



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

MAESTRIA EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

**“Descripción anatómica de la madera de ramas
infestadas por *Psittacanthus* sp. de *Populus alba*,
Fraxinus uhdei y *Salix bonplandiana*”**

Tesis

Que para obtener el grado de:

Maestra en Ciencias en Tecnología de la Madera

PRESENTA:

Biol. Patricia Herrera Hernández

DIRECTOR DE TESIS: Dr. J. Enrique Ambríz Parra

CODIRECTOR DE TESIS: Dr. José Cruz de León

Morelia, Michoacán, Febrero del 2015



CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN	1
2 ANTECEDENTES	3
2.1 Anatomía de los hospederos	4
2.2 Organismos formadores de tumores	5
2.3 Características generales del muérdago	8
2.4 Clasificación taxonómica del muérdago	9
2.5 Características anatómicas del muérdago	10
2.6 Conductancia estomática del muérdago	12
2.7 Afectaciones producidas por muérdago	13
2.8 Niveles de infestación del muérdago	14
2.9 Mecanismos de control hacia el muérdago	14
2.10 Ablandamiento de la madera	16
3 JUSTIFICACIÓN	17
4 HIPÓTESIS	17
5 OBJETIVOS	18
5.1 Objetivo general	18
5.2 Objetivos particulares	18
6. MATERIALES Y MÉTODOS	19
6.1. Colecta de material	20
6.2 Descripción microscópica del hospedero antes y después de la infestación	21
6.3. Descripción macroscópica y microscópica de la infestación	22
7 RESULTADOS	24
7.1 Descripción macroscópica de la pre-infestación	24
7.2 Descripción macroscópica de la infestación	26
7.3 Características microscópicas del hospedero antes y después de la infestación	29
7.3.1 Características microscópicas del álamo antes y después de la	

infestación en los niveles 2 y 3.	30
7.3.2 Características microscópicas del fresno antes y después de la infestación en los niveles 2 y 3.	31
7.3.3 Características microscópicas del sauce antes y después de la infestación en los niveles 2 y 3.	33
7.4 Descripción macroscópica de la infestación	36
7.5 Características microscópicas de xilema modificado	42
8 DISCUSIÓN	46
9. CONCLUSIÓN	53
10 BIBLIOGRAFÍA	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. ciclo biológico del muérdago perteneciente al género <i>Psittacanthus</i>	9
Figura 2. Ubicación geográfica de la zona de muestreo	19
Figura 3. Posición donde se realizó el material para elaboración de cortes con microtómo.	22
Figura 4. Semilla de muérdago (<i>Psittacanthus</i> sp.) infestando la rama de fresno (<i>Fraxinus</i> sp.) y sustancia pegajosa y elástica producida por ésta.	25
Figura 5. Semilla de muérdago (<i>Psittacanthus</i> sp.) sin testa.	25
Figura 6. Rama de sauce (<i>Salix</i> sp.) con ranura en la corteza infestada por muérdago (<i>Psittacanthus</i> sp.) donde se aprecia la presencia de valvas y la emergencia de las hojas verdaderas.	26
Figura 7. Nivel 2 de infestación mostrando, la tumoración de sauce (<i>Salix</i> sp.) (A), la tumoración de fresno (<i>Fraxinus</i> sp.) (B) y la tumoración de álamo (<i>Populus</i> sp.) (C).	27
Figura 8. Nivel 3 de la infestación por muérdago (<i>Psittacanthus</i> sp.) en álamo (<i>Populus</i> sp.).	28
Figura 9. Nivel 4 de infestación por muérdago (<i>Psittacanthus</i> sp.) en la rama de fresno (<i>Fraxinus</i> sp.).	29
Figura 10. Corte transversal con microtómo del xilema de álamo (<i>Populus</i> sp.) en el nivel 2 antes (A) y después (B) de la infestación. Antes de la infestación se observan zonas de crecimiento y una posible zona de infestación. Después de la infestación no se distinguen zonas de crecimiento.	30
Figura 11. Corte transversal en microtómo de álamo (<i>Populus</i> sp.) en el nivel 3 antes (A) y después (B) de la infestación. Antes de la infestación se observaron 6 zonas de crecimiento y una posible zona de infestación. Después de la infestación solo se observaron 5 zonas de crecimiento.	31
Figura 12. Corte transversal en microtómo de fresno (<i>Fraxinus</i> sp.) en el nivel 2 antes (A) y después (B) de infestación. Antes de la infestación se observaron 5 zonas de crecimiento y una zona de posible infestación. Después de la	

infestación solo se observaron 3 zonas de crecimiento. 32

Figura 13. Corte transversal en micrótopo de fresno (*Fraxinus* sp.) en el nivel 3 antes (A) y después (B) de la infestación. Antes de la infestación se observaron 5 zonas de crecimiento y una zona de posible infestación. Después de la infestación solo se observaron 4 zonas de crecimiento. 33

Figura. 14. Corte transversal de sauce (*Salix* sp) antes (A) y después (B) de la infestación. Antes de la infestación se observaron 3 zonas de crecimiento y una posible zona de infestación. Después de la infestación se observaron 2 zonas de crecimiento. 34

Figura 15. Corte en micrótopo que muestra los vasos presentes en sauce (*Salix* sp.), A) antes de la infestación y B) después de la infestación. Las zonas de crecimiento son claramente definidas, tanto antes como después de la infestación, apareciendo con un arreglo difuso de poros sin variación aparente en el diámetro. 34

Figura 16. Rama de sauce (*Sailix* sp.) ablandado que presenta el nivel 1 de infestación que muestra una ranura y una grieta. 37

Figura 17. Rama de fresno (*Fraxinus* sp.) infestada por muérdago (*Psittacanthus* sp.) después de tratamiento de ablandamiento. El muérdago (Mu) se conecta con el hospedero mediante la zona blanda, presenta una zona rígida y ésta a su vez se conecta con la rama del hospedero. 38

Figura 18. Rosetas o xilema modificado formadas por la presencia de muérdago (*Psittacanthus* sp.) en diferentes especies de hospedero en el nivel 2 de infestación. Rama de álamo (*Populus* sp.) (A), rama de fresno (*Fraxinus* sp.) (B) y rama de sauce (*Salix* sp.) (C) donde se muestra la rosera y las hendiduras. 39

Figura 19. Rosetas o xilema modificado formadas por la presencia de muérdago (*Psittacanthus* sp.) en diferentes especies de hospedero en el nivel 3 de infestación. Rama de álamo (*Populus* sp.) (A), rama de fresno (*Fraxinus* sp.) (B) y rama de sauce (*Salix* sp.) (C) donde se muestra la rosera y las hendiduras. 39

Figura 20. Rosetas o xilema modificado formadas por la presencia de muérdago (*Psittacanthus* sp.) en diferentes especies de hospedero en el nivel 4 de infestación. Rama de álamo (*Populus* sp.) (A), rama de fresno (*Fraxinus* sp.)

(B) y rama de sauce (*Salix* sp.) (C) donde se muestra la rosera y las hendiduras. 40

Figura. 21. Rama de álamo (*Populus* sp.) y fresno (*Fraxinus* sp.) cortada de manera longitudinal, observando que la penetración del muérdago (*Psittacanthus* sp.) únicamente es en las primeras capas del xilema y la modificación del hilo. Mostrando la roseta, la rama del hospedero y el hilo modificado. 41

Figura. 22. rama de fresno (*Fraxinus* sp.) que muestra la manera de obtener el material para microtómo. Ángulo respecta al eje de rama (A) y ángulos respecto a la modificación (B). 42

Figura. 23. Corte en microtómo del xilema modificado en dirección transversal de los hospederos álamo (*Populus* sp.) (A), sauce (*Salix* sp.) (B) y fresno (*Fraxinus* sp.) (C) que muestra el acomodo de los vasos (Va). 43

Figura 24. Corte en microtómo del xilema modificado en dirección radial de los hospederos álamo (*Populus* sp.) (A), sauce (*Salix* sp.) (B) y fresno (*Fraxinus* sp.) (C), mostrando los vasos, agrupamiento de poros, los campos de cruzamiento y las puntuaciones, vistos a 10X. Corte radial del xilema modificado de fresno visto a 40X (D). 44

Figura 25. Corte en microtómo del xilema modificado en dirección tangencial de los hospederos álamo (*Populus* sp.) (A), sauce (*Salix* sp.) (B) y fresno (*Fraxinus* sp.) (C), mostrando los radios de tipo uniseriados, biseriados, triseriados y poliseriados. 45

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Tiempo de ablandamiento para los hospederos fresno, sauce y álamo por el método de presión 120°C 1kg-cm² y el método de ebullición 100°C presión atmosférica. **29**
- Cuadro 2.** Valores promedio para diámetro de vaso antes y después de la infestación en los niveles 2 (tumorción que no supera los 5 cm de longitud) y 3 (tumorción de 5 a 10 cm de longitud) por muérdago en ramas de álamo (*Populus sp.*), sauce (*Salix sp.*) y fresno (*Fraxinus sp.*), así como variables de dispersión. **36**

RESUMEN

En la actualidad la mayoría de las especies forestales son infestadas por muérdago. Esta planta hemiparásita se logra dispersar principalmente por las aves y el éxito de la infestación está relacionado con un incremento en la conductancia estomática comparada con la del hospedero. Además se ha observado que tiene un efecto sobre las propiedades físicas de la madera. Sin embargo, el conocimiento sobre el mecanismo de infestación y de anclaje, así como el efecto de dicha planta en la anatomía de hospedero es escaso. Por tal motivo el presente trabajo tiene la finalidad describir anatómicamente la madera de ramas infestadas por *Psittacanthus* sp. de *Populus alba*, *Fraxinus uhdei* y *Salix bonplandiana*. Para tal efecto se determinó en vivo características macroscópicas de los hospederos y el muérdago como fue forma y color de corteza, forma y color de la tumoración y punto de interacción entre ambos organismos. Además de las características microscópicas antes y después de la infestación así como de la zona de infestación. Finalmente se determinó el tiempo óptimo de ablandado y así poder lograr el desprendimiento del muérdago de su hospedero en diferentes etapas de su desarrollo. El método consistió en someter las muestras infestadas a alta presión (120 °C y 1 kg cm⁻²) y a distintos tiempos de ablandamiento, (1, 3, 5 horas). Los resultados muestran que la corteza del muérdago y del hospedero en los diferentes niveles de desarrollo se pudo diferenciar a simple vista, en el nivel 2 y 3 de infestación se logró identificar un abultamiento hacia un lado de la rama del hospedero, mientras que, para el nivel 4 se observó un envolvimiento del hospedero hacia el muérdago. Otro resultado es que a las 5 horas. se logró el desprendimiento del muérdago sin dañar al hospedero. También se pudo observar una modificación en el xilema de la parte infestada por muérdago, alterando la dirección del hilo y formando una roseta. Para el nivel 2 y 3 se realizaron cortes antes y después de la infestación (tumor) a 25 μm observando para el nivel 2 de álamo diferencia significativa en cuanto al tamaño de los vasos. Mientras que, para el nivel 3 en los tres hospederos se presentó diferencia significativa. En la roseta perteneciente al nivel 4 de infestación se logró la realización de cortes en las tres direcciones de la madera. Esto es, radial, tangencial y transversal. Se logró identificar características típicas de la madera como son vasos y fibras por lo cual se decidió llamarla xilema modificado. Finalmente se pudo observar que los radios son los que presentan una mayor modificación por la presencia del muérdago ya que de uniseriados pasan a ser

biseriados e incluso poliseriados y con forma distinta al de huso común tal como se les conoce. Por lo tanto se puede concluir que la presencia del muérdago si afecta anatómicamente la estructura de las ramas de los hospederos.

Palabras clave: anatomía, muérdago, hospederos

ABSTRACT

The most forest species in México are being infested by mistletoe. This plant is dispersed mainly by birds and success of the infestation is related to increased stomatal conductance compared to the host. It has also been shown to have an effect on the physical properties of wood. However, knowledge about the mechanism of infestation and anchor, and the effect of this plant on anatomy of their host is scarce. Therefore the goal of this paper was to describe the branches wood anatomy of *Populus alba*, *Fraxinus uhdei* and *Salix bonplandiana* infested by *Psittacanthus* sp.. The parameters considered were live macroscopic characteristics of the hosts and mistletoe such as bark color and shape and color of the tumor. Microscopic characteristics were determined in the zone named as before and after infection. Finally was determined the optimal time of softened to zone interaction The method consisted in subjecting the samples infested high pressure (120 ° C and 1 kg cm⁻²) and various softening times, (1, 3, 5 hours). The results show that the bark of mistletoe and host have different color in this characteristic is observed at naked eye. To level 2 and 3 of infestation was observed that the growth of tumor was to the side of mistletoe, while for level 4 the host wrap up to the mistletoe. Another result was that after 5 hrs. of softened the mistletoe was removed from the branch and without damaging to the host. We also observed a change in the xylem of the infested branch by mistletoe, altering the direction of the grain of wood and forming a structure that looks like rosette. For level 2 and 3 cuts by microtome were made before and after infestation (tumor) at 25 microns. In the cuts of level 2 of poplar was observed significant difference between vessels diameter. While, for level 3 in the three hosts significant difference was presented in vessel diameter. In the structure likes rosette to the level 4 was made cuts on infestation zone in the three

directions of the timber, that is, radial, tangential and transversal. It was possible to identify typical wood characteristics such vessels elements and fibers and it was decided to call it modified xylem. Finally, it was observed that the rays are those with greater modification by the presence of mistletoe as uniseriate become biseriated and even poliseriated and different from the common zone as they are known form. Therefore it can be concluded that the presence of mistletoe affected branch wood anatomy of the different woody host species.

Keywords: anatomy, mistletoe, host

1 INTRODUCCIÓN

Las plantas hemiparásitas conocidas como muérdago, son plantas dicotiledóneas siempre verdes, conocidas también como: “injerto, matapalo, secapalo, palo de caballero, hierba de pájaro y planta de la liga”. Generalmente tienen un tronco y ramas abundantes y repetidamente ahorquilladas, de manera que forman ya sea una densa mata que cuelga del árbol parasitado o bien una intrincada enredadera que cubre la copa del árbol (Marchal-Valencia 2004). El estudio sobre el efecto del muérdago en los hospederos ha sido enfocado en determinar el efecto a nivel de semillas y propiedades físico-químicas y el efecto sobre la anatomía del hospedero no ha sido evaluado.

Esta familia de plantas presenta 10 géneros y 151 especies de muérdagos distribuidos en todo el país. Como parásitos de coníferas reporta a cuatro géneros *Arceuthobium* (muérdago enano) *Psittacanthus*, *Phoradendron* y *Struthanthus* (muérdagos verdaderos); mientras que para latifoliadas o árboles de hoja ancha la gama de parásitos es mayor, siendo nueve los géneros mas representativos: *Phoradendron*, *Psittacanthus*, *Struthanthus*, *Cladocolea*, *Phthirusa*, *Dendrophthora*, *Pryctanthus*, *Antidaphne* e *Ixocactus* (muérdagos verdaderos). (Vázquez-Collazo *et al.* 2006).

Los árboles mayormente infestados por muérdago eran los pinos y los encinos, sin embargo, en años reciente se encontró presencia del muérdago en pirul, aile, jacaranda, casuarina, fresno, sauce y álamo, así como en los frutales como capulín, durazno, ciruelo, tejocote y limón. En estos últimos se ha observado un efecto negativo sobre la pérdida de volumen, reducción en la cantidad de conos y vitalidad de las semillas y en ocasiones la muerte del arbolado (Vázquez *et al.* 1982). Además en las especies maderables infestadas por muérdago presentan disminución de sus propiedades físico-mecánicas (Ambriz-Parra 1999) y tiende a incrementar su resistencia a esfuerzos de compresión (Ávila-Calderón 2011).

El conocimiento sobre el impacto negativo en el arbolado por el muérdago ha provocado la necesidad de inhibir o eliminar su presencia. Dentro de los tratamientos que han sido probados están el químico (Perdinguer-Brun y colaboradores 2001), biológico (Vázquez-Collazo *et al.* 2006) y mecánico (Alvarado-Rosales y Saavedra-Romero 2005). A pesar de la variedad de métodos, no se ha encontrado una forma efectiva de combate del muérdago y probablemente la razón principal de la falla en el control sea por el mismo desconocimiento de las etapas previas a la infestación y la infestación misma en sus diferentes etapas, entendida la infestación como la aparición de un tumor por la presencia del muérdago.

Por lo anterior es que el presente estudio tiene la finalidad de dar a conocer las características macroscópicas de la pre-infestación, macro y microscópicas de la infestación por muérdago y los posibles efectos en la rama infestada del hospedero para poder entender de una mejor manera esta relación hemiparásita.

