



Casa abierta al tiempo

**Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Iztapalapa**

**Anatomía e histoquímica del establecimiento del haustorio de
Struthanthus interruptus (Kunth) Blume, planta parásita de
Populus tremuloides Michx. Especie abundante en el arbolado del
Distrito Federal**

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

Biól. Exp. Jesús Rivera Tapia

Directora: Dra. Carmen de la Paz Pérez Olvera

Asesores: Dr. Jorge Soriano Santos

Dr. Guillermo Laguna Hernández

México D. F

Julio, 2016

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

Biól. Exp. Jesús Rivera Tapia
19 de julio de 2016

Sinodales



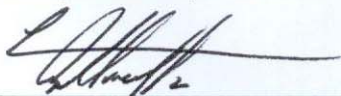
Presidente: Dr. Guillermo Laguna Hernández



Secretaria: Dra. Paz Alejandra Quintanar Isaías



Vocal: M. en C. Jacqueline Ceja Romero



Vocal: Dr. Miguel Ángel Armella Villalpando

La Maestría en Biología de la
Universidad Autónoma Metropolitana
pertenece al Padrón Nacional de Posgrado
de Calidad del CONACyT

El jurado designado por la
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó

Biól. Exp. Jesús Rivera Tapia
19 de julio de 2016

Sinodales

Presidente: Dr. Guillermo Laguna Hernández

Secretaria: Dra. Paz Alejandra Quintanar Isaías

Vocal: M. en C. Jacqueline Ceja Romero

Vocal: Dr. Miguel Ángel Armella Villalpando

DEDICATORIAS

A mis padres

A mi hermana

A mis sobrinos

A mis amigos

A mis profesores

1. RESUMEN

La presencia de las plantas parásitas de la familia Loranthaceae en el arbolado urbano de la Ciudad de México, constituye un problema de sanidad, que es importante atender, dado los beneficios que brinda un arbolado sano en la Ciudades. De las especies de muérdago introducidas en la ciudad, *S. interruptus* parasita cerca de 70 especies tanto nativas como introducidas de angiospermas y gimnospermas, frecuentes como poco abundantes en el arbolado, en donde se ha visto que *Populus tremuloides*, una especie dominante en el arbolado de la Ciudad, experimenta a corto plazo, un grado de infección y mortalidad mayor que las demás especies parasitadas. Por esta razón, resulta importante conocer el proceso de establecimiento de *S. interruptus* en *P. tremuloides*, partiendo del conocimiento de los eventos fenológicos, de pruebas de adhesión y germinación de los frutos en superficies vivas e inertes, así como de la evaluación del desarrollo del disco radicular en las fases prehaustorial y haustorial en árboles de vivero de *P. tremuloides*, desde los puntos de vista morfológico, anatómico e histoquímico. En el sitio de estudio de la delegación Miguel Hidalgo, se observó que los eventos fenológicos de floración y fructificación se sobrelapan; los frutos maduran en 8 meses con presencia de ellos en estado maduro de enero a mayo del 2011. En el mismo sitio, se recolectaron frutos de muérdago que crecían en árboles de *P. tremuloides*. Simulando la condición de como las aves desechan los frutos después de consumirlos, la mayoría de los frutos que fueron adheridos de forma paralela a las ramas, al celofán, al corcho y al vidrio, germinó (día 5) y sólo algunos de los que fueron adheridos a la superficie de las ramas y del corcho, se desarrollaron hasta la fase prehaustorial (día 14). Entre la fase prehaustorial y

haustorial ocurre una serie de eventos decisivos para el establecimiento de *S. interruptus*. La proliferación celular del endofito y su capacidad de romper y producir en una cavidad secretora, componentes celulares que digieren los tejidos del hospedante, darán lugar a la formación del haustorio primario, mediante la relación estrecha vaso-vaso. Hechos que ocurren a los 30 días a partir de la inoculación.

