. Eid, M. L. Ashour, S. Y. Eid, R. M. Labib, F. Sporer and M. Wink. 2013. Variations of the chemical composition and bioactivity of essential oils from leaves and stems of *Liquidambar styraciflua* (Altingiaceae). *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 65: 1653-1663.
- FAO. 1995. Gums, resins and latexes of plant origin. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 19 p.
- FAO. 2007. Overview of forest pests. Mexico. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 25 p.
- Fernández, X., L. Lizzani-Cuvelier, A. M. Loiseau, C. Perichet, C. Delbecque and J. F. Arnaudo. 2005. Chemical composition of the essential oils from Turkish and Honduras styrax. *Flavour and Fragrance Journal* 20: 70-73.
- Flora Mesoamericana. 2002. Flora Mesoamericana, Missouri Botanical Garden, Universidad Nacional Autónoma de Mexico and The Natural History Museum of London. (Disponible en: <http://www.mobot.org/MOBOT/fm/welcome.html>, consultado en dic. 2014).
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Quinta Edición. México. 90 p.
- Garrido, M. A. O. 1983. Pesquisa sobre resinagem no Instituto Florestal. *Silvicultura* 8: 43-45.

- Geils, B. W. and I. Vázquez C. 2002. Loranthaceae and Viscaceae in North America. *In: Mistletoes of North American Conifers*. Geils, B. W., J. Cibrián T. and B. Moody (tech. coords.). Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado, U.S. pp. 1-8.
- Geils, B. W., D. Wiens and F. G. Hawksworth. 2002. Phoradendron in Mexico and the United States. *In: Mistletoes of North American Conifers*. Geils, B. W., J. Cibrián T. and B. Moody (tech. coords.). Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado, U.S. pp. 19-28.
- Glatzel, G. and B.W. Geils. 2009. Mistletoe ecophysiology: host-parasite interactions. *Botany* 87: 10-15.
- Gómez S., M., L. J. Sánchez F. y L. A. Salazar O. 2011. Anatomía de especies mexicanas de los géneros Phoradendron y Psittacanthus, endémicos del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1203-1218.
- Graser, H. L. 1952. A progress report on mistletoe control in walnuts. *Fruit Grower*. 6: 23-24.
- Greenham, C. G. and A. G. Brown. 1957. The control of mistletoe by trunk injection. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 23: 308-317.
- Grewell B., J. 2008. Parasite facilitates plant species coexistence in a coastal wetland. *Ecology* 89(6): 1481-1488.
- Hall, M. A. and A. R. Smith. 1995. Ethylene and the responses of plants to stress. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 21: 71-79.

- Harsh, L. N., J. C. Tewari, H. A. Khan and Moola Ram. 2013. Ethephon-induced gum Arabic exudation technique and its sustainability in arid and semi-arid regions of India. *Forests, Trees and Livelihoods* 22(3): 204-211.
- Hawksworth, F. G. 1983. Mistletoes as forest parasites. *In: The Biology of Mistletoes*. Calder M. D. and P. Bernhardt (eds.) Academic Press, San Diego, CA. Pp. 317-334.
- Hawksworth, F. G., and D. Wiens. 1996. Dwarf mistletoes: Biology, pathology, and systematics. Dept. of Agriculture, Forest Service. Washington, D.C. 410 p.
- Hawksworth, F.G. 1977. The 6-class dwarf mistleto rating system. Dept. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, CO: U.S. 7 p.
- Hernández C, L.V. 1991. Los muérdagos (Loranthaceae) de la región central del Estado de Tlaxcala. Publ. 4. Tizatlán, Tlaxcala: Jardín Botánico de Tizatlán. 38 p.
- Hovaneissian, M., P. Archier, C. Mathe, G. Culioli and C. Viellescazes. 2008. Analytical investigation of styrax and benzoin balsams by HPLC-PAD-fluorimetry and GC-MS. *Phytochemical Analysis* 19: 301-310.
- Huang, Y., P. W. Fritsch and S. Shi. 2003. A Revision of the Imbricate Group of *Styrax* Series *Cyrta* (Styracaceae) in Asia. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 90(4): 491-553.
- Ickert-Bond, S. M. and J. Wen. 2013. A taxonomic synopsis of Altingiaceae with nine new combinations. *PhytoKeys* 31: 21-61.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004a. Subprovincias fisiográficas. Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Escala 1:1'000,000. Serie I. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004b. Sistema de topoformas. Conjunto de Datos Vectoriales Fisiográficos. Escala 1:1'000,000. Serie I. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004c. Suelos. Conjunto de datos Vectoriales Edafológicos. Escala 1:1 000,000. Serie I. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2004d. Climas. Conjunto de Datos Vectoriales de Unidades Climáticas. Escala 1:1 000,000. Serie I. Aguascalientes, México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Cuencas hidrográficas. Conjunto de Datos Vectoriales de Red Hidrográfica. Escala 1:1 000,000. Serie I. Aguascalientes, México.
- Johnson, D. W. 1992. Effects of application rate and timing of ethephon treatments on abscission of ponderosa pine dwarf mistletoe 4 years following treatment. Renewable Resources, Forest Pest Management, Rocky Mountain Region, USDA Forest Service. 18 p.
- Johnson, R. L. 1985. Sweetgum An American Wood. United States Department of Agriculture. FS-266. pp. 2-7.
- Joyce, D. C., K. Rein, A. M. Berry and M. S. Reid. 1987. Control of broadleaf mistletoe (*Phoradendron tomentosum*) with dormant season Ethephon sprays. Acta Horticulturae 201: 141-144.