2 ANTECEDENTES

Existen cientos de especies de muérdago en todo el mundo, constituyendo un serio problema en bosques naturales, plantaciones, huertos frutícolas y árboles urbanos. En la República Mexicana, la Comisión Nacional Forestal reporta la presencia de muérdago en la mayoría de los estados como son Michoacán, Veracruz, Tlaxcala, Morelos, Oaxaca, Guerrero, Querétaro, etc., sin embargo, en México existe un gran desconocimiento respecto de la biología y fisiología del mismo. En sus diferentes estudios la mayoría de los especialistas están de acuerdo en que los bosques urbanos son más susceptibles de ser infestados por muérdago, dadas las condiciones deplorables en las que sobreviven. Es decir, en un permanente estado de estrés provocado, entre otras cosas, por la compactación y la pobreza del suelo, la excesiva pavimentación, la plantación en sitios inadecuados, la contaminación del aire, suelo y agua, así como gases, aceites, radiación solar, riego casi nulo o nulo, sobrepoblación, inexistencia de un programa de manejo, podas mal hechas, infraestructura y el equipamiento urbano. La suma de todos estos aspectos hace presa fácil de plagas y enfermedades a los árboles urbanos (Marchal-Valencia 2004).

Anteriormente los árboles mayormente infestados por muérdago eran los pinos y los encinos, sin embargo desde el año 1998 se manifestó la preocupación de que varias especies arbóreas estaban siendo infestadas debido a la diseminación de las semillas. En el año 2006 muestrearon diversas áreas verdes, analizando 15 familias botánicas susceptibles al muérdago y otras plantas parásitas encontrando que los árboles más apropiados para las infestaciones son: el pirul (*Schinus molle*), el aile (*Alnus auminata*), la jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), la casuarina (*Casuarina equisetifolia*), el tepozán (*Buddleia cordata*), el eucalipto (*Eucalyptus* spp.), la fitolaca (*Phytolacca dioica*), el olmo (*Ulmus* spp.), el fresno (*Fraxinus* sp.) y en caso muy especial es la familia de la SILICACEAS que comprende a varias de las especies afectadas como el sauce (*Salix* sp.), el álamo (*Populus* sp.) el ahuejote (*Salix bomplondiana*) y finalmente los frutales como capulín (*Prunus capuli*), durazno (*Prunus persica*), ciruelo (*Prunus domestica*), tejocote (*Crataegus*

pubescens) y limón (*Citrus* spp.) (Meza-Aguilar 1993, INEGI 2001, Méndez-Ventura *et al.* 2010).

2.1 Anatomía de los hospederos

La mayoría de los árboles considerados como hospederos de muérdago no han sido descritos en su anatomía y en ningún caso, se ha tratado de relacionar dicho aspecto y la incidencia de la infestación. Dentro de los trabajos de descripción anatómica únicamente se mencionan los siguientes.

En un estudio con 12 especies de árboles del bosque mesófilo de montaña, las cuales son: *Acer negundo*, *Cornus disciflora*, *Inga spuria*, *Quercus laurina*, *Xylosma flexuosa*, *Miconia glaberrima*, *Myrsine juergensenii*, *Phyllonoma laticuspis*, *Styrax argenteus*, *Cleyera mexicana* y *Ternstroemia pringlei*, mostraron que los anillos de crecimiento en la mayoría de las especies estudiadas solo se delimitan por bandas de 2 a 6 hileras de fibras con lúmenes pequeños y paredes gruesas o comprimidas radialmente en la madera tardía, observándose que esta banda es muy angosta con respecto a la madera temprana. La porosidad que presentan la mayoría de las especies presenta porosidad difusa, elementos de vaso y fibras medianas y largas, vasos numerosos con diámetros pequeños y placas de perforación escaleriforme en varias especies; parénquima axial en general escaso y radios heterogéneos. Los autores concluyeron que las variaciones presentes en las especies descritas comparadas con las estudiadas en el 2005 donde mencionan que las variaciones que se presentan son cuantitativas y cualitativas en las especies de: *Cornus disciflora*, *Quercus laurina*, *Styrax argenteus*, *Ternstroemia pringlei*, y *Xylosma flexuosa*, y que estas variaciones pueden deberse a las características propias del ambiente donde los individuos crecen, así como a su altura o hábito de crecimiento (Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata 2006).

El género *Populus* sp. ha sido descrito anatómicamente y se ha mostrando que sus características microscópicas distintivas son: poca distinción de las zonas de crecimiento, porosidad difusa heterogénea, con un arreglo desde solitarios, hasta múltiples radiales de 2, 3, 4 y 6, incluso agrupados y los rayos son: uniseriados en su mayoría (Alcaraz-Vargas 2006). Estos resultados coinciden con los observados en otros trabajos, aunque en este caso encontraron variación en el agrupamiento de los vasos, dado que encontraron solo agrupados de 2-4 (García-Martínez 1996).

Undurraga (2007) durante su estudio describe anatómicamente el género *Salix* sp., mostrando las características representativas para este en dos direcciones: tangencial (Tg) y transversal (T), notando que se presenta porosidad difusa, en su mayoría poros solitarios o en cadenas radiales, diferenciando la madera de primavera y verano, con radios uniseriados heterogéneos.

Vela-Ramírez (2004), durante su estudio describió anatómicamente el género de *Fraxinus uhdei* mostrando que presenta una porosidad anular, generalmente con poros solitarios arreglados de manera radial, los radios son de tipo uniseriados con células cuadradas.

2.2 Organismos formadores de tumores

Los tumores son considerados como agrupaciones de células transformadas, con crecimiento y multiplicación anormal. La infestación por muérdago provoca abultamientos en la rama del árbol y la descripción de dicho abultamiento no ha sido realizada. Sin embargo, en los bosques y selvas, no solo este tipo de organismo causa abultamiento en los árboles.

La enfermedad denominada como “corona de agallas” es causante de tumores de amplia distribución mundial, capaz de afectar a más de ochenta familias de plantas herbáceas y forestales, provocadas por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, de la familia Rhizobiaceae. En el mundo, existen más de 600 especies de plantas susceptibles a la enfermedad. En Costa Rica se ha reportado este tipo de tumor en especies forestales maderables en varias especies de *Eucalyptus* spp. (eucaliptos), *Gmelina arbórea* (melina) y *Tectona grandis* (teca) y las tumoraciones se observan en las partes bajas de los árboles hospederos (Arguedas 2009). Las características de las tumoraciones son: al principio forma pequeños crecimientos esféricos con forma de callo y cuando están maduros son de apariencia leñosa manteniendo la coloración y consistencia de la corteza de sus hospederos (Arguedas 2009).

Los árboles maderables no son los únicos que se ven afectados por bacterias o algún otro organismo parásito, tal es el caso de los árboles frutales, los cuales también se ven afectados por las bacterias *Agrobacterium* spp.. Dicha bacteria llega a formar grandes tumoraciones, observándose éstas principalmente en la parte baja de los árboles. Esta infestación se caracteriza por la aparición de tumores o agallas de diferente forma y tamaño, en los cuales el daño varía desde ningún efecto aparente en árboles adultos, hasta la muerte de plantas recién establecidas. En las plantas afectadas se pueden notar un menor desarrollo, con hojas mas pequeñas y cloróticas presentado una mayor susceptibilidad a otros patógenos y a condiciones ambientales adversas, especialmente a las bajas temperaturas en invierno. Las agallas aparecen primero como pequeñas protuberancias esféricas y bandas en las raíces y troncos cerca de la línea del suelo y a medida que crecen su aspecto se hace irregular, con una coloración café negruzca. La consistencia de las agallas puede ser esponjosa o leñosa y dura, dependiendo de la cantidad de tejido vascular que contengan (Cruz 2004).

Aparte de las bacterias existen otro tipo de organismos causantes de tumoraciones en árboles maderables, tal es el caso de los conocidos como cóccidos presentes en fresno, los

cuales pueden ser considerados como una enfermedad de importancia para dicho árbol. El agente causal de esta enfermedad resultó ser una asociación de insectos cóccidos con el hongo *Septobasidium curtisii*. Sin embargo, se encontraron árboles sin tumores entre los hospederos más atacados por lo que se ha percibido la posibilidad de que dichos árboles sean resistentes. Por consiguiente, estos árboles podrían ser utilizados para resolver el problema del tumor de fresno, que está ampliamente distribuido en el país (Galindo 1968).

Otro de los árboles, que se ven afectados por tumoraciones son los pinos, estos principalmente por la incidencia de la roya, causada por hongos del género *Cronartium* que es muy común en las plantaciones de pinos en diversas áreas del estado de Michoacán, por lo que se considera un problema fitosanitario de suma importancia que no ha revivido la atención debida, desde que se seleccionan las plantas en el vivero hasta los cuidados permanentes de dicha plantación. Por tal motivo se recomienda realizar una evaluación preliminar del porcentaje de árboles afectados por los tumores formados por el hongo. En el presente trabajo se analizó una plantación de *Pinus pseudostrabus* Lindl., de 15 años de edad, localizada en las inmediaciones de Angahuan, Michoacán, encontrándose que el 33.9% del arbolado está en mayor o menor grado afectado por la roya (Sánchez y Del Rio 1986).

Uno de los principales problemas en la actualidad son las plantas hemiparásitas conocidas como muérdagos, de los cuales se conoce poco. Algunos de los muérdagos pueden llegar a formar tumoraciones o simplemente alteraciones en la rama infestada, tal es el caso del género: *Arceuthobium* sp. el cual presenta un ligero engrosamiento de la rama del árbol infestada hacia la parte aérea del muérdago, ocasionando además seis diferentes efectos en los árboles hospederos. Dichos efectos pueden ser: pérdida del crecimiento normal del árbol, mortalidad, reducción de la cantidad y calidad de la semilla, reduce la calidad de la madera, predisposición a los ataques de insectos y enfermedades y variaciones en la dinámica del ecosistema (Vázquez-Collazo *et al.* 2006).

Durante un estudio realizado en 15 delegaciones de la Ciudad de México se identificaron los muérdagos que infestan a los diferentes árboles, reportando que al menos dos de plantas hemiarásitas identificadas tienen la capacidad de alterar las ramas donde se encuentran los muérdagos, esto es en una tumoración, tal es el caso de los géneros: *Psittacanthus* sp. y *Cladocolea* sp. donde la malformación se da de un solo lado de la rama (Marchal-Valencia 2009).

2.3 Características generales del muérdago

Las plantas parásitas y hemiparásitas son organismos que dependen completa o parcialmente de otros organismos para subsistir, ya que obtienen agua y/o sales inorgánicas de sus hospederos. Dentro de este grupo de plantas se encuentran los muérdagos y otros organismos parásitos de ramas de árboles y arbustos pertenecientes a varias familias botánicas. La mayoría de estas especies de muérdagos son dispersadas por aves, de las que depende en gran medida su éxito reproductivo, siendo estos pertenecientes a la familia Loranthaceae reportados en México y América Tropical como parásitos de especies de importancia comercial silvestres. (Rivas-Torres 2009).

Los muérdagos son plantas dicotiledóneas siempre verdes, conocidos también como: “injerto, matapalo, secapalo, palo de caballero, hierba de pájaro y planta de la liga”. Generalmente tienen un tronco y ramas abundantes y repetidamente ahorquilladas, de manera que forman ya sea una densa mata que cuelga del árbol infestado o bien una intrincada enredadera que cubre la copa del árbol. (Marchal-Valencia 2009)

La propagación se lleva a cabo mediante el transporte de la semilla y por fragmentación de los tallos. En el caso de las semillas al ser depositadas en la rama se fijan a la corteza, germinan y producen un tubo germinal o radícula. Este crece sobre la superficie de la

corteza hasta que llega a una yema o la base de una hoja, punto en el cual se extiende y se aplana sobre el costado de la corteza (Figura 1). Un haustorio con forma de raíz se forma entonces desde el centro de la zona aplanada, de la radícula el cual penetra directamente a la corteza y llega directamente al cambium y al floema. (Agrios, 1985 citado por Ambriz-Parra 1999)

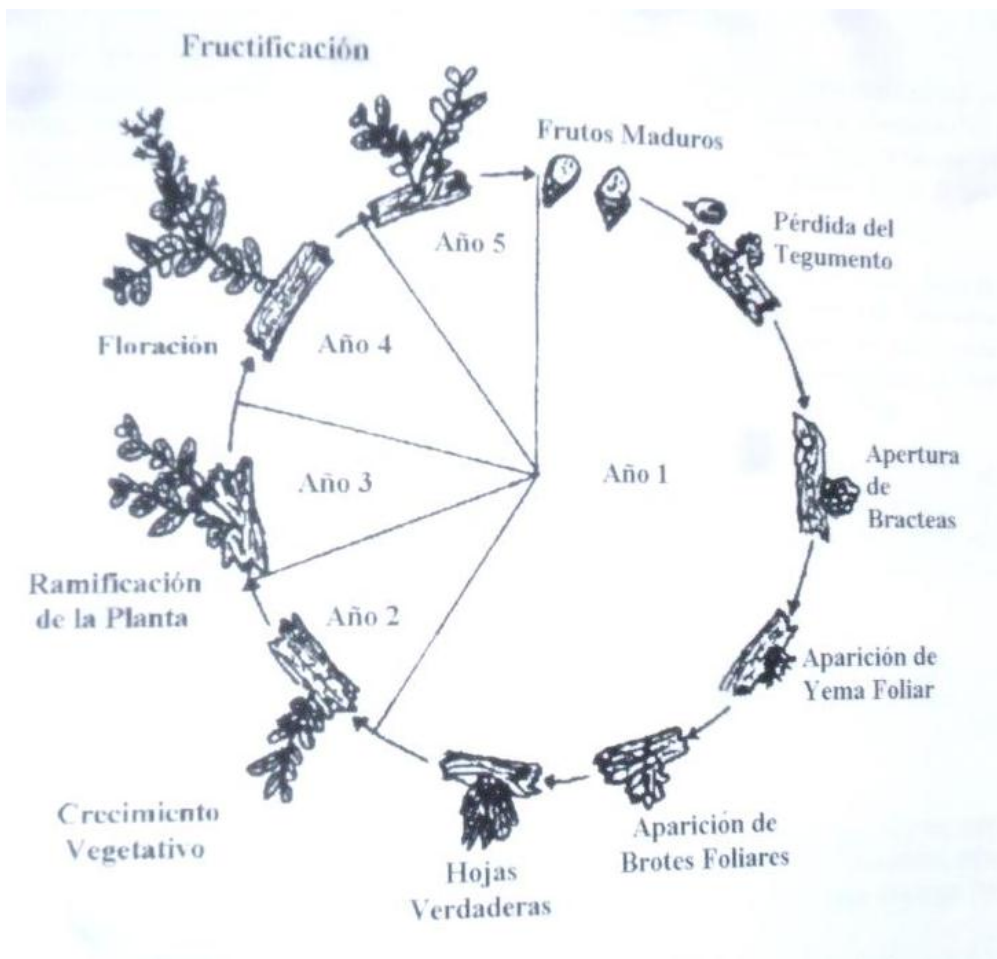


Figura. 1 ciclo biológico del muérdago perteneciente al género *Psittacanthus* sp.

2.4 Clasificación taxonómica del muérdago

Los muérdagos conocidos como injertos o seca palos son plantas hemiparásitas y pertenecen a la familia Loranthaceae, siendo abundantes e importantes en el país ya que

llegan a afectar importantes extensiones de arbolado, mermando la producción de conos y semillas, así como el crecimiento de los árboles en diámetro, altura y volumen, siendo estos el segundo agente biológico de perturbación en los bosques de clima templado; estimándose pérdidas anuales por más de 2 millones de m³ de madera (Vázquez-Collazo *et al.* 2006). Esta familia presenta 10 géneros y 151 especies de muérdagos distribuidos en todo el país. Como parásitos de coníferas, se reporta a cuatro géneros *Arceuthobium* (muérdago enano), *Psittacanthus*, *Phoradendron* y *Struthanthus* (muérdagos verdaderos); mientras que para latifoliadas o árboles de hoja ancha la gama de parásitos es mayor, siendo nueve los géneros más representativos: *Phoradendron*, *Psittacanthus*, *Struthanthus*, *Cladocolea*, *Phthirusa*, *Dendrophthora*, *Pryctanthus*, *Antidaphne* e *Ixocactus* (muérdagos verdaderos).