2. ABSTRACT

The presence of parasitic plants of family Loranthaceae in the urban trees of Mexico City is a problem. Species of mistletoe introduced to the city, *Struthanthus interruptus* parasitize about 70 native species and introduced species of angiosperms and gymnosperms, frequent as little abundant in the trees, where it has been seen that *Populustremuloides*, a dominant species in the woodland town, short-term experience, a degree of infection and greater than other species parasitized mortality. That's why, it is important to know the process of establishing *S.interruptus* in *P. tremuloides*, from the knowledge of phenological events adhesion test and germination of the fruit in living and inert surfaces, as well as development evaluation disc root in prehaustorial and haustorial nursery trees phases of *P. tremuloides*, from the points of morphological, anatomical and histochemical view. In the study site of the neighborhood Miguel Hidalgo, it was noted that phenological events flowering and fruiting-overlapping; the fruits ripen in 8 months with their presence in mature stage from January to May 2011. On the same site, mistletoe fruit trees growing on *P. tremuloides* were collected. Simulating the condition as birds discarded fruit after consuming them, most of the fruits that were attached parallel to the branches, cellophane, cork and glass, germinated (day 5) and only some of those who were they stuck to the surface of the branches and cork, were grown to prehaustorial phase (day 14). Among the prehaustorial and haustorial phase occurs a series of decisive for the establishment of *S. interruptus* events. Endophyte cell proliferation and ability to break and produce a secretory cavity, digesting cellular components host tissues,

will result in the formation of the primary haustorio, by glass-glass close relationship. Events occurring within 30 days after inoculation.

Contenido

1. Resumen.....	5
2. Abstract.....	7
3. Introducción.....	11
4. Antecedentes.....	16
5. Objetivos.....	21
5.1. Objetivos particulares.....	21
6. Hipótesis.....	21
7. Material y métodos.....	22
7.1. Sitio de estudio y muestreo.....	22
7.2. Descripción morfológica de <i>Struthanthus interruptus</i> y anatomía del fruto.	22
7.3. Fenología de <i>Struthanthus interruptus</i>	23
7.4. Recolección de haustorios en el campo.....	23
7.5. Estudio anatómico macroscópico del haustorio y de la zona de contacto.	23
7.6. Desarrollo de embriones de <i>Struthanthus interruptus</i> en campo y laboratorio en soportes de distinta naturaleza.....	24
7.7. Inoculación de semillas y desarrollo de embriones en campo.....	25
7.8. Establecimiento de frutos de <i>Struthanthus interruptus</i> en ramas de <i>Populus tremuloides</i> para el estudio anatómico e histoquímico de la zona de contacto.....	26

7.9. Estudio anatómico e histoquímico de la interacción <i>Struthanthus interruptus</i> - <i>Populus tremuloides</i>	27
7.10. Histoquímica.....	27
8. Resultados.....	30
8.1. Sitio de estudio y muestreo.....	30
8.2. Descripción morfológica de <i>Struthanthus interruptus</i>	31
8.3. Fenología de <i>Struthanthus interruptus</i> . anatomía del fruto.....	32
8.4. Recolección de haustorios en el campo.....	35
8.5. Estudio anatómico macroscópico del haustorio.....	37
8.6. Desarrollo de embriones de <i>Struthanthus interruptus</i> en campo y laboratorio en soportes de distinta naturaleza.....	37
8.7. Inoculación de semillas y desarrollo de embriones en campo.....	39
8.8. Establecimiento de frutos de <i>Struthanthus interruptus</i> en ramas de <i>Populus tremuloides</i> para el estudio anatómico e histoquímico de la zona de contacto.....	45
8.9. Estudio anatómico e histoquímico de la interacción <i>Struthanthus interruptus</i> - <i>Populus tremuloides</i>	51
8.10. Histoquímica.....	51
9. Discusión.....	56
10. Conclusiones.....	63
11. Bibliografía.....	64
12. Anexo.....	68

3. INTRODUCCIÓN

La calidad de vida en las ciudades está sustentada en gran parte en sus áreas verdes en donde los árboles tienen un papel preponderante, proporcionan tranquilidad, frescura y añaden belleza a cualquier sitio donde crecen, purifican el aire contaminado por la presencia de emisiones de gasolina y otros gases presentes en las grandes ciudades.

Sin embargo, en el Distrito Federal, muchas de las especies arbóreas de Angiospermas y de algunas Coníferas están parasitadas por plantas de las familias Loranthaceae y Viscaceae, conocidas como muérdago, que crecen sobre las ramas de la mayoría de los árboles (hospederos), provocándoles debilitamiento y daños irreversibles con efectos dramáticos, como la deformación y eventual muerte del hospedero.