- Joyce, D.C., M. S. Reid and R. Y. Evans. 1990. Silver Thiosulfate Prevents Ethylene induced Abscission in Holly and Mistletoe. *HortScience* 25(1):90-92.
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. F. Stevens and M. J. Donoghue. 2008. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. Third Edition. W. H. Freeman. Universidad de Michigan. 565 p.
- Kartal, S. N., E. Terzi, T. Yoshimura, R. Arango, C. A. Clausen and F. Green III. 2012. Preliminary evaluation of storax and its constituents: Fungal decay, mold and termite resistance. *International Biodeterioration & Biodegradation* 70: 47-54.
- Khare, C. P. 2007. *Indian Medicinal Plants: An Illustrated Dictionary*. Berlin: Springer. New York. 812 p.
- Kormanik, P. P. 1990. *Liquidambar styraciflua* L. *In: Silvics of North America: 2. Hardwoods*. Burns, R. M. and B. H. Honkala (tech. coords). US Department of Agriculture, Washington, DC. 877 p.
- Kuijt, J. 2003. *Monograph of Phoradendron (Viscaceae)*. American Society of Plant Taxonomists-Systematic botany monographs; v. 66, Michigan. 643 p.
- Li, Z., W. Zhu, Y. C. Fan, J. L. Ye and G. H. Li. 2014. Effects of pre- and post-treatment with ethephon on gum formation of peach gummosis caused by *Lasiodiplodia theobromae*. *Plant Pathology* 63: 1306-1315.
- Lichter, J. M., M. S. Reid and A. M. Berry. 1991. New methods for control of leafy mistletoe (*Phoradendron spp.*) on landscape trees. *Journal of Arboriculture* 17(5): 127-130.

- López B., L., J. F. Ornelas and J. G. García-Franco. 2002. Mistletoe infection of trees located at fragmented forest edges in the cloud forests of Central Veracruz, Mexico. *Forest Ecology and Management* 164: 293-302.
- Luna V, I., S. Ocegueda C. y O. Alcántara A. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 65(1): 31-62.
- Mallams, K. M. and R. L. Mathiasen. 2010. Mistletoes on Hardwoods in the United States. *Forest Insect & Disease Leaflet* 147(10): 1-12.
- Marchal V., D. 2009. El muérdago en la Ciudad de México. *ArbolAMA* 2: 10-30.
- Mathew, D. and P. V. Habeeburrahman. 2012. Base banding technique for the management of mistletoes (*Loranthus falcatus* L. f. and *L. utui* Molina) from perennial fruit trees. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 1: 1-10.
- Mathiasen, R. L., D. L. Nickrent, D. C. Shaw and D. M. Watson. 2008. Mistletoes: Pathology, Systematics, Ecology, and Management. *Plant Disease* 92(7): 988-1006.
- McReynolds, R. D. and S. V. Kossuth. 1984. CEPA in Sulfuric Acid Paste Increases Oleoresin Yields. *Southern Journal of Applied Forestry* 8(3): 168-172.
- Medel, R. 2000. Assessment of parasite-mediated selection in a host-parasite system in plants. *Ecology* 81(6): 1554-1564.