2.5 Características anatómicas del muérdago

Además de las características morfológicas, la descripción anatómica del muérdago es de gran relevancia. Las hojas, los peciolo y tallos son algunas estructuras que se llegan a describir anatómicamente. En este sentido se ha reportado la anatomía de las hojas de dos especies de muérdago para el caso de *Ligaria cuneifolia* y la anatomía foliar muestra una cutícula estriada sobre ambas epidermis. La epidermis adaxial y abaxial presentan células cuadrangulares de paredes radiales rectas y estomas paracíticos. El mesófilo es isobilateral con dos capas de células en empalizada sobre ambas epidermis y células más cortas en el centro. En el clorénquima central se observan esclereidas solitarias de forma irregular, ramificadas que contienen cristales prismáticos. El tejido conductor está constituido por un haz vascular central grande y varios haces menores a cada lado. Mientras que, para *Psittacanthus cordatus*, las hojas presentan una cutícula más gruesa que la de *L. cuneifolia*. En el clorénquima, algunas células contienen drusas de oxalato de calcio. Los haces vasculares presentan casquetes de fibras sobre el xilema y por debajo del floema; algunas de estas fibras contienen cristales cúbicos o prismáticos de oxalato de calcio, se observan esclereidas isodiamétricas, cristalíferas entre los haces vasculares y en los extremos

foliares, identificando estas características anatómicas mediante técnicas sencillas, que permiten reportar estudios químicos y farmacológicos, ya que estas hojas son utilizadas como medicinales (Valera y Gurni 2003).

Las características anatómicas de los géneros *Psittacanthus* y *Phoradendron* de Querétaro han sido descritas (Gómez-Sánchez *et al.* 2011). Para tal efecto se utilizaron 5 especies de muérdago y se obtuvieron muestras de hojas, pecíolos, tallos jóvenes y maduros, flores en anthesis y frutos maduros. El procedimiento consistió en colocar y fijar las muestras en distintas soluciones como son; formaldehído al 10%, ácido acético al 5%, alcohol al 50% y agua a 45% por 24 horas. Posteriormente se almacenaron en alcohol al 70%. Después se llevaron a cabo cortes con micrótopo a mano libre, macerados y diafanizados. Se realizaron también pruebas histoquímicas en material fresco. Como resultados se muestra que entre las especies existen características anatómicas comunes. Entre dichas características son que la arquitectura foliar se describe con venación actinódroma reticulada y venas laterales con vénulas modificadas en traqueidas dilatadas, la hoja mostró estomas parasíticos y mesófilo isobilateral. Las drusas son abundantes en peciolo y lamina de *Phoradendron*. El tallo presenta los vasos del xilema en hileras radiales, el parénquima cortical y la médula contienen drusas y braquiesclereidas. El polen es esférico o triangular y tricolporado. *Psittacanthus* se distingue por que debajo del ovario se desarrolla un tejido de células con paredes engrosadas y lignificadas y el fruto contiene una viscina conspicua. Los cristales prismáticos, la cutícula rugosa, la peridermis con tejido suberoso y los haces vasculares en el exocarpo.

Vela-Ramírez (2004), describió anatómicamente dos especies de muérdago, mostrando que *Cladocolea loniceroides*, presentó porosidad difusa, poros múltiples radiales de 2-5, solitarios y agrupados. Los elementos de vaso presentaron placa perforada simple y puntuaciones areoladas alternas. El parénquima axial fue de tipo apotraqueal difuso, los radios son uniseriados y multiseriados heterogéneos, con células verticales y cuadradas mezcladas y las fibras son de tipo fibrotraqueidas con paredes gruesas. Mientras que, para

Struthanthus venetus la madera presentó porosidad difusa, los poros son múltiples radiales de 2-6 y agrupados de 3-5, son pocos solitarios, arreglados en hileras radiales. Los elementos de vaso presentaron placa perforada simple y puntuaciones areoladas alternas. El parénquima axial es apotraqueal difuso y los radios son multiseriados heteronéneos, con células cuadradas verticales mezcladas. La madera de sus hospederos *Populus alba* L. (álamo blanco) y *Fraxinus uhdei* L. (fresno) presentaron una gran cantidad de gomas en los vasos, parénquima y fibras, así como vacualización en parénquima y separación del tejido.

2.6 Conductancia estomática del muérdago

Dentro de las características anatómicas de las hojas de muérdago se mencionaron los estomas, los cuales son muy abundantes del tipo parasítico en dichas plantas hemiparásitas (Varela y Gurni 1993). Estas estructuras determinan la capacidad de transpiración de una planta. En un estudio al respecto, Lüttge y colaboradores (1998), en tres sitios diferentes de estudio: 1. un campo rupestre muy expuesta, 2. una sabana semi-expuesta y 3. un bosque de galería muy sombreada, observaron que el muérdago siempre tuvo una conductancia estomática promedio mayor.

El muérdago ya establecido mantiene sus estomas ampliamente abiertos, por lo que tiene un potencial de agua más negativo que el árbol. Así es capaz de succionar grandes cantidades de agua del árbol, en algunas ocasiones más del doble del volumen que requeriría un área superficial equivalente del follaje del mismo, logrando así, con el tiempo que el muérdago gane área foliar a costa del árbol (Marchal-Valencia 2009).

Durante un estudio realizado en la República Checa, examinaron la conductancia estomal de *Loranthus europaeus* en varias especies de robles: *Quercus petraea*, *Q. pubescens* y *Q. robur* notando que la transpiración de el muérdago es 5 veces mayor que la del hospedero.

También se determinó que la concentración de calcio en la masa foliar podría servir como un indicador de la tasa de transpiración, sin embargo, la relación no fue proporcional (Urban *et al.* 2012).

2.7 Afectaciones producidas por muérdago

La presencia del muérdago en los árboles hospederos, no solo se debe a que obtienen agua y nutrientes de los hospederos, aprovechando la diferencia en conductancia estomal y el mayor número de estomas en comparación al huésped, sino que causa severos daños en la salud del hospedero.

Las afectaciones causadas por los muérdagos debilitan a los árboles y los predisponen al ataque de los patógenos de la raíz y de los que ocasionan la descomposición de la madera, de los escarabajos y al rompimiento y desplome por el viento, así mismo entre los daños más importantes se encuentran: la pérdida de volumen, reducción en la cantidad de conos y vitalidad de las semillas y en ocasiones la muerte del arbolado. (Vázquez *et al.* 1982)

Otra de las afectaciones ocasionadas a las especies maderables infestadas por muérdago es la disminución de sus propiedades físico-mecánicas (Ambriz-Parra 1999), en cuanto a la relación entre la lignina y las propiedades mecánicas de la madera, se ha encontrado que el alto contenido de lignina proporciona mayor dureza en la pared celular lo que contribuye a incrementar su resistencia a esfuerzos de compresión. (Ávila-Calderón 2011).

2.8 Niveles de infestación del muérdago

La descripción de los niveles de infestación del muérdago en los árboles hospederos se ha establecido en base al crecimiento del follaje de la planta hemiparásita.

La infestación producida por el muérdago en los hospedero se ha podido cuantificar en base a la cantidad de plantas hemiparásitas presentes en los árboles tal como lo menciona Pérez y colaboradores en el 2001, quien durante su estudio realizado en la Ciudad de México determinó el grado de infestación del muérdago en base a una variable ordinal definida por cinco valores (1,2,3,4 y 5). A los cuales los describe de la siguiente manera: Nivel 1: árbol sano. Nivel 2: presencia de una mata de muérdago en el árbol. Nivel 3: más de una mata de muérdago pero domina el follaje del árbol hospedero. Nivel 4: más de una mata pero domina el follaje del muérdago y Nivel 5: árbol muerto. Mencionando que en la zona estudiada la familia Salicacea es la más afectada por la presencia de plantas hemiparásitas, siendo el nivel 1 de infestación el más frecuente.

2.9 Mecanismos de control hacia el muérdago

Los daños del muérdago tienen impacto a nivel comercial, por lo que se ha buscado la forma de inhibir o eliminar la presencia de dicha planta hemiparásita.

En este sentido, Perdinguer-Brun y colaboradores (2001), en un estudio realizado en la localidad de Ontieña (Huesca), sometieron a los árboles hospedantes del muérdago enano *Viscum álbium* L. a distintos tratamientos químicos en la parte foliar de los árboles aplicando etefon, ácido giberelico, glifosato y una combinación entre glifosato y giberelico. En cada tratamiento, los autores midieron las variaciones presentes cada 4 meses durante

octubre 1999 a octubre 2000 y observaron que el mejor tratamiento fue la combinación entre ácido giberelico y glifosato, mostrándose este durante los primeros 4 meses de iniciado el tratamiento.

Además del tratamiento químico, otros mecanismos propuestos son los de tipo biológico (Vázquez-Collazo *et al.* 2006), dentro del cual se encuentran las aves, roedores e insectos, incluso algunos ácaros. Sin embargo, no se pueden considerar como efectivos, aunque existen hongos que destruyen los tallos del muérdago, por lo que la plaga persiste en el interior de las ramas o tallos, tal es el caso de *Wallrothiella arceuthobii* el cual ataca los órganos florales femeninos, evitando la dispersión de la semilla; *Colletotrichum gloeosporoides* que causa marchitez en los tallos y *Aureobasidium pullulans* y *Alternaria alternata* que se consideran agentes de marchitez y muerte de los tallos de muérdago (López-Flores 2013).

Otro mecanismo para evitar la afectación del muérdago en el arbolado, es el de tipo mecánico, el cual consiste en la poda de las ramas afectadas por muérdago y evitar con ello la propagación (Alvarado-Rosales y Saavedra-Romero 2005).

Algunos otros autores, señalan que hasta la fecha no hay ningún control químico eficaz contra la planta parásita y la única forma de controlarlo, es eliminando de los árboles las ramas infestadas, de preferencia una vez al año y antes de que aparezca la semilla del muérdago, para evitar su propagación. Sin embargo, esta planta hemiparásita tiende a reaparecer después de algún tiempo. En los casos de infestación severa, el único remedio es derribar el árbol completo (García-Torres 1993).

2.10 Ablandamiento de la madera

El ablandamiento de la madera se realiza para poder obtener cortes de tejido xilemático con espesores menores a 100 μm y existen varios métodos de ablandamiento en plantas leñosas. Guridi-Gómez (1968), durante su estudio anatómico de 5 especies de maderas tropicales para el ablandamiento de la madera y poder realizar los cortes en microtómo, hirvió cubos de 2X2 cm con agua destilada 6 horas diarias durante 60 días lo que equivale a 360 horas aproximadamente. Sin embargo, este método no fue suficiente para reblandecer todas sus muestras por lo cual las sometió a un proceso mas drástico, utilizando una solución de ácido acético glacial y agua oxigenada de 20 volúmenes, en una porción 2:1 (Franklin 1964 citado por) durante 10 a 18 horas en una estufa a 60°C y posteriormente en baño maría de 3 a 6 horas, hirviendo nuevamente en agua destilada para eliminar totalmente los ácidos mencionados anteriormente y finalmente fueron colocados en una frasco con alcohol glicerinado en partes iguales permaneciendo de 2 a 8 días obteniendo después de este proceso someter las muestras a microtómo y obtener los cortes de 10 a 30 μm de grosor.

Por otra parte, Terrazas-Salgado (1988), para el ablandamiento de la madera del género *Tapirira* sp., se sometieron cubos de 2X2 cm a ebullición por un periodo de 10 a 60 horas y de esta manera poder realizar los cortes en microtómo, obteniendo cortes de 18 a 25 μm de espesor en los tres planos conocidos de la madera, radial (R), tangencial (Tg) y transversal (T). Posteriormente, los cortes realizados se colocaron en laminillas.

3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años existe una invasión del muérdago en varias especies de árboles maderables. Esta infestación disminuye la producción y viabilidad de la semilla, la vitalidad de las ramas infestadas. (Vázquez *et al.* 1982), así como una disminución en cuanto a: su durabilidad, su resistencia, la densidad y el contenido de lignina en la madera infestada por muérdago (Ambriz-Parra 1999, Ávila-Calderón 2011). Sin embargo, los tratamientos de control no han sido del todo efectivos y esto se debe al desconocimiento de la interacción entre el muérdago y el hospedero. Por lo tanto, es importante una descripción anatómica de las ramas que son infestadas por muérdago para conocer los cambios producidos en su estructura anatómica.

4 HIPÓTESIS

La planta hemiparásita del muérdago afecta anatómicamente la rama infestada del hospedero.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Describir anatómicamente la madera de las ramas infestadas por *Psittacanthus* sp. de *Populus alba* (álamo), *Fraxinus uhdei* (fresno) y *Salix bonplandiana* (sauce)

5.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- ✓ Describir de manera macroscópica los niveles de infestación del muérdago en álamo, fresno y sauce
- ✓ Describir macroscópicamente la zona de infestación por muérdago en cada uno de los hospederos
- ✓ Describir las características microscópicas de ramas de álamo, fresno y sauce antes y después de la infestación por muérdago
- ✓ Describir microscópicamente el xilema modificado por muérdago.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

La selección del material y las especies se realizó a partir de visitas continuas a diferentes sitios dentro del municipio de Morelia Michoacán (19.7 latitud N. y -101.2 longitud W.), esto con la finalidad de identificar las especies de importancia maderable que presentaron una mayor incidencia de la infestación por muérdago (*Psittacanthus* sp) (Figura 2). A las especies maderables seleccionadas, se les realizó una descripción sobre las características macroscópicas de la infestación en el sitio de colecta, tomando en consideración el criterio de mayor infestación propuesto por Pérez-Laorga y colaboradores (2001), el cual consiste en: si la presencia de muérdago es mayor a la parte verde del árbol se considera como grado 4 (nivel más alto de infestación).

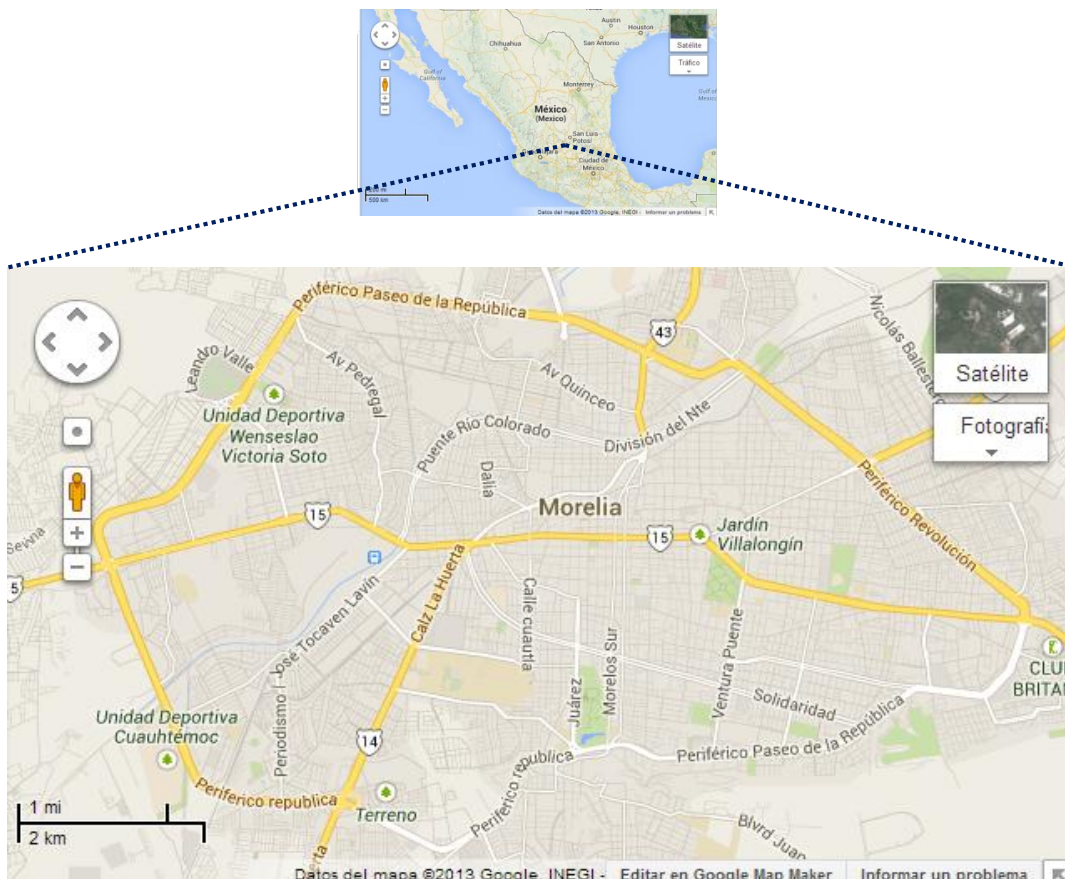


Figura 2 Ubicación geográfica de la zona de muestreo

6.1 Colecta de material

Los árboles maderables considerados como hospederos del muérdago (planta hemiparásita), en los cuales se colectó el material, presentaron una altura aproximada de 4 a 5 m, por lo que se obtuvo el material a 2 m aproximadamente. Para fines de este trabajo, se considera como pre-infestación la presencia de la semilla del muérdago en las ramas de los árboles y el anclaje del muérdago en la rama del hospedero. Por lo tanto la infestación se consideró como la presencia del muérdago formando una tumoración y la tumoración es denominada como un abultamiento provocado por el muérdago de tal manera que en esta etapa ya se considera como establecida la infestación en diferentes niveles, dependiendo del tamaño del tumor. Por lo que los diferentes niveles de infestación fueron utilizados para la descripción macroscópica y microscópica de la zona de infestación del hospedero y del muérdago.