Con base en estudios de riqueza, composición y diversificación de la flora parasítica de México, Cházaro (2006), determinó que la familia Loranthaceae se compone de 47 especies distribuidas en 4 géneros: *Cladocolea*, *Oryctanthus*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*; representados en 17, 3, 20 y 17 estados, respectivamente. La mayoría de estas especies se encuentran distribuidas en los estados de la parte media de la vertiente del pacífico (Occidente-Sur) en un amplio gradiente altitudinal (Cházaro, 2006).

Recientemente, en las zonas urbanas del país se han identificado algunas especies de muérdago de los géneros *Cladocolea*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*. En 1985 y 1987, respectivamente, se detectó la presencia de *Struthanthus*

interruptus y *Psittacanthus calyculatus* en la zona metropolitana de Guadalajara, mientras que, en la Ciudad de México, en 1971 y 1992 se registró la presencia de *Cladocolea loniceroides* (van Tieghem) Kuijt y *Struthanthus quercicola* (Schlecht. & Cham.) Blume, respectivamente. Cházaro *et al.* (2005), mencionan que estas especies fueron introducidas a estas urbes de manera accidental en árboles infestados de *Ligustrum lucidum* (trueno) provenientes de viveros establecidos fuera de estas ciudades. Otro caso similar de introducción en el arbolado urbano es para *Struthanthus deppeanus* (Schlechten & Cham.) Blume.

Con base en experiencia personal, en 1999, en la colonia Roma Norte de la delegación Cuauhtémoc se observaron parasitados por muérdago, árboles de álamo temblón, fresno y trueno. Cházaro *et al.* identificó esta especie como *Struthanthus quercicola* (Schltdl. & Cham.) Blume (De la Paz Pérez *et al.*, 2006), sin embargo, este año fue reidentificada con el nombre de *Struthanthus interruptus* (Kunth) Blume (Lámina 1).

De forma natural, *S. interruptus* se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1800 m snm, en los estados del Pacífico, desde Nayarit hasta Oaxaca y en Morelos (Cházaro *et al.*, 2005).

En un sitio de distribución natural en el estado de Jalisco, se registró que *S. interruptus* es parásita de 20 especies nativas de árboles. En el arbolado de la zona metropolitana de Guadalajara, se detectó que de 1985 a 1996, *S. interruptus* se había establecido sobre 15 especies arbóreas. En 1997 sobre 20, en el 2003 aumentó a 47 especies arbóreas tanto nativas como introducidas y para el 2004 se reportaron 58 especies arbóreas parasitadas (Cházaro *et al.*, 2005). Esto indica una ausencia de especificidad por algún hospedero, como sucede en el

arbolado de la Ciudad de México, donde se han registrado parasitadas 70 especies arbóreas (Rivera *et al.*, 2011), tanto de especies nativas como introducidas, de angiospermas y gimnospermas, frecuentes como poco abundantes en el arbolado.

En recorridos realizados por las 16 delegaciones de la Ciudad de México, se ha observado la presencia de *S. interruptus* en 13 de ellas: Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Álvaro Obregón, Benito Juárez, Iztacalco, Coyoacán, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Tlalpan y Tláhuac; donde se tiene registradas cerca de 70 especies arbóreas parasitadas (anexo).

En estas demarcaciones, se ha observado que las especies arbóreas más parasitadas están representadas con el mayor número de árboles y constituyen las especies dominantes de la mayoría de parques, jardines, camellones y banquetas, como *Casuarina equisetifolia* (casuarina), *Cupressus lusitanica* (cedro blanco), *Eucalyptus camaldulensis* (eucalipto), *Ficus benjamina* (ficus), *Fraxinus uhdei* (fresno), *Jacaranda mimosaeifolia* (jacaranda), *Ligustrum lucidum* (trueno), *Populus tremuloides* (álamo temblón) y *Ulmus parvifolia* (olmo) (Lámina 2).

En las áreas verdes donde *S. interruptus* se asocia con especies hospedantes, se ha observado que los árboles de *Populus tremuloides* experimentan a corto plazo, un mayor grado de infección y mortalidad que las demás especies arbóreas dominantes parasitadas.

Así, por la importancia que tienen las áreas verdes de la Ciudad de México y el continuo deterioro que experimenta la mayoría de sus árboles por múltiples causas, como la presencia de muérdago, se presenta este proyecto.