- Minko, G., and P. C. Fagg. 1989. Control of some mistletoe species on eucalypts by trunk injection with herbicides. *Australian Forestry* 52: 94-102.
- Monterroso R., A. I., J. D. Gómez D. y J. A. Tinoco R. 2013. Bosque mesófilo de montaña y escenarios de cambio climático: una evaluación en Hidalgo, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(1): 29-43.
- Morris, A. B., S. M. Ickert-Bond, D. B. Brunson, D. E. Soltis and P. S. Soltis. 2008. Phylogeographical structure and temporal complexity in American sweetgum (*Liquidambar styraciflua*; Altingiaceae). *Molecular Ecology* 17: 3889-3900.
- Oliva R., H., I. Landero T. y J. Murguía G. 2011. Plantas parásitas: diversidad y hospederos de las familias Loranthaceae y Viscaceae. *In: La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México. Pp. 149-157*
- Olsen, M. W. 2003. True mistletoes. The University of Arizona. Tucson, Arizona. 3 p.
- Ortega E., F. y G. Castillo C. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43: 32-39.
- Pennington, T. D. y Sarukhan J. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para identificación de las principales especies. Segunda edición.

- Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 521 p.
- Perry, E. J. and C. L. Elmore. 2006. Mistletoe: Integrated Pest Management for Home Gardeners and Landscape Professionals. University of California, Davis, CA. 3 p.
- Pigg, K. B., S. M. Ickert-Bond and J. Wen. 2004. Anatomically preserved liquidambar (Altingiaceae) from the middle Miocene of Yakima Canyon, Washington state, USA, and its biogeographic implications. *American Journal of Botany* 91(3): 499-509.
- Ponce V., A., I. Luna V., O. Alcántara A. y C. A. Ruiz J. 2006. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 177-190.
- Pujade-Renaud, V., A. Clement, C. Perrot-Rechenmann, J. C. Prevôt, H. Chrestin, J. L. Jacob and J. Cuern. 1994. Ethylene-Induced Increase in Glutamine Synthetase Activity and mRNA Levels in *Hevea brasiliensis* Latex Cells. *Plant Physiology* 105: 127-132.
- Rasgado B., F. A. 2014. Caracterización fitoquímica de la resina de *Liquidambar styraciflua* L. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. 108 p.
- Reid, M. S. 1985. Ethylene and Abscission. *HortScience* 20(1): 45-50.
- Reitzenstein, E. V. 2007. El ámbar líquido de Honduras. Análisis de la Cadena Productiva de la Resina de Liquidambar (*Liquidambar styraciflua*) desde las Comunidades Rurales hasta los Mercados de Exportación. DED, Tegucigalpa, Honduras. 14 p.

- Rist, L., R. U. Shaanker, E. J. Milner-Gulland and J. Ghazoul. 2008. Managing mistletoes: The value of local practices for a non-timber forest resource. *Forest Ecology and Management* 255: 1684-1691.
- Rivas T., D. 1996. Inyecciones sistémicas en los árboles. Universidad Autónoma Chapingo, Mexico. 15 p.
- Ruiz S., E. and J. F. Ornelas. 2014. Phylogeography of *Liquidambar styraciflua* (Altingiaceae) in Mesoamerica: survivors of a Neogene widespread temperate forest (or cloud forest) in North America? *Ecology and Evolution* 4(4): 311-328.
- Rzedowski, J y G. Calderón R. 2011. Principales hospederos y algunos otros datos ecológicos de las especies de Viscaceae en el Estado de Querétaro. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro, Michoacán. 5 P.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT® 9.3. User's Guide. Cary, NC. SAS Institute Inc.
- SCCP. 2005. Opinion on *Liquidambar spp.* Balsam Extracts and Oils (Storax). Scientific Committee on Consumer Products. 18 p.
- Shamoun, S. F., and Dewald, L. E. 2002. Management strategies for dwarf mistletoes: Biological, chemical, and genetic approaches. *In:*