Una vez colectado, tanto las ramas infestadas como las del muérdago se colocaron en bolsas de plástico para transportarlas al laboratorio de interacción suelo-planta-microorganismo y anatomía de la madera, pertenecientes al instituto de Investigaciones Químico Biológicas y a la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera respectivamente pertenecientes a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Posteriormente, se eligieron los árboles maderables a trabajar en función de la presencia de diferentes tamaños en cuanto al tumor. Las características que se tomaron en consideración para la asignación de diferentes niveles, en base a dicho tamaño, fueron:

Pre-infestación

- ✓ Que existan semillas recién ancladas a las ramas del hospedero se denominó pre-infestación.
- ✓ Que exista penetración del muérdago en el xilema del hospedero y que la altura del mismo no sea mayor a 2 cm, tomando como referencia la corteza de la rama infestada por lo cual se le denominó nivel 1.

Infestación

- ✓ Que la infestación no supere los 5 cm de ancho de forma paralela al eje longitudinal de las ramas denominándolo nivel 2.
- ✓ Que la infestación presente de 5-10 cm de ancho de forma paralela al eje longitudinal de la rama nivel 3.
- ✓ Que la infestación sea mayor a los 10 cm de ancho de forma paralela al eje longitudinal de la rama nivel 4.

La descripción macroscópica de los niveles de infestación consistió en determinar características como forma y color de la corteza del hospedero y del muérdago, forma y color de la infestación o también llamado tumor y punto de interacción de ambos organismos en el laboratorio dos días después de la colecta.

6.2 Descripción microscópica del hospedero antes y después de la infestación

Las muestras de madera para la descripción microscópica antes y después de la infestación fueron segmentos de 2X2 cm. Estos segmentos fueron obtenidos tomando como referencia el tumor, esto es, se realizó el corte de la rama a 5 cm de distancia, tanto antes como después del final del tumor, realizando inmediatamente después los cortes con microtómo (Figura 3). Estos segmentos se sometieron a dos métodos distintos de ablandamiento: método de ebullición y método de presión después de 15 días de la colecta. El primero consistió en someter las muestras de madera a un proceso de ebullición a presión y temperatura ambiente durante 12, 24 y 36 horas. El método de presión consistió en someter las muestras de madera a condiciones de 120 °C y 1 kg (cm²)⁻² de presión durante 1, 3 y 5 horas en un autoclave de 5 L de capacidad. Lo anterior con la finalidad de obtener un método que nos proporcione cortes en microtómo en el menor tiempo posible.

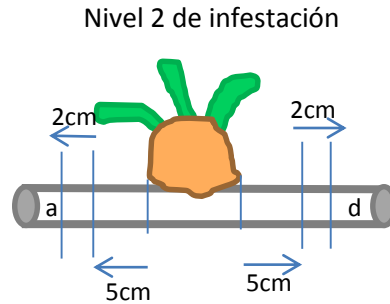


Figura 3. Posición de la rama de donde se obtuvo el material para elaboración de cortes con microtomo utilizados en la descripción microscópica.

Para la descripción microscópica, se realizaron cortes con un microtomo (marca Leica modelo PLC 2000) de 25 μ m de espesor en dirección transversal (T). Los cortes se sometieron a una técnica de tinción la cual consistió en colocar distintos tipos de colorantes (azul de metileno, azul de tripano y lugol) de manera directa en los cortes en base a lo establecido por Ceballos-Corona y colaboradores (2011), mientras que para el caso del verde brillante, posterior a la adhesión de colorante los cortes se sometieron a diferentes grados de etanol, esto es, a 48 % y 96 %. Las células que se analizaron fueron los vasos, a los cuales se les determinó el diámetro mediante la utilización de un microscopio óptico con objetivos de 4X y 10X (marca Leica modelo DM750). Con los datos obtenidos se realizó un análisis estadístico con la ayuda del programa Excel 2010 para la obtención de una prueba T de Student con muestras pareadas.

6.3 Descripción macroscópica y microscópica de la infestación

En cuanto a la descripción macroscópica de la infestación, se utilizó la misma metodología de ablandamiento utilizada en la sección anterior, que fue 120°C de temperatura y una presión de 1 kg (cm²)⁻² durante 5 horas. Para lo anterior, se introdujo el material completo, esto es, las ramas de los hospederos de álamo, fresno y sauce con la planta hemiparásita (*Psittacanthus* sp.) se colocaron dentro de la autoclave durante el tiempo ya mencionado.

Para la descripción externa de la infestación, se tomaron en cuenta aspectos como color, forma y consistencia. Para la descripción interna de la infestación, primeramente se separó el muérdago del hospedero y se lavó con agua corriente la parte unida a la zona del hospedero, considerando los aspectos mencionados anteriormente. Después se realizó un corte de manera longitudinal en la rama de los hospederos en el nivel 3 de infestación, el cual pasa por la médula de los mismos y se localizó en el centro del tumor. Finalmente, otra característica externa de la rama de los hospederos que se tomó en consideración, fue la dirección del hilo.

Los cortes para la descripción microscópica se realizaron del xilema modificado utilizado para la descripción macroscópica interna. Los cortes fueron de entre 20 μm y 25 μm de espesor y se obtuvieron con el microtómo utilizado para los cortes de madera del hospedero. Los cortes fueron sometidos a un proceso de tinción, similar al utilizado en los cortes del hospedero antes y después de la infestación. Las características descritas fueron vasos y arreglo de vasos en el corte longitudinal, campos de cruzamiento en el corte radial y tipo de radios en el corte tangencial.

7 RESULTADOS

Durante el recorrido en los diferentes sitios del Municipio de Morelia, los hospederos que se observaron con mayor incidencia en la infestación por muérdago (*Psittacanthus* sp.) fueron: mezquite (*Prosopis* sp.) en la ribera del Lago de Cuitzeo; encino (*Quercus* sp.) en la carretera Morelia- Quiroga; ficus (*Ficus* sp.), sauce (*Salix bonplandiana*), fresno (*Fraxinus uhdei*), álamo (*Populus alba*), rosa morada (*Tabebuia* sp.) y copal (*Burcera* sp.) en Ciudad Universitaria; sauce (*Salix bonplandiana*), fresno (*Fraxinus uhdei*) y álamo (*Populus alba*) en el Río Chiquito y la Unidad Deportiva Cuauhtémoc. Considerando que sauce, fresno y álamo se localizaron en tres de los cinco sitios y que en los tres casos se encontraron árboles con el nivel 4 de infestación, de acuerdo a Pérez-Loarga y Colaboradores (2001), se utilizaron estos géneros para el presente estudio.

7.1 Descripción macroscópica de la pre-infestación

Se lograron identificar semillas recién ancladas a los hospederos fresno, sauce y álamo en las ramas inferiores de la copa de los árboles, en dirección lineal a donde se encontraban ejemplares de la planta hemiparásita madura. En estas semillas se pudo identificar una sustancia muy pegajosa y elástica, la cual es producida por las semillas maduras al momento de que se fracturan (Figura 4).



Figura 4. Semilla de muérdago (*Psittacanthus* sp.) infestando la rama de fresno (*Fraxinus uhdei*) y sustancia pegajosa y elástica producida por ésta.

En las semillas del muérdago se logró observar tres estructuras: el pericarpio, una testa y una cápsula. El pericarpio presentó un color verde o rojo cuando la semilla está inmadura y con un color negro cuando ya está madura. La testa presentó un color café claro y se localizó sobrepuesta a la cápsula y con apariencia de cascara de cacahuete. La cápsula está compuesta por 4 a 6 valvas, de forma ovoide, alargada y de color verde oscuro. Esta estructura mide alrededor de 10 mm de largo por 5 mm de diámetro. La cápsula se localiza sobrepuesta en una base color café oscuro por medio de la cual se adhiere al árbol a infestar (Figura 5).

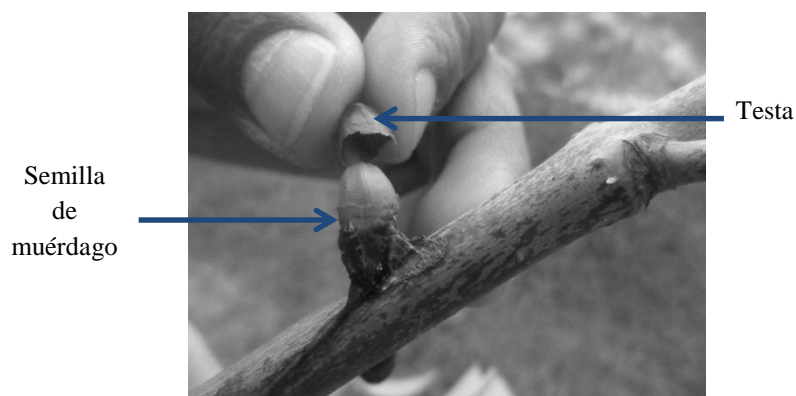


Figura 5. Semilla de muérdago (*Psittacanthus* sp.) sin testa unida a una rama de fresno (*Fraxinus uhdei*).

En los hospederos seleccionados de fresno, sauce y álamo se logró identificar la estructura que se denominó como nivel 1. En esta etapa del proceso de pre-infestación, se presentó una estructura en la que se observaron valvas abiertas, en forma de hojas carnosas de color verde oscuro. A partir de las valvas abiertas, emergen los cotiledones y por tanto las hojas verdaderas. En cuanto a la base se pudo observar que es de color grisáceo en los tres hospederos y ésta se ancla a la rama del hospedero. Dicho anclaje provocó una pequeña ranura que separa la corteza, lo cual indica una penetración de la planta hemiparásita a través de la base de la valva (Figura 6). En esta estructura no se percibe la formación de un tumor en ningún hospedero considerado.

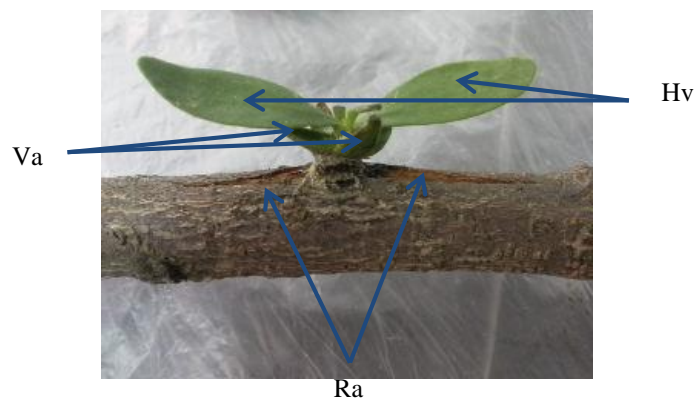


Figura 6. Rama de sauce (*Salix bonplandiana*) con ranura en la corteza (Ra) provocada por la presencia del muérdago (*Psittacanthus* sp.) donde se aprecia la presencia de valvas (Va) y la emergencia de las hojas verdaderas (Hv).

7.2 Descripción macroscópica de la infestación

A partir de la estructura que se denominó como nivel 2, se observó la formación de una tumoración, considerando en este punto del proceso la planta hemiparásita como establecida. Una vez ocurrido lo anterior, se lograron diferenciar claramente distintas características entre el muérdago y el hospedero, en relación al color de las cortezas, a la forma y tamaño de la tumoración. En este nivel de infestación (tumoración no mayor a 5 cm de longitud), se logró observar que las cortezas de los hospederos son diferentes en cuanto a su coloración, ya que la corteza de sauce fue de color café claro y la de fresno y

álamo fue de color grisácea, mientras que la corteza de la plata hemiparásita fue de color verde claro en los tres hospederos.

En relación a la tumoración se logró identificar que en los 3 hospederos es similar el tamaño, aunque con formas diferentes. Para el caso de sauce (Figura 7A) y álamo (Figura 7C), se pudo observar que la tumoración tiene una forma arriñonada, mientras que para fresno (Figura 7B) fue en forma de campánula. Las hendiduras en la tumoración se lograron identificar únicamente en sauce (Figura 7A), siendo muy notorias, no es así para fresno y álamo, los cuales solo presentaron una especie de pliegues en la tumoración que varían a simple vista de la corteza del hospedero (Figura 7 B y C). Cabe mencionar que las valvas en este nivel de infestación fueron claramente visibles en los tres hospederos y se localizaron entre el tumor y el tallo de la planta hemiparásita. El color de las valvas sigue siendo similar al observado en el nivel 1, es decir, de color verde oscuro con apariencia de hojas carnosas.



Figura 7. Nivel 2 de infestación mostrando, la tumoración de sauce (*Salix bonplandiana*) (A), la tumoración de fresno (*Fraxinus uhdei*) (B) y la tumoración de álamo (*Populus alba*) (C).

Para el nivel 3 de infestación (tumoración de 5-10 cm de longitud), de la misma manera que en el nivel 2, se lograron observar características distintivas, tanto en el hospedero como en el muérdago. Estas características son color y aspecto de las cortezas, así como: forma y coloración en la tumoración. En cuanto al color de la corteza del hospedero se pudo

observar que en álamo y fresno sigue siendo de color grisáceo y en el sauce color café claro. En los tres árboles infestados la corteza del muérdago va desde un color grisáceo a café, sin embargo, es más claro que la del hospedero, notando que no es de color verde claro como en las etapas tempranas del muérdago. Además, se lograron apreciar las hendiduras en la tumoración de los tres árboles hospederos, algo que no ocurrió en el nivel 2 (Figura 8). La coloración del tumor también presentó variación en relación al árbol hospedero, teniendo una coloración café claro a grisáceo (Figura 8).



Figura 8. Nivel 3 de la infestación por muérdago (*Psittacanthus* sp.) en álamo (*Populus alba*).

Para el nivel 4, considerado como el más alto nivel de infestación (tumoración mayor a 10 cm de longitud), se observaron variaciones en cuanto al color de la corteza de los hospederos y de la tumoración en relación a cada uno de ellos. Además, se pudo observar que esta tumoración tiene una gran capacidad de rebrotar puesto que se observaron ramas muy jóvenes de color verde y otras café oscuro que fueron las que se cortaron (Figura 9).

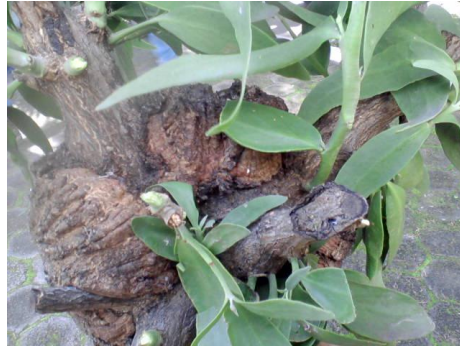


Figura 9. Nivel 4 de infestación por muérdago (*Psittacanthus* sp.) en la rama de fresno (*Fraxinus uhdei*).

7.3 Características microscópicas del hospedero antes y después de la infestación

Para describir las características microscópicas de los hospederos; fresno, álamo y sauce antes y después de la infestación, las muestras fueron sometidas a diferentes métodos de ablandamiento: método de ebullición y método de presión (Cuadro 1). Por el método de ebullición, solo en las muestras de fresno después de 24 hrs. fue posible realizar cortes en microtómo y por el método de presión, en las tres especies maderables después de 5 hrs. de tratamiento se lograron los cortes.

Cuadro 1. Tiempo de ablandamiento para los hospederos *Fraxinus uhdei* (fresno), *Salix bonplandiana* (sauce) y *Populus alba* (álamo) por el método de presión 120°C 1kg-cm² y el método de ebullición 100°C presión atmosférica.

Hospederos	Método de presión (horas)			Método de ebullición (horas)		
	1	3	5	12	24	36
<i>Fraxinus uhdei</i> (fresno)	X	X	✓	X	✓	
<i>Populus alba</i> (álamo)	X	X	✓	X	X	X
<i>Salix bonplandiana</i> (sauce)	X	X	✓	X	X	X

7.3.1 Características microscópicas del álamo antes y después de la infestación en los niveles 2 y 3.

En el nivel 2 de álamo antes de la infestación (Figura 10A) se distinguen 3 zonas de crecimiento, en las cuales se observan los vasos de manera abundante con un acomodo que va desde solitarios hasta múltiples radiales de 2, 3, 4, 5 y 6, así como agrupados de 3, 4 y 5. La primera y la segunda zona de crecimiento fueron muy similares entre si en cuanto al tipo y al acomodo de los vasos, mientras que la tercera difiere en los mismos aspectos de las dos primeras. Sin embargo, después de la infestación (Figura 10B) no se logra distinguir ninguna zona de crecimiento y en el acomodo de los vasos se observan muy pocos solitarios y la gran mayoría son agrupados que van desde 2, 3, 4 y 5. Cabe mencionar que la tercera zona de crecimiento antes de la infestación y la zona de crecimiento después de la infestación fueron muy similares en cuanto al tipo y acomodo de los vasos. La diferencia en sentido longitudinal de la rama de álamo entre los cortes antes y después de la infestación fue de 15 cm.