Lámina 1. Especies de muérdago introducidas de manera accidental en el arbolado urbano. a y b. *Struthanthus deppeanus* parasitando a *Ligustrum lucidum*.

c y d. *S. interruptus* parasitando a *Populus tremuloides* y, e y f. *S. quercicola* parasitando *L. lucidum*.



Lamina 2. Especies de árboles parasitadas por *Struthanthus interruptus* más frecuentes en el arbolado de la Ciudad de México. a. *Casuarina equisetifolia*. b. *Cupressus lusitanica*. c. *Eucalyptus camaldulensis*. d. *Ficus benjamina*. e. *Fraxinus uhdei*. f. *Jacaranda mimosaeifolia* g. *Ligustrum lucidum*. h. *Populus tremuloides*. e i. *Ulmus parvifolia*.

4. ANTECEDENTES

Struthanthus interruptus, es una especie hemiparásita, hermafrodita, de hábito arbustivo, con tallos color marrón muy ramificados, hojas simples, opuestas, de 1.5 a 3 cm de ancho por 3 a 5 cm de largo, glabras, de color verde pálido; flores pequeñas, blanco-verdosas que miden de 1 a 3 mm de longitud, con perianto de de 6 piezas y 6 estambres, dispuestas en triadas, que a su vez se disponen en una inflorescencia racemosa, hasta de 6 cm de largo, el fruto es una baya ovada, de unos 7 mm de longitud, de color café oscuro en la madurez (Ruvalcaba y Cházaro, 2009). Otro trabajo, menciona que los frutos de *S. interruptus* miden en promedio 7.4 cm, son de color verde cuando jóvenes y de color rojo anaranjado cuando maduran. No presentan testa y en cambio, presentan una substancia mucilaginosa llamada viscina que permite que el fruto se adhiera al hospedante (Cárdenas, 2014) (Lámina 3).

Con base en estudios del saco embrionario en la familia Loranthaceae, Cid (2006), menciona que *C. loniceroides* no presenta óvulos ni tegumentos diferenciados que delimiten el proceso de megagametogénesis, por lo que carece de una testa.



Lámina 3. Etapas fenológicas de *S. interruptus*. a. Floración, b, fructificación, c y d. Foliación.

Por otro lado, *Populus tremuloides* Michx. es una especie arbórea que mide de 5 a 20 m de alto, presenta copa redondeada, el tronco recto de 10 a 30 cm de diámetro; corteza casi lisa, de color gris clara a blanquecina, ramas rectas; hojas ovadas, con el ápice agudo, la base redondeada y el margen finamente aserrado o crenado aserrado; con yemas florales globosas a obtusas de 4 a 6 cm de largo. Es una especie ampliamente utilizada como ornamental por su rápido crecimiento y porte atractivo (Martínez y González-Villareal, 2005), además, es de fácil

propagación vegetativa y de gran importancia económica a nivel mundial. Sin embargo, las especies de *Populus* son hospederos de un gran número de insectos y patógenos (Constabel *et al.*, 2000).

De forma natural, *P. tremuloides* se distribuye desde los 1800 m snm hasta los 3600 m snm, a través de los sistemas montañosos de Baja California, la Sierra Madre Occidental, el Altiplano Mexicano y la Sierra Madre Oriental, en los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Querétaro y Sonora (Martínez y González-Villareal, 2005).

El muérdago establece contacto con su hospedero, con el objeto de obtener agua y sales minerales mediante un órgano llamado haustorio que atraviesa la corteza, el córtex y el floema del hospedero, hasta llegar al xilema, de donde obtiene estas sustancias para su desarrollo (Torres y Montilla, 1997; Calvin y Wilson, 2005; De la Paz Pérez *et al.*, 2006; Marchal, 2009).

Se han realizado diversos estudios relacionados con la germinación, establecimiento del semilla y desarrollo del haustorio en algunas especies de *Struthanthus*. Kuijt (1971) registra las características anatómicas de la semilla y el haustorio primario de *S. quercicola*; posteriormente Venturelli (1980) lo hace con el haustorio primario de *S. vulgaris* sobre ramas de *Psidium guajava*. Por otra parte, Herrera (2005) realizó pruebas de germinación de semillas de *Struthanthus orbicularis* en el laboratorio, en las que propuso los tratamientos