- Mistletoes of North American Conifers. Geils, B. W., J. Cibrián T. and B. Moody (tech. coords.). Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado, U.S. pp 75-82.
- SNEL (Southern New England Landcare). 2008. Methods to manage mistletoe. Armidale NSW. 18 p.
- Sosa, M. M. y S. G. Tressen. 2002. Las plantas parásitas. *In*: Flora del Iberá. Arbo, M. M. y S. G. Tressen (eds.). Editorial Eudene. Corrientes, Argentina. P. 167-178.
- Thomas, J. L. 1961. Liquidambar. Bulletin of popular information of the Arnold Arboretum, Harvard University. *American forests* 21(10): 59-64.
- Vázquez C., I. and B. W. Geils. 2002. *Psittacanthus* in Mexico. *In*: Mistletoes of North American Conifers. Geils, B. W., J. Cibrián T. and B. Moody (tech. coords.). Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, Colorado, U.S. pp. 9-17.
- Vázquez C., I., A. Villa R. y S. Madrigal H. 2006. Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Inifap. Uruapan, Michoacán. 93 p.
- Vázquez C., I., R. Pérez Ch. y R. Pérez Ch. 1986. Control químico del muérdago verdadero (*Psittacanthus* sp.) en la Sierra Purepécha (Meseta Tarasca). *Ciencia Forestal en México* 11 (59): 106-126.
- Villavicencio N., M. A. y B. E. Pérez E. 2005. Guía de la Flora Útil de la Huasteca y la Zona Otomí-Tepehua, Hidalgo I. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca. 171 p.

- Watling, J. R. and M. C. Press. 2001. Impacts of Infection by Parasitic Angiosperms on Host Photosynthesis. *Plant biology* 3: 244-250.
- Watson, D. M. 2001. Mistletoe-a keystone resource in forests and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32:219-249.
- Watson, D. M. 2009. Parasitic plants as facilitators: more Dryad than Dracula?. *Journal of Ecology* 97: 1151-1159.
- Watson, W. T. and T. Martinez T. 2006. Strategies and Treatments for Leafy Mistletoe (*Phoradendron tomentosum* [DC.] Engelm ex. Gray) Suppression on Cedar Elm (*Ulmus crassifolia* Nutt.). *Arboriculture & Urban Forestry* 32(6): 265-270.
- Wood, B. W. and C. C. Reilly. 2004. Control of Mistletoe in Pecan Trees. *HortScience* 39(1): 110-114.
- Woolf, A. B. 1992. Ethephon, Ethylene and Abscission Physiology of Camellia. Doctoral thesis. Massey University, Palmerston North. New Zealand. 190 p.
- Wyllie, S. G. and Brophy, J. J. 1989. The leaf oil of *Liquidambar styraciflua*. *Planta Medica* 55(3): 316-317.

VII ANEXOS

Cuadro 14. Evaluación del nivel de infección de sitio tratado en enero, ubicado a una altitud de 1490 m

| Árbol | Dosis | Calificación | | | N. I | | | Calificación | | | N. I | | | Calificación | | | N. I | | | Calificación | | | N. I | | |
|-------|-------|--------------|----|---|--------|---|----|--------------|--------|---|------|---|--------|--------------|----|---|--------|---|----|--------------|--------|---|------|---|--------|
| | | S | Me | I | 31-ene | S | Me | I | 25-feb | S | Me | I | 28-mar | S | Me | I | 25-abr | S | Me | I | 24-may | S | Me | I | 14-jun |
| 1 | A | 2 | 2 | 2 | 6 | 0 | 2 | 2 | 4 | 0 | 2 | 2 | 4 | 0 | 2 | 2 | 4 | 0 | 2 | 2 | 4 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 2 | T | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 3 | B | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 |
| 4 | A | 2 | 2 | 2 | 6 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 5 | T | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 6 | T | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 7 | M | 2 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 8 | A | 2 | 2 | 1 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 9 | B | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 |
| 10 | M | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 11 | M | 1 | 2 | 2 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 12 | B | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |

B = 1 ml de etefón por cm de DN, M = 2 ml de etefón por cm de DN, A = 3 ml de etefón por cm de DN, T = Árbol testigo, N. I. = Nivel de infección, S = Calificación de tercio superior de copa, Me = Calificación de tercio medio de copa, I = Calificación de tercio inferior de copa.