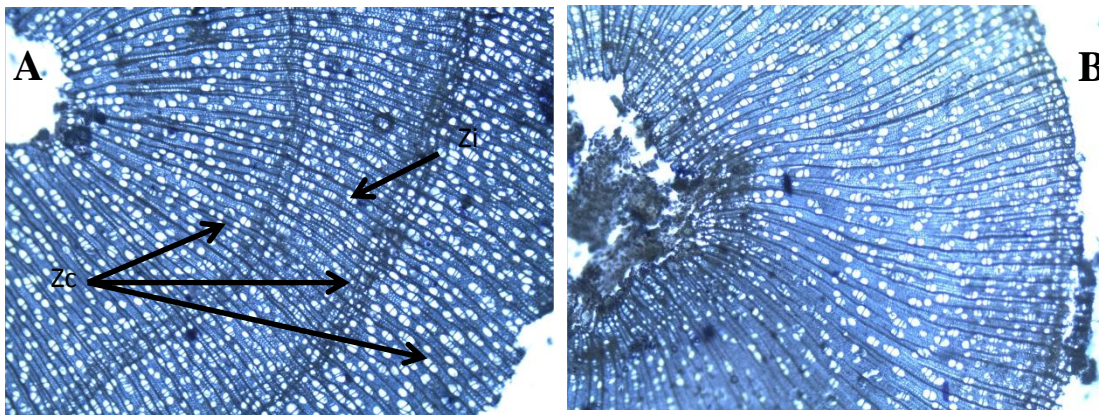


Figura 10. Corte transversal con microtómo del xilema de *Populus alba* (álamo) en el nivel 2 antes (A) y después (B) de la infestación. Antes de la infestación se observan zonas de crecimiento (Zc) y una posible zona de infestación (Zi). Después de la infestación no se distinguen zonas de crecimiento.

Para el nivel 3 de álamo se observan 6 zonas de crecimiento antes de la infestación y 5 después de la misma (Figura 11 A, B), en las cuales se observa que los vasos son muy abundantes, solitarios y múltiples radiales de 2, 3, 4, 5 y 6, así como múltiples tangenciales de 2 y agrupados de 6 y 7. El arreglo de vasos es muy similar antes (Figura 11A) y después (Figura 11B) de la zona de infestación. Antes de la infestación se logró observar que en la tercera zona de crecimiento hubo un cambio en el patrón de los vasos, notando presencia en su mayoría de vasos solitarios, así como una disminución de los mismos. Después de la infestación se logra observar un diámetro de vasos muy homogéneo en la cuarta y quinta zona de crecimiento.

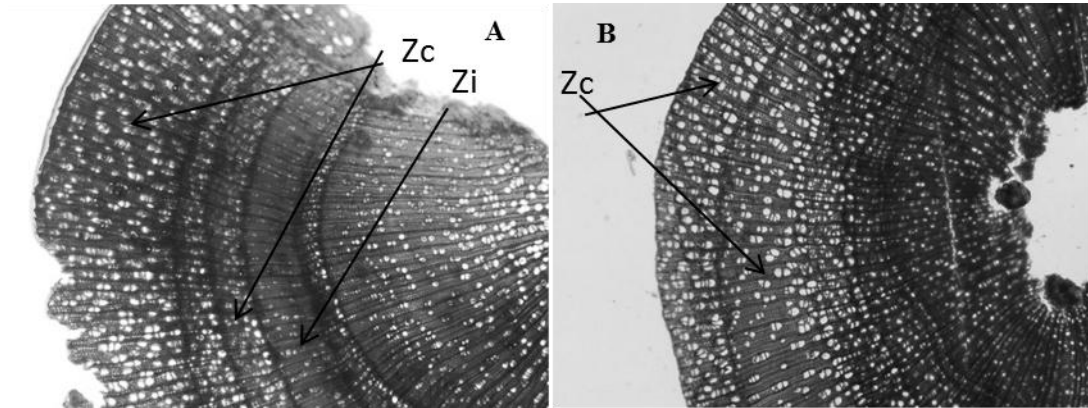


Figura 11. Corte transversal en micrótopo de *Populus alba* (álamo) en el nivel 3 antes (A) y después (B) de la infestación. Antes de la infestación se observaron 6 zonas de crecimiento (Zc) y una posible zona de infestación (Zi). Después de la infestación solo se observaron 5 zonas de crecimiento (Zc).

7.3.2 Características microscópicas del fresno antes y después de la infestación en los niveles 2 y 3.

Los cortes en microtopo del fresno mostraron un arreglo de vasos de forma anular. En el nivel 2 de infestación (Figuras 12A y B), antes de la misma (Figura 12A), se pudieron apreciar cinco zonas de crecimiento, notando que la primera zona muestra vasos pequeños

que van desde solitarios a múltiples radiales de 2 y 3, mientras que a partir de la segunda zona los diámetros de los vasos son visiblemente mayores, observándose vasos solitarios, múltiples radiales de 2, múltiples tangenciales de 3 y agrupados de 3. Después de la infestación (Figura 12B) se observaron cuatro zonas de crecimiento y no se observan variaciones en cuanto al diámetro de los vasos y se encuentran en múltiples tangenciales de 3 y radiales de 2.

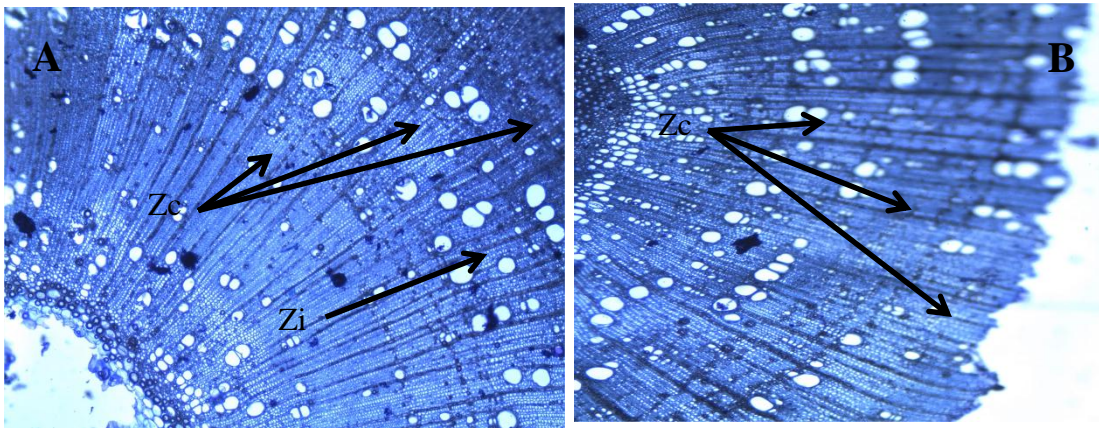


Figura. 12. Corte transversal en micrótopo de *Fraxinus uhdei* (fresno) en el nivel 2 antes (A) y después (B) de infestación. Antes de la infestación se observaron 5 zonas de crecimiento (Zc) y una zona de posible infestación (Zi). Después de la infestación solo se observaron 3 zonas de crecimiento (Zc).

Para el nivel 3 de infestación en fresno, similar al del segundo nivel, se muestra un acomodo de los poros de manera anular, apareciendo en la primera zona de crecimiento poros pequeños solitarios y múltiples radiales de 2 y 4, mientras que en las demás zonas de crecimiento se observan poros grandes que van desde solitarios hasta múltiples radiales de 2 y múltiples tangenciales de 2 y 3 (Figura 13). El arreglo y el número de poros es muy similar, tanto antes (Figura 13A) como después (Figura 13B) de la infestación. El diámetro y el número de poros se perciben como ligeramente mayor antes de la infestación, siendo más evidente en la primera zona de crecimiento.

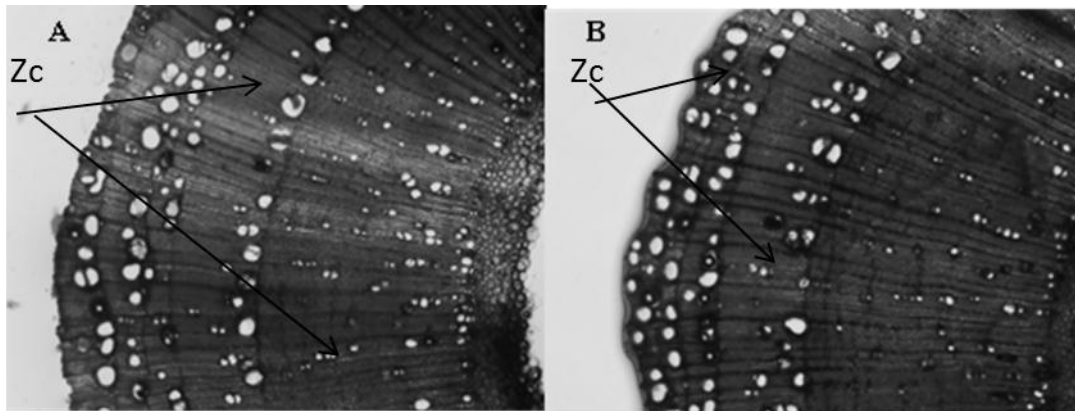


Figura 13 Corte transversal en micrótopo de *Fraxinus uhdei* (fresno) en el nivel 3 antes (A) y después (B) de la infestación. Antes de la infestación se observaron 5 zonas de crecimiento (Zc) y una zona de posible infestación (Zi). Después de la infestación solo se observaron 4 zonas de crecimiento (Zc).

7.3.3 Características microscópicas del sauce antes y después de la infestación en los niveles 2 y 3.

En la estructura anatómica del sauce antes de la infestación y clasificada con nivel 2 (Figura 14A) se observaron lo que podrían ser tres zonas de crecimiento según el arreglo de los poros presentes, siendo éstos en su mayoría solitarios. Sin embargo, también los podemos encontrar agrupados de 2, 3, 4 y 5. En la segunda zona de crecimiento se observó una disminución en el número de poros así como en el arreglo, apareciendo mayoritariamente vasos solitarios y pocos radiales de 2 vasos. Mientras que después de la infestación (Figura 14B) solo se observaron dos posibles zonas de crecimiento, en las que aparecieron en su mayoría poros solitarios y en la segunda zona se logró distinguir un incremento en el número de poros, en el diámetro y en el acomodo (2 hasta 7 vasos) con respecto a la primera zona de crecimiento.

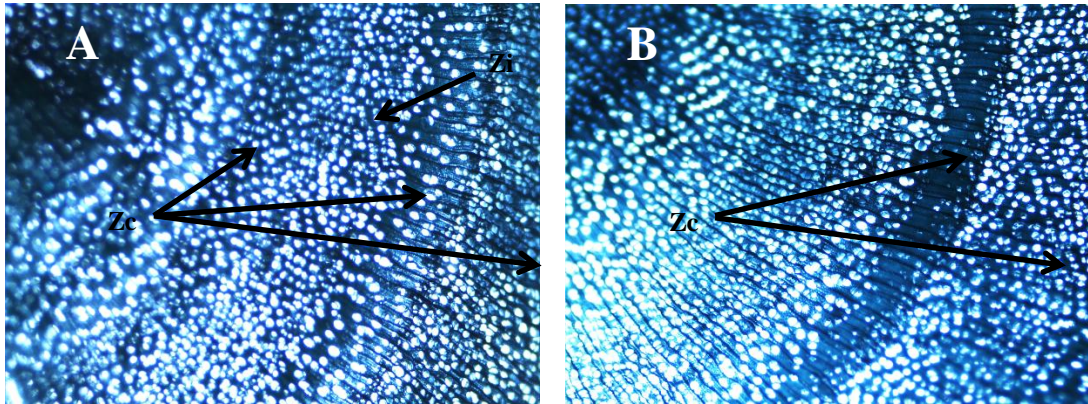


Figura. 14. Corte transversal de *Salix bonplandiana* (sauce) antes (A) y después (B) de la infestación. Antes de la infestación se observaron 3 zonas de crecimiento (Zc) y una posible zona de infestación (Zi). Después de la infestación se observaron 2 zonas de crecimiento (Zc).

En los cortes realizados del xilema de sauce con una tumoración clasificada con nivel 3, se observaron dos zonas de crecimiento con abundantes poros, los cuales van desde solitarios hasta múltiples radiales de 2, 3, 4, 5 y 6, así como múltiples tangenciales de 2 y agregados de 4 y 7. Sin embargo, los cortes no muestran una diferenciación en el arreglo y diámetro de los poros al inicio y final de la zona de crecimiento, patrón que fue similar tanto antes como después de la infestación (Figura 15).

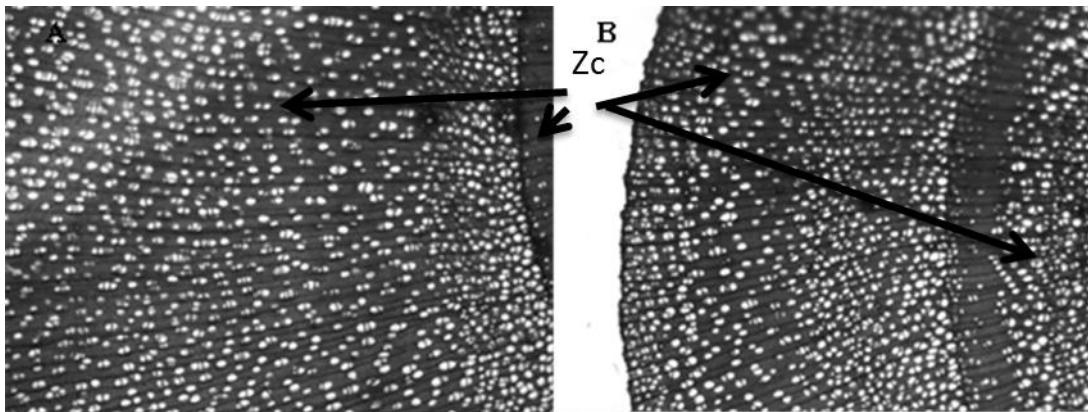


Figura 15. Corte en micrótopo que muestra los vasos presentes en sauce *Salix bonplandiana* (sauce), A) antes de la infestación y B) después de la infestación. Las zonas de crecimiento (Zc) son claramente definidas, tanto antes como después de la infestación, apareciendo con un arreglo difuso de poros sin variación aparente en el diámetro.

El diámetro de vasos de los hospederos álamo, fresno y sauce antes y después de la infestación ocasionada por la palta hemiparásita de muérdago en los niveles denominados como 2 (tumoración no mayor a 5 cm de longitud) y 3 (tumoración de 5 a 10 cm de longitud) se presenta en el cuadro 2. En el álamo, se observa que antes de la infestación el diámetro de los vasos es menor que después de la infestación, ya que presentan un promedio de 34 μm y 39 μm respectivamente. Para el caso de sauce se pudo observar un comportamiento similar al del álamo. Un comportamiento contrario al antes mencionado se observó para el caso de fresno. Los valores de diámetro de vaso para dicha especie fueron de 79 μm y 77 μm antes y después de la infestación. Todos los valores antes mencionados se observaron en el nivel 2 de infestación. Mientras que para el nivel 3 se pudo apreciar un patrón de comportamiento similar al observado en el nivel 2, aunque varió en cuanto a las especies. En álamo el patrón en cuanto a diámetro de vaso fue igual en ambos niveles de infestación. Mientras que, en fresno y sauce el comportamiento de diámetro de vaso es opuesto entre el nivel 2 y el 3.

Otro comportamiento que se pudo observar en el diámetro de vaso fue una variación en cuanto su diámetro en relación a su nivel de infestación. Para el caso del álamo antes de la infestación del nivel 2 al nivel 3 el aumento en el diámetro de vaso fue de 125% mientras que después de la infestación fue de 116%. Para el caso de fresno los resultados obtenidos de diámetro de vaso del nivel 2 al nivel 3 fueron de 58% y 71% antes y después de la infestación respectivamente. Finalmente, para el sauce el aumento en el diámetro de vasos de los niveles antes mencionados fueron de 100% y 84% antes y después de la infestación respectivamente. El análisis estadístico se llevó a cabo comparando el antes y después en cada nivel en cada especie, con un valor de α 0.05 de significancia, observando que para el nivel 2 el álamo es el único que presenta diferencia estadísticamente significativa en el diámetro de vasos antes y después de la infestación. Mientras que para el nivel 3 en los tres hospederos se observó diferencia estadísticamente significativa en el diámetro de vaso antes y después de la infestación.

Cuadro 2. Valores promedio para diámetro de vaso antes y después de la infestación en los niveles 2 (tumorción que no supera los 5 cm de longitud) y 3 (tumorción de 5 a 10 cm de longitud) por muérdago en ramas de *Populus alba* (álamo), *Salix bonplandiana* (sauce) y *Fraxinus uhdei* (fresno), así como variables de dispersión.

Mediciones	<i>Populus alba</i> (álamo)				<i>Fraxinus uhdei</i> (fresno)				<i>Salix bonplandiana</i> (sauce)			
	A2	D2	A3	D3	A2	D2	A3	D3	A2	D2	A3	D3
Diámetro (μm)	34 b	39 a	85 b	91 a	79 a	77 a	91 b	109 a	46 a	48 a	92 a	81 b
Desvest (μm)	5	9	15	18	32	33	34	35	8	9	14	16
Máximo (μm)	43	51	110	123	133	146	158	163	65	72	126	115
Mínimo (μm)	27	19	54	63	37	32	50	59	34	33	69	55

A2: antes de la infestación en nivel 2, **D2:** después de la infestación en nivel 2, **A3:** antes de la infestación nivel 3, **D3:** después de la infestación nivel 3. **Desvest:** desviación estándar. Letras diferentes existe diferencia estadísticamente significativa.

7.4 Descripción macroscópica de la infestación

Considerando que el método de ablandamiento por presión fue en el que se utilizó el menor tiempo, únicamente se realizaron las pruebas con este método para determinar las características representativas de cada uno de los niveles de infestación con los que se

trabajó. Se observó que a las 5 horas de someter las muestras a un ablandamiento mediante el método antes mencionado, se pudo eliminar la corteza de los tres hospederos. Al mismo tiempo que se pudo desprender el muérdago sin dañar al hospedero. Para el nivel 1 de infestación de sauce, álamo y freso se observó que después del ablandamiento, como ya se menciono, se retiró la corteza del hospedero y el muérdago en su totalidad. En la rama se pudo observar la presencia de una ranura en forma de ojal de botón, color café o negro, que abarcaba las primeras capas del xilema. En las terminaciones de la ranura, de forma longitudinal, se logró observar una grieta de aproximadamente 1 cm de distancia antes y después de la infestación (Figura 16).

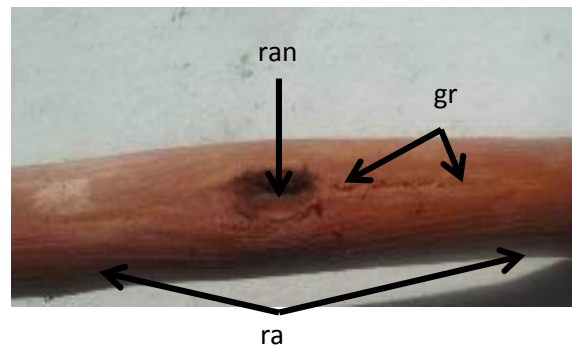


Figura 16. Rama de *Salix bonplandiana* (sauce) ablandada (ra) que presenta el nivel 1 de infestación que muestra una ranura (ran) y una grieta (gr).

Una vez realizado el ablandamiento se pudo observar en los niveles 2, 3 y 4 una variación en la estructura del tumor, esto es una parte rígida próxima a la rama con hendiduras que al ablandarse presenta una coloración café claro y una parte blanda y rugosa próxima al muérdago de coloración café oscura (Figura 17). La separación de estas dos partes fue fácilmente de forma manual, quedando por un lado la rama del muérdago y la zona blanda y por otro lado la rama del hospedero y la zona rígida. Estas dos zonas forman parte de lo que se denominó como tumor y no se lograron distinguir fácilmente sin el tratamiento.

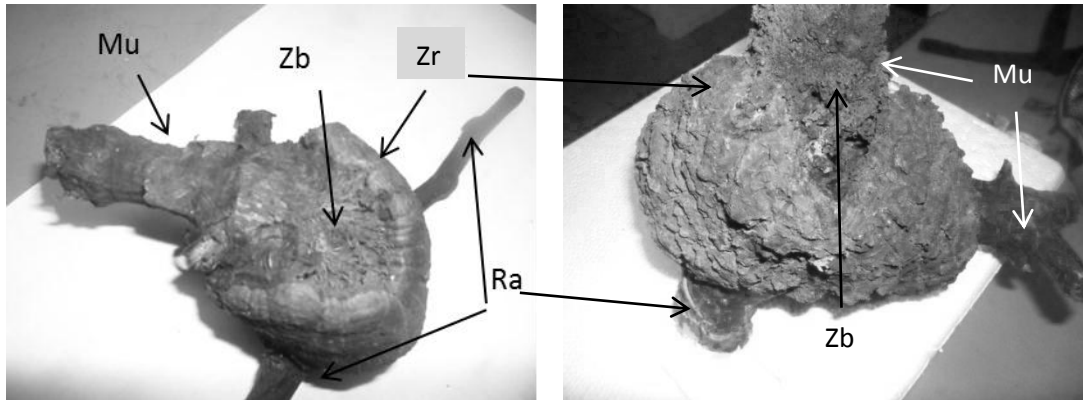


Figura 17. Rama de *Fraxinus uhdei* (fresno) infestada por *Psittacanthus* sp. (muérdago) después de tratamiento de ablandamiento. El muérdago (Mu) se conecta con el hospedero mediante la zona blanda (Zb), presenta una zona rígida (Zr) y ésta a su vez se conecta con la rama del hospedero (Ra).

La parte blanda del tumor sometida a ablandamiento es una sustancia pulverulenta pegajosa de color café claro. La sustancia pegajosa, anteriormente mencionada, estuvo presente en ambas partes, es decir, en la parte blanda y en la parte rígida. Dicha sustancia fue retirada con agua corriente, lográndose observar una modificación en la rama del hospedero en forma de roseta, la cual presenta hendiduras en todo lo ancho independientemente del árbol hospedero. Considerando que esta roseta forma parte de la rama del hospedero se le denominó “xilema modificado”.

En la roseta se logró identificar algunas características que varían en función de la especie de hospedero y el nivel de infestación. En la roseta correspondiente al nivel 2 (Figura 18A, B y C), para el caso de álamo y fresno se logró observar la presencia de hendiduras, las cuales no sobrepasan la misma estructura, caso contrario a sauce donde las hendiduras sobrepasan la roseta. También se pudo notar que la roseta de álamo y sauce son más grandes en diámetro en comparación con la de fresno. Otra característica que se logró observar es que la parte central de la roseta varía en cuanto su profundidad, esto es, en el fresno se observa aparentemente muy profunda respecto a las otras dos.

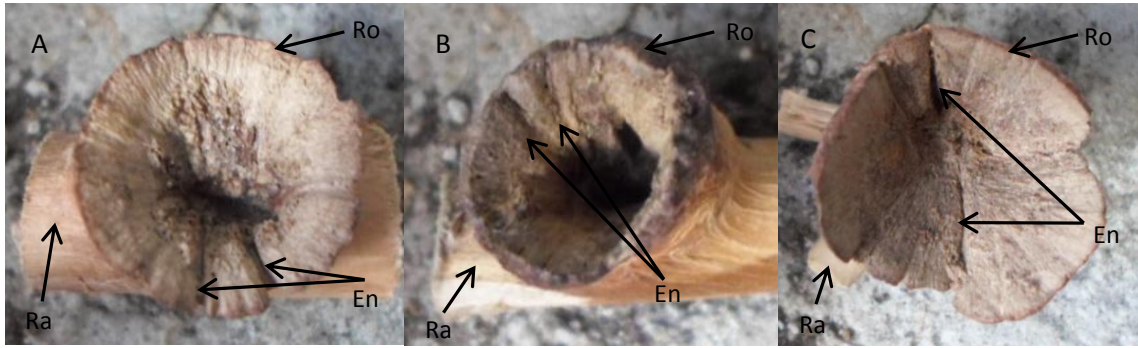


Figura. 18- Rosetas o xilema modificado formadas por la presencia de *Psittacanthus* sp. (muérdago) en diferentes especies de hospedero en el nivel 2 de infestación. Rama de *Populus alba* (álamo) (A), rama de *Fraxinus uhdei* (fresno) (B) y rama de *Salix bonplandiana* (sauce) (C) donde se muestra la rosera (Ro) y las hendiduras (En).

El xilema modificado que se logró observar en el nivel 3 (figura 19 A, B y C) es más variable en forma y tamaño en relación al xilema modificado observado en el nivel 2. En el álamo la roseta es más ancha y de mayor espesor, por lo que las hendiduras siguen sin sobrepasar la roseta. Por su parte, en el fresno las hendiduras traspasan la roseta, ya que ésta es muy delgada, dándole a la roseta una forma arbolada es decir, la roseta tiene únicamente tres cuartos desarrollados. En el caso del sauce, las hendiduras también traspasan la roseta, siendo esta la más delgada en comparación con la roseta del fresno (Figura 19C).

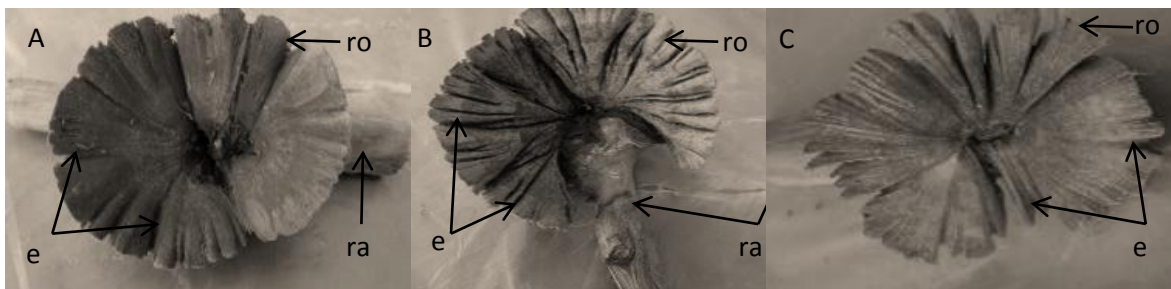


Figura. 19. Rosetas o xilema modificado formadas por la presencia de *Psittacanthus* sp. (muérdago) en diferentes especies de hospedero en el nivel 3 de infestación. Rama de *Populus alba* (álamo) (A), rama de *Fraxinus uhdei* (fresno) (B) y rama de *Salix bonplandiana* (sauce) (C) donde se muestra la rosera (Ro) y las hendiduras (En).

En el nivel 4 la roseta presenta variaciones en relación al hospedero (Figura 20). En el caso de álamo no se percibe un efecto de aumento en cuanto al espesor y al diámetro de la roseta, al contrario se observó un deterioro en la misma (Figura 20A). Para fresno, que contaba con el xilema modificado más delgado en los niveles 2 y 3, en este nivel fue al contrario, ya que la modificación tuvo mayor espesor respecto a dichos niveles, así como en relación al xilema modificado de sauce y álamo. Las hendiduras e este nivel de infestación en fresno no traspasan la roseta mostrando una forma como de cenicero (Figura 20B). La inclinación del xilema modificado respecto a la rama del hospedero varió en relación al hospedero. En sauce y álamo la inclinación fue de alrededor de 10°, mientras que para fresno se presentó una inclinación de cerca de 90°, con una curvatura muy pronunciada dándole esta característica la forma de cenicero que se menciona anteriormente. Finalmente en el sauce las hendiduras traspasan toda la modificación en diferentes partes de la misma dándole una forma similar al crecimiento de un coral (Figura 20C).

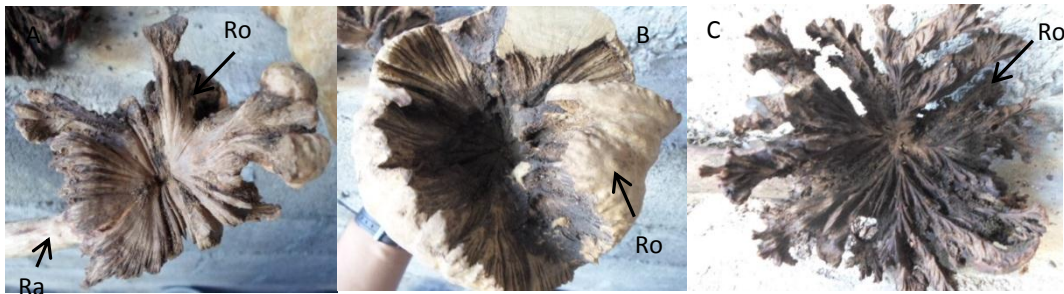


Figura. 20 Rosetas o xilema modificado formadas por la presencia de *Psittacanthus* sp. (muérdago) en diferentes especies de hospedero en el nivel 4 de infestación. Rama de *Populus alba* (álamo) (A), rama de *Fraxinus uhdei* (fresno) (B) y rama de *Salix bonplandiana* (sauce) (C) donde se muestra la rosera (Ro) y las hendiduras (En).

Al realizar el corte longitudinal en el centro del xilema modificado en el nivel 3 de infestación, se pudo observar que la penetración de dicha planta hemiparásita en cada uno de los hospederos se da en las primeras capas del xilema, siendo independientemente de la especie utilizada (Figura 21). A través de este corte se pudo constatar que la roseta forma

parte del hospedero. Otro de los aspectos que se logró observar en los tres hospederos, es que a una distancia de aproximadamente 2 cm antes de la zona de infestación, se comienza a modificar la dirección del hilo, apareciendo casi de forma perpendicular al eje longitudinal de la rama, lo cual da origen a la modificación de la tumoración en forma de roseta (Figura 21). Además se pudo notar que la coloración también se modifica (después de someter a ablandamiento), ya que se observan regiones con colores café oscuro en la zona de modificación o roseta.

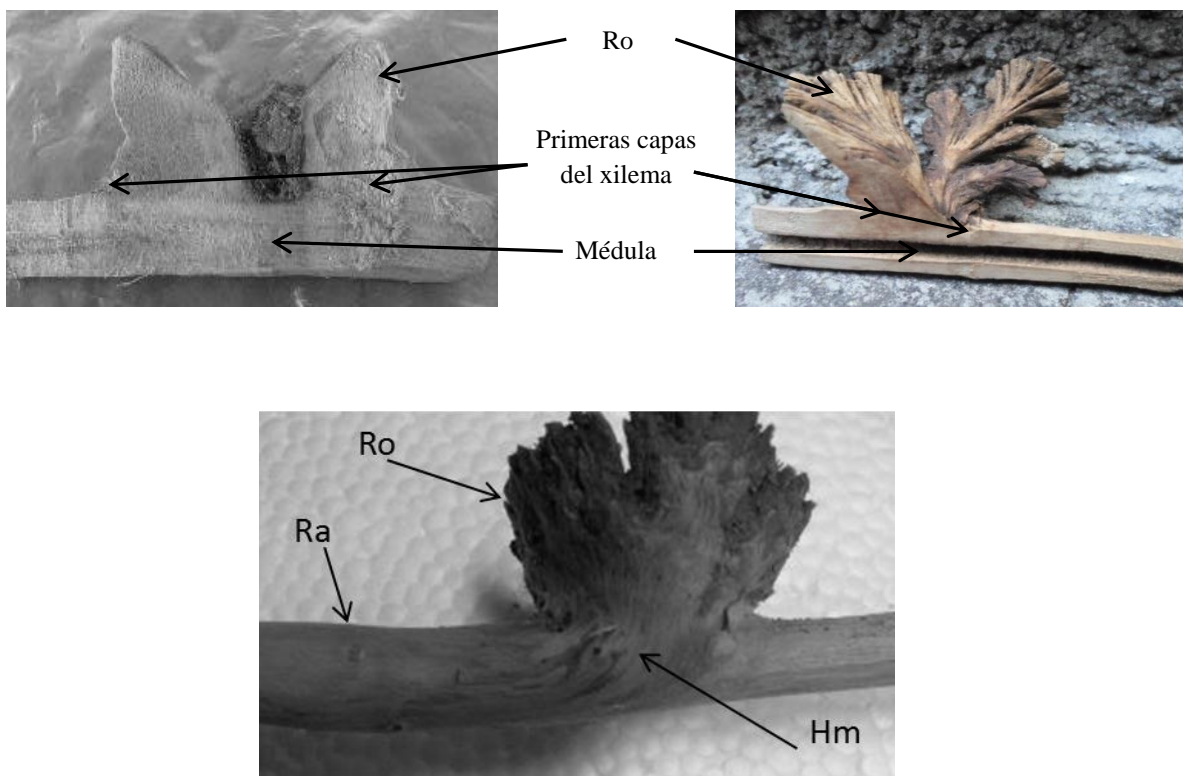


Figura 21 Rama de *Populus alba* (álamo) y *Fraxinus uhdei* (fresno) cortada de manera longitudinal, observando que la penetración de *Psittacanthus* sp. (muérdago) únicamente es en las primeras capas del xilema y la modificación del hilo. Mostrando la roseta (Ro), la rama del hospedero (Ra) y el hilo modificado (Hm).