Cuadro 15. Evaluación del nivel de infección de sitio tratado en enero, ubicado a una altitud de 830 m

| Árbol | Dosis | Calificación | | | N. I. 31-ene | Calificación | | | N. I. 25-feb | Calificación | | | N. I. 28-mar | Calificación | | | N. I. 25-abr | Calificación | | | N. I. 24-may | Calificación | | | N. I. 14-jun |
|-------|-------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|
| | | S | Me | I | | S | Me | I | | S | Me | I | | S | Me | I | | S | Me | I | | S | Me | I | |
| 1 | B | 2 | 2 | 2 | 6 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 2 | A | 2 | 2 | 2 | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 3 | M | 2 | 2 | 2 | 6 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 4 |
| 4 | T | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 5 | A | 2 | 2 | 2 | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 6 | B | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 7 | M | 2 | 2 | 2 | 6 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 8 | T | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 9 | B | 2 | 2 | 1 | 5 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 10 | T | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 2 | 1 | 5 |
| 11 | A | 1 | 2 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 12 | M | 1 | 2 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

B = 1 ml de etefón por cm de DN, M = 2 ml de etefón por cm de DN, A = 3 ml de etefón por cm de DN, T = Árbol testigo, N. I. = Nivel de infección, S = Calificación de tercio superior de copa, Me = Calificación de tercio medio de copa, I = Calificación de tercio inferior de copa.

Cuadro 16. Evaluación del nivel de infección de sitio tratado en abril, ubicado a una altitud de 1486 m

| Árbol | Dosis | Calificación | | | N. I. 25-abr | Calificación | | | N. I. 24-may | Calificación | | | N. I. 14-jun | Calificación | | | N. I. 24-jul | Calificación | | | N. I. 11-sep |
|-------|-------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|---|---|-----------------|
| | | S | Me | I | | S | Me | I | | S | Me | I | | S | Me | I | | | | | |
| 1 | M | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | A | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 3 | B | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 4 | T | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 5 | T | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 6 | A | 2 | 1 | 2 | 5 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 |
| 7 | B | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 8 | B | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 9 | T | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 10 | M | 2 | 2 | 2 | 6 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 11 | A | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 | 2 | 2 | 2 | 6 |
| 12 | M | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 |

B = 1 ml de etefón por cm de DN, M = 2 ml de etefón por cm de DN, A = 3 ml de etefón por cm de DN, T = Árbol testigo, N. I. = Nivel de infección, S = Calificación de tercio superior de copa, Me = Calificación de tercio medio de copa, I = Calificación de tercio inferior de copa.

Cuadro 17. Evaluación del nivel de infección de sitio tratado en abril, ubicado a una altitud de 850 m

| Árbol | Dosis | Calificación | | | N. I. 25-abr | Calificación | | | N. I. 24-may | Calificación | | | N. I. 14-jun | Calificación | | | N. I. 24-jul | Calificación | | | N. I. 11-sep |
|-------|-------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|----|---|-----------------|--------------|---|---|-----------------|
| | | S | Me | I | | S | Me | I | | S | Me | I | | S | Me | I | | | | | |
| 1 | M | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | B | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 3 | M | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 4 | A | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 5 | T | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 6 | T | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| 7 | A | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 8 | A | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 9 | B | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 10 | B | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 11 | M | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 12 | T | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 |

B = 1 ml de etefón por cm de DN, M = 2 ml de etefón por cm de DN, A = 3 ml de etefón por cm de DN, T = Árbol testigo, N. I. = Nivel de infección, S = Calificación de tercio superior de copa, Me = Calificación de tercio medio de copa, I = Calificación de tercio inferior de copa.