7.5 Características microscópicas del xilema modificado

Después de 5 horas de ablandamiento se pudieron realizar cortes en el microtómo para el xilema modificado en el nivel 4 de los hospederos de sauce, álamo y fresno. Cabe mencionar que se presentó una excepción y ésta fue para fresno, ya que se tuvo que seccionar el tumor en cubos 1 x 1 x 2 cm y someter nuevamente a estos a ablandamiento por un lapso de 3 horas, dando un total de 8 horas de ablandamiento. Otro aspecto distintivo para este mismo hospedero fue que los cortes de la zona de infestación se realizaron con cierto grado de inclinación respecto al eje de la rama, o en su caso a 45° respecto a la curvatura que presente el xilema modificado (Figura 22), lo cual no se presentó en los otros hospederos.

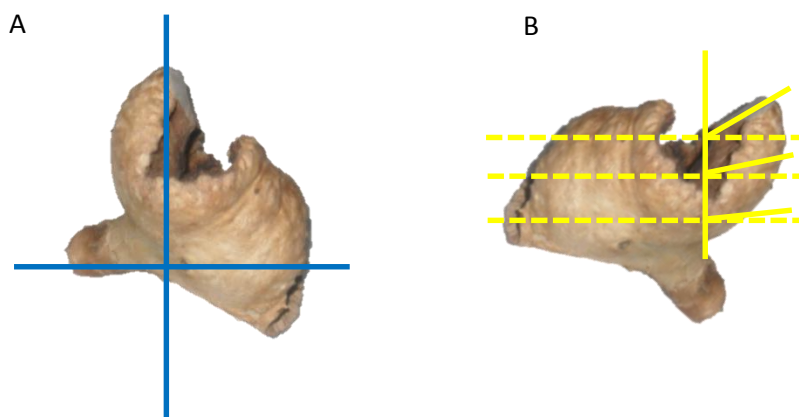


Figura. 22 Rama de *Fraxinus uhdei* (fresno) que muestra la manera de obtener el material para microtómo. Ángulo respecto al eje de rama (A) y ángulos respecto a la modificación (B).

Los cortes en microtómo en el sentido radial, tangencial y transversal del xilema modificado de los diferentes árboles hospederos, se obtuvieron solamente en el nivel 4, dado que en los niveles 2 y 3 no fue posible tener un corte típico radial y tangencial solo el transversal, por lo que no se tomaron en consideración los niveles 2 y 3.

En el corte transversal del xilema modificado para el caso de álamo, se pueden observar los vasos notando que en su mayoría son agrupados (2, 3 4 y 7) y no se observan modificaciones en cuanto a su diámetro en el corte obtenido (Figura 23A). En el caso de sauce, el acomodo de vasos fue desde solitarios hasta agrupados en su mayoría de 2, 3, 4 y 5, conservando un arreglo de tipo difuso (Figura 23B). En el xilema modificado de estos dos hospederos no se pueden observar zonas de crecimiento. Finalmente, para el caso de fresno se observa la presencia de poros solitarios y estos varían en su diámetro, lo cual puede considerarse como una posible zonas de crecimiento, ya que se logró identificar poros con un diámetro mayor al inicio de la misma y el diámetro de estos va disminuyendo con forme termina la zona de crecimiento, dando lugar a una posible porosidad anular (Figura 23C).

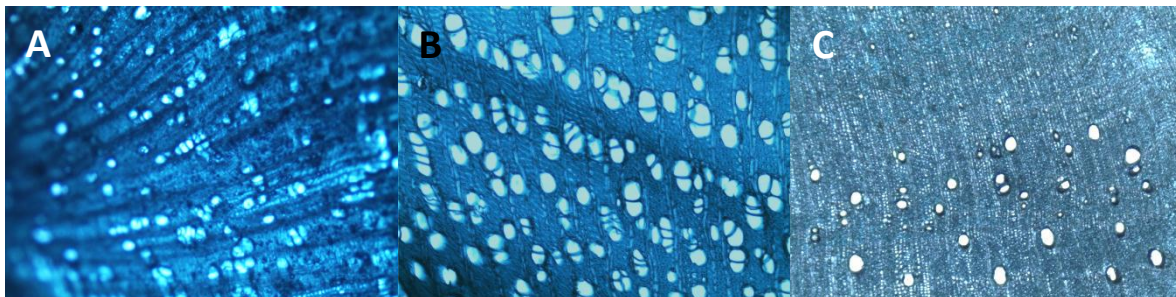


Figura 23. Corte en micrótopmo del xilema modificado en dirección transversal de los hospederos *Populus alba* (álamo) (A), *Salix bonplandiana* (sauce) (B) y *Fraxinus uhdei* (fresno) (C) que muestra el acomodo de los vasos (Va).

En el caso del corte radial del xilema modificado, para álamo, sauce y fresno se muestran los típicos campos de cruzamiento entre los radios y las fibras, logrando identificar algunos vasos dentro de estos campos de cruzamiento (Figura 24A y B). Finalmente, en el caso de fresno, no se logró observar los campos de cruzamiento en toda la sección del corte en microtómo (Figura 24C). Mientras que en un acercamiento de los campos de cruzamiento en esta misma sección se logró identificar estructuras denominadas como puntuaciones dentro de las células que podrían ser los radios por su posición inclinada y en las células que aparecen de manera vertical.

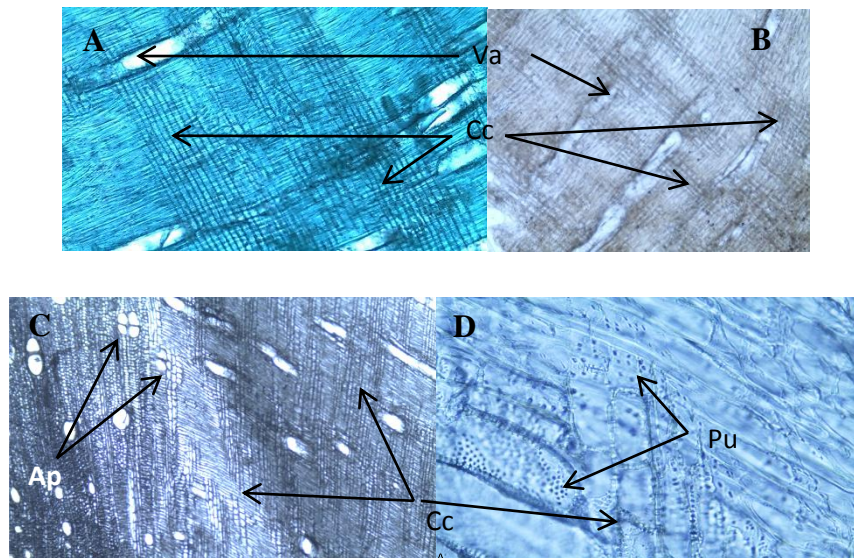


Figura 24. Corte en micrótopo del xilema modificado en dirección radial de los hospederos *Populus alba* (álamo) (A), *Salix bonplandiana* (sauce) (B) y *Fraxinus uhdei* (fresno) (C), mostrando los vasos (Va), agrupamiento de poros (Ap), los campos de cruzamiento (Cc) y las puntuaciones (Pu), vistos a 10X. Corte radial del xilema modificado de fresno visto a 40X (D).

En el xilema modificado también se logró realizar cortes en sentido tangencial en los tres los hospederos (Figura 25 A, B y C). El acomodo de los típicos radios varió de acuerdo a cada especie, esto es, para el caso de álamo (A) se pudo observar que los radios que presenta son de tipo uniseriado y biseriado y presentan un acomodo muy homogéneo de manera lineal, para sauce (B) se observó que los fueron de tipo uniseriados, biseriados y triseriados con un acomodo irregular. Finalmente, para fresno (C), los radios no se presentan en la típica forma de uso, ya que por la modificación en curan un diseño en espiral y la mayoría de ellos son de tipo poliseriados.

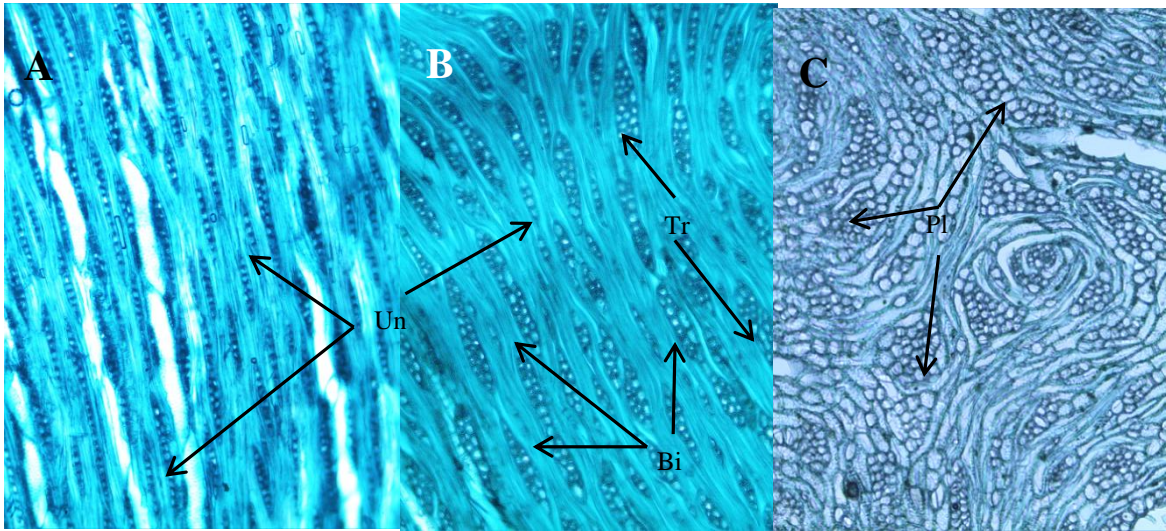


Figura 25. Corte en micrótopmo del xilema modificado en dirección tangencial de los hospederos *Populus alba* (álamo) (A), *Salix bonplandiana* (sauce) (B) y *Fraxinus uhdei* (fresno) (C), mostrando los radios de tipo uniseriados (Un), biseriados (Bi), triseriados (Tr) y poliseriados (Pl).

8 DISCUSIÓN

El *Populus alba* (álamo), el *Fraxinus uhdei* (fresno) y el *Salix bonplandiana* (sauce) se localizaron en tres sitios y se pudo colectar en las etapas de pre-infestación y en los diferentes niveles de infestación por *Psittacanthus* sp. (muérdago) en un mismo árbol para los tres casos. No se conocen estudios respecto a la descripción y evolución de los niveles de infestación provocada por muérdago. Los resultados obtenidos sugieren que los diferentes niveles de pre-infestación e infestación están relacionados con hospederos crecidos en zonas con alta cantidad de humedad y hospederos que se distribuyen en las orillas de los ríos y lagos. Esta idea es soportada por el trabajo de Granados-Sánchez y colaboradores (2006), quienes mencionan que álamo, fresno y sauce se localizan cerca de lugares con un microclima húmedo y por tal motivo son considerados como organismos de vegetación rarápá o riverseña.

En los tres hospederos mencionados, se pudieron identificar semillas recién ancladas a los hospederos en la parte baja de la copa de los árboles en dirección lineal a la ubicación de plantas de muérdago maduras, lo que hace suponer que la infestación de esta planta hemiparásita no es solamente por aves o por el viento (Vázquez-Collazo *et al.* 2006), sino que también puede ser dada por gravedad. Otra de las características que se pudo identificar fue la presencia de una sustancia mucilaginosa y pegajosa, la cual muchos autores la denominan como viscina (Vázquez-Collazo *et al.* 2006 y Alvarado-Rosales y Saavedra-Romero 2005) y esta sustancia solo se pudo apreciar al momento en que se fracturó el pericarpio. Por lo que se propone que para estudios posteriores se considere la germinación de las semillas de *Psittacanthus* sp. en condiciones de *in vitro* e *in vivo* y poder elucidar más a detalle la viscina.

Los resultados mostraron que en el nivel 1 de la pre-infestación por muérdago en los hospederos álamo, fresno y sauce se logró observar la aparición de dos hojas verdaderas, lo cual coincide con los reportes donde han clasificado al muérdago como dicotiledónea (Marchal-Valencia 2004). Además, se pudo observar que el inicio de la infestación es a

través de acción mecánica, ocasionando una fractura de la corteza y en las capas del xilema cercanas al floema, lo cual coincide con lo observado en cuanto a la fractura de la rama del hospedero ocasionado por la penetración del haustorio y rompimiento de las primeras capas del xilema de los géneros *Cladocolea loniceroides*, *Phoradendron* sp. y *Viscum* sp. (Paine y Harrison 1992 y Alvarado-Rosales y Saavedra-Romero 2005). Sin embargo, en los resultados obtenidos no se pudo percibir la presencia de este tipo de haustorio probablemente debido al método de ablandamiento utilizado, dado que el haustorio es una matriz no leñosa.

Descripción macroscópica de los niveles de infestación

Los resultados también mostraron la evolución del tumor promovido por la planta hemiparásita de muérdago en los diferentes niveles de infestación. El tumor únicamente se presentó en los niveles 2,3 y 4, por lo que fue a partir de estos niveles que se le denominó como infestación y corresponde al completo establecimiento del muérdago. En el nivel 2 solo se observó un engrosamiento hacia un lado de la rama en el punto de infestación, lo cual coincide en lo observado en cuanto a la alteración en la forma de la rama en árboles maderables, para *Arceuthobium* sp., *Phoradendron* sp. y *Viscum* sp., (Vazquez-Collazo *et al.* 2006). En los niveles 3 y 4 se percibió un envolvimiento del tumor hacia la rama. Sin embargo, no se puede descartar que en otros géneros no se de este tipo de característica, dado que no existen estudios sobre la descripción de la evolución de la planta hemiparásita.

La tumoración en las diferentes especies de hospederos presentó formas variadas dependiendo del nivel de infestación. El nivel 3 y 4 la forma del tumor es similar en todas las especies, a diferencia del nivel 2 en donde se pudo observar variación, siendo arriñonada en álamo y sauce y en forma de campana para el caso de fresno. Sin embargo, esta característica podría variar entre especies, lo cual no se pudo percibir ya que solo se consideró una muestra de cada nivel de infestación y no se tienen estudios sobre la posible

variación en cuanto a la forma del tumor. Por lo que en estudios posteriores se recomienda utilizar un método alternativo de ablandamiento y describir la evolución y germinación de las semillas de *Psittacanthus* sp. en diferentes hospederos. De la misma manera se sugiere realizar estudios con mayor cantidad de especies, en cuanto a, la posición de la rama respecto al eje del árbol y un mayor número de muestras en cada nivel, así como otras especies de muérdagos.

Características microscópicas del hospedero antes y después de la infestación

El ablandamiento de las especies maderables es necesario para la realización de cortes en microtómo. En fresno, sauce y álamo se observó un adecuado corte en microtómo después de 5 horas de ablandamiento a presión. Los resultados del presente trabajo no coinciden con lo reportado por Alcaraz-Vargas (2006) quien reporta que a las 16 horas de ablandamiento a presión pudo realizar cortes en la madera de álamo. Sin embargo, se han utilizado métodos similares mediante la utilización de ollas de presión caseras o digestores, con tiempos que van desde 4 horas hasta 14 horas (Vega-Samano 2002) para árboles frutales y de 15 minutos a 1 hora a 4 y 10 atmosferas en especies de mediana y alta densidad (Carrillo-Sánchez 2000). La variación en cuanto al tiempo de ablandamiento es posiblemente debido a los factores especie, densidad de los hospederos y el contenido de humedad previo al ablandamiento. Los resultados obtenidos mostraron una disminución de aproximadamente un 75% en el tiempo de ablandamiento utilizando condiciones de presión en comparación con el método de ebullición a presión atmosférica. Lo anterior dado que el ablandamiento para el caso de fresno mediante el método de ebullición se ha reportado con un tiempo de 22 horas como el óptimo para realizar cortes en microtómo (Pérez-López 2013), mientras que para álamo la reducción en tiempo es del orden del 90 %, dado que tiempo reportado es de 40 horas (García-Martínez 1996). Por tanto, se sugiere que en posteriores trabajos se utilice este método de presión con un mayor número de especies maderables, con diferentes contenidos de humedad previo al ablandamiento y variando la densidad de la madera.

El tipo de porosidad y el arreglo de vasos son características utilizadas en anatomía para la descripción de la madera con la que se está trabajando. En cuanto al tipo de porosidad para fresno se observó que fue anular en los niveles 2 y 3 tanto antes como después de la infestación. Lo anterior coincide con lo reportado anteriormente (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales 2005), para el caso de álamo y sauce el tipo de porosidad que se observó fue de tipo difuso, lo cual coincide con los reportes previos (García-Martínez 1996, Rodríguez-Urbe 1998, Alcaraz-Vargas 2006 y Undurraga 2007). Otro de los aspectos que se logró identificar en los resultados es que en los dos niveles de infestación antes de la tumoración producida por el muérdago se observó un mayor número de zonas de crecimiento y después de la tumoración, las zonas de crecimiento disminuyeron al menos una. Hasta nuestro conocimiento es la primera vez que se realiza este tipo de estudios en el cual se considera los números de zonas de crecimiento antes y después de la infestación producida por muérdago. Finalmente, otro aspecto que se logró observar en los tres hospederos es el acomodo de los vasos, siendo estos los más afectados por la presencia de la planta hemiparásita de muérdago. Esto es, en las ramas infestadas por muérdago se observó que los vasos solitarios son poco frecuentes y en su mayoría se encuentran agrupados de tipo múltiple radiales de 2 a 6 múltiples tangenciales de 2 y 3 y agrupados de 2 a 7. Los resultados obtenidos no coinciden con lo reportado por García-Martínez (1996), Rodríguez-Urbe (1998), Alcaraz-Vargas (2006) y Undurraga (2007), quienes reportan que para los tres hospederos en ramas sanas los vasos en su mayoría son de tipo solitarios aunque se pueden encontrar múltiples radiales de 2 a 4. Lo anterior nos hace suponer que los poros se agrupan para tener un mayor flujo de agua y nutrientes para proporcionar a la planta hemiparásita de muérdago. Esto podría explicar también el motivo por el cual el muérdago tiene una mayor conductancia estomática como lo menciona Urban y colaboradores (2012). Por lo que se recomienda que en trabajos futuros se consideren ramas infestadas y no infestas para comparar este tipo de modificaciones.

Cabe mencionar que los cortes en microtómo realizados para los niveles 2 y 3 fueron hechos a una distancia aproximada de 15 cm y 20 cm respectivamente. La distancia

mencionada anteriormente es considerada relativamente pequeña para encontrar una modificación tan drástica como es la disminución de una zona de crecimiento.

El diámetro de vasos junto con otras características es importante para la determinación taxonómica de las especies. En el presente trabajo únicamente se consideró el diámetro de los vasos antes y después de la infestación con la finalidad de evaluar una posible diferencia significativa entre los niveles 2 y 3 de infestación. Uno de los resultados que se pudo observar es que para el nivel 2 de infestación, solamente el álamo presentó diferencia significativa en cuanto al diámetro de los vasos, en tanto que el álamo y el sauce no mostraron diferencia significativa. Mientras que en el nivel 3 de infestación las tres especies de árboles hospederos mostraron diferencia significativa en cuanto al diámetro de los vasos. Lo anterior podría indicarnos que a medida que aumente el nivel de infestación la variación en cuanto al diámetro de vasos se ve más afectada, ocasionando así un mayor flujo de agua y nutrientes hacia la planta hemiparásita. Hasta nuestro conocimiento es la primera vez que se utiliza la característica de diámetro de los vasos para tratar de explicar la infestación por muérdago. Por lo que se recomienda comparar ramas sanas e infestadas por muérdago para corroborar los resultados.

Descripción macroscópica de la infestación

Los resultados obtenidos en las ramas infestadas por muérdago en especies de álamo (*Populus alba*), sauce (*Salix bonplandiana*) y fresno (*Fraxinus uhdei*) muestran que al inicio de la infestación se da una penetración a nivel de corteza y las primeras capas del xilema. Lo anterior coincide con Paine y Harrison (1992) considerando únicamente el nivel 1 de la pre-infestación. Además se logró observar que una vez que la planta hemiparásita logra penetrar dichas capas, modifica el xilema, formando una especie de roseta y que ésta estructura es su base de anclaje y desarrollo. Los resultados no coinciden con diversos autores que mencionan que el muérdago cuenta con un haustorio que es el encargado de

penetrar en el hospedero y romper las capas del xilema para anclarse y obtener sus nutrientes y que éste puede incluso llegar hasta la zona central de la rama del hospedero (Tercero-Bucardo y Kitzbenger, 2004). La idea de que el muérdago no penetra al hospedero y que es este último quien modifica su crecimiento del xilema para dar lugar a la base de anclaje, es soportada por el hallazgo de una sustancia de color marrón entre el muérdago y la roseta, la cual podría estar funcionando como adhesivo y no con la formación de haustorios en forma de raíces. Además, las hendiduras observadas en la roseta probablemente sea el mecanismo de incrementar el área de contacto entre el muérdago y el hospedero y así tener más anclaje con la sustancia adherente y ésta a su vez podría servir como membrana para la obtención y almacenamiento de agua y nutrientes. Los resultados posiblemente no coinciden con lo establecido por los autores antes mencionados tal vez por que no están considerando diferentes niveles de infestación. Por lo que en trabajos posteriores se recomienda la utilización de los niveles en diferentes especies maderables y diferentes especies de muérdago.

Características microscópicas del xilema modificado

En cuanto a lo observado en el presente estudio, cabe mencionar que es la primera vez que se hace un estudio sobre la zona de infestación por muérdago, en la cual, como se mencionó anteriormente, se presenta una estructura en forma de roseta. En dicha roseta se lograron identificar características anatómicas distintivas de la madera como son vasos, radios y fibras por tal motivo se decidió darle el nombre de xilema modificado. En cuanto al acomodo de los vasos se observó que se presenta el mismo patrón de vasos que presenta la rama del hospedero, esto es, para álamo y sauce se mostró un acomodo de vasos de tipo difuso que van desde solitarios hasta agrupados, mientras que para fresno se observó un acomodo de tipo anular. Para el caso del corte radial también se pudieron observar los típicos campos de cruzamiento en cada uno de los árboles hospederos. Estas características anatómicas del xilema modificado no solo coinciden con las características anatómicas de la rama del hospedero, sino que coinciden con lo establecido por Aguilar-Rodríguez y

Castro-Plata (2006), Alcaraz-Vargas (2006), Undurraga (2007) y Vela-Ramírez (2004), quienes han descrito anatómicamente madera de las especies utilizadas en el presente trabajo. Para el caso del corte tangencial del xilema modificado, los resultados no coinciden con lo establecido por ningún autor, ya que fue en los radios donde se observó una mayor modificación por la presencia del muérdago. Es decir, para el caso de madera de álamo Alcaraz-Vargas (2006) menciona que los rayos son uniseriados, en cambio los observados en el xilema modificado son de tipo uniseriados y biseriados en su mayoría. Para el caso de sauce se nota un mayor efecto del muérdago sobre el xilema modificado, observando que los radios presentes son raros uniseriados y en su mayoría son biseriados y triseriados, mientras que Undurraga (2007) en su trabajo menciona que los radios presentes en la madera de sauce son de tipo uniseriados heterogéneos. El fresno es en el que se observó con la mayor modificación en los radios de la roseta, puesto que Vela-Ramírez (2004) en su estudio menciona que los radios en la madera de fresno son de tipo uniseriado con células cuadradas y en este trabajo no se observó un típico acomodo en forma de uso en los radios en el xilema modificado y la mayoría de ellos son de tipo poliseriado y en forma de espiral, lo anterior a consecuencia de la modificación del hilo provocado por el muérdago.

9 CONCLUSIONES

Es la primera vez que se realiza una descripción de la infestación por muérdago a nivel macro y microscópico del punto de infestación y su relación con la planta huésped. El muérdago modifica el xilema del hospedero, formando una roseta, la cual posiblemente sirva de soporte al mismo.

La forma de anclaje es a partir de una sustancia que sirve como adhesivo y no mediante la formación de raíces modificadas.

Se logra percibir una modificación en el diámetro de vasos antes de la infestación como posible mecanismo de mayor eficiencia en el transporte de agua y nutrientes en comparación con la parte posterior a la infestación.

En el xilema modificado de los árboles hospederos álamo, sauce y fresno infestados por muérdago se logran realizar cortes en las tres direcciones de la madera radial, tangencial y longitudinal, lográndose identificar estructuras de importancia anatómica como son vasos, fibras y radios. Estos últimos es en los que se observó una mayor modificación puesto que algunos hospederos de presentar radios uniseriados pasaron a ser biseriados y poliseriados.

10 BIBLIOGRAFIA

Aguilar-Rodríguez S. y J. Barajas-Morales. (2005). Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. Sociedad Botánica de México. 77: 51-58 pp.

Aguilar-Rodríguez S. A. y B. J. Castro-Plata. (2006). Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del estado de México. Madera y Bosques 12(1). 95-115

Alcaraz-Vargas B.G. (2006). Caracterización anatómica y propiedades físico-mecánicas de la madera de *Populus deltoides* Bartr. Tesis de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 55 pp.

Alvarado-Rosales D. y L. de L. Saavedra-Romero (2005). El género *Cladocolea* (Loranthaceae) en México: muérdago verdadero o injerto. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 11:1 pp 5-9.

Ambriz-Parra J- E. (1999). Efecto del muérdago (*Psittacanthus macrantherus* Eichl) en las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus pringlei* Shaw. Tesis de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la madera, UMSNH. 94 pp.

Arguedas M. 2009. La “corona de agallas” (*Agrobacterium tumefaciens*). Kurú: Revista Forestal (Costa Rica), 6 (16).

Ávila-Calderón L. E. A. (2011). Evaluación de los componentes químicos básicos de la madera de *Pinus pringlei* infectada por el muérdago *Psittacanthus macrantherus*. Ciencia Nicolaita 54:7-16.

Carrillo-Sánchez A. (2000). Descripción anatómica microscópica y tendencias ecológicas estructurales de la madera de 11 especies de árboles y arbustos del matorral subtropical, del Municipio de Morelia, Michoacán México. Tesis de Maestría de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 106 pp.

Ceballos-Corona J. G. A., M.R. Ortega-Murillo, R. Alvarado-Villanueva, A. Sánchez-Trejo, J. D. Sánchez-Heredia, R. Hernández-Morales, M. Arredondo-Ojeda y P. Herrera-Hernández. (2011). Manual de prácticas de laboratorio y campo de Botánica I. Morelia Mich. 137 pp.

Cruz A. M. (2004). Las agallas de frutales. INIA Quilamapu. Tierra adentro. Especial frutales. 26-19 pp.

Galindo A. Jorge. 1968. El tumor del fresno causado por la asociación de cóccidos con *Septobasidium curtisii*. AGROCIENCIA Vol. 3. 97-100 pp.

García-Torres, L. (1993). Biología y control de especies parásitas, Jopos, Cuscutas, Striga y otras. Editorial Agrícola Española, 94 pp.

García-Martínez M. (1996). Caracterización anatómica de las maderas de *Populus deltoides* Mrshall (“Alamillo”), *Jacaranda mimossifolia* D. Don (“Jacaranda”) y *Delonix regia* (Boger) Raf (“Tabachín”). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Bilógicas y Agropecuarias. 81 pp.

Gómez-Sánchez M., L.J. Sánchez-Fuentes y L A. Salazar-Olivo. (2011). Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus* endémico del Nuevo Mundo. Revista Mexicana de Biodiversidad 82:1203-1218.

Granados-Sánchez D., Hernández-García M.A., López-Ríos G.F. (2006). “Ecología de las zonas ribereñas”. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 12 (1): 55-69.

Guridi-Gómez L. I. (1968). Anatomía de la madera de cinco especies tropicales de importancia económica. Tesis de licenciatura de la Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ciencias. 34pp.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2001). Catalogo Técnico de Nombres comunes de las especies Forestales Maderables. 128 pp.

López Flores A. G. (2013). Evaluación de la efectividad biológica de inhibidores de crecimiento para el control de muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*). Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. 134 pp.

Lüttge U. M. Haridasan, G.W. Fernández, E. A. de Mattos, P Trimborn, A. C. Franco, L. S. Caldas y H. Ziegler. (1998). Photosynthesis of mistletoe in relation to their hosts at various sites in tropical Brazil. 12: 167-174.

Marchal-Valencia D. (2004). El muérdago en la ciudad de México. Rev. Asociación Mexicana de Arboricultura. (2):1-32.

Méndez-Ventura M. I. Gil-Castillo, E. Hernández-Racardez, V. Leyva-Córdova y L. A. de los Santos Córdova. (2010). Biodiversidad. Instituto de difusión Técnica No. 10. Tabasco.

Meza-Aguilar M. del C. (1993). El ahuejote en la restauración del paisaje de Xochimilco. UNAM 5 pp.

Paine L. K. y H. C. Harrison. (1992). Mistletoe: Its role in Horticulture and Human Life. HHort Technology. 2(3). 324-330 pp.

Perdiguer-Brun A. J.F. Cañada M., F. Fernández- López y C. Colinas –González. (2001). Comparación de la eficacia de distintos productos químicos aplicados mediante tratamiento aéreo en el control del muérdago (*Viscum álbum*) sobre *Pinus halapensis*. Bol. San. Veg. Plagas. 27: 383-388.

Pérez-Laorga, E., F. Alguacil P. y J. L. Montero G. (2001). Distribución y características de la población del muérdago (*Viscum álbum austriacum*) en la comunidad valenciana. Sección de estudios y planificación forestal. Informes Técnicos. Plagas y Patología Forestal. Valencia, España. 6 p

Pérez-López M. (2013). Estudio sobre el grabado de madera comercial de *Fraxinus americana* L. (fresno americano) con laser de CO₂. Tesis de Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera del la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 80pp.

Rivas-Torres D. (2009). El muérdago en la ciudad de México. árbolAMA. Revista de la Asociación Mexicana de Arboricultura. A.C. 1-32 pp.

Rodríguez-Urbe A. (1998). Anatomía Microscópica de la madera de cinco especies de latifolias del Municipio de Morelia Michoacán México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 39 pp.

Sánchez R. R. y del Rio M. A. A. 1986. Evaluación de la infestación y consideraciones biológicas de la roya de los pinos (*Cronartium* sp.) en una plantación en Michoacán.

Tercero-Bucardo N. y T. Kitzberger. (2004). Características del establecimiento e historia de vida de *Misodendrum punctulatum* (Misodendraceae), un muérdago de Sudamérica austral. Revista Chilena de Historia Natural. 77: 509-521

Terrazas-Salgado T.M. (1988). Anatomía sistemática de la madera del género *Tapirira* sp (Anacardiaceae) con énfasis en México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas Centro Botánica Chapingo, México. 178pp.

Undurraga J.P. (2007). Caracterización de la madera de *Salix viminalis* L. X Jornadas Forestales de Estudiantes de Pregado. Universidad de Chile. Santiago Chile. 7 pp.

Urban J. R. Gebauer, N Nadezhdina y J. Cermák (2012). Transpiration and stomatal conductance of mistletoe (*Loranthus europaeus*) and its host plant, downy oak (*Quercus pubescens*). Biologia 67/5: 917-926.

Varela G. B. y A. A. Gurni. (2003). Análisis micrográfico de dos hemiparásitas argentinas usadas en medicina popular y su aplicación en el control de calidad. Acta Farm. Bonaerense 22 (1): 45-52

Vega-Sámano A. (2002). Estudio anatómico, densidad básica e índices de calidad de pulpa de l madera de 4 árboles frutales del Municipio de Morelia *Crataegus pubescens* (H. B. K.) Steud (tejocote), *Prunus serótina* Thrh (capulín borracho), *Prunus bintonii* (C.K. Allen) Kosterm (agucatillo) y *Psidium gujav* L. (guayabo). Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 125 pp

Vela-Ramírez (2004). Anatomía de la madera del muérdago establecido en árboles de la zona sur de la Ciudad de México. Departamento de Biología. 23pp.

Vázquez-Collazo I., R. Pérez C. y R. Pérez C. (1982). Efecto del parasitismo del muérdago (*Psittacanthus schiedeana* Cham. & Schlecht Blume) en el desarrollo de tres especies del género *Pinus*. Ciencia Forestal 40 (7): 48-6

Vázquez-Collazo I., A. Villa-Rodríguez, S. Madrigal-Huendo. (2006). Los muérdagos (Loranthaceae) de Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA, Libro Técnico No. 2 93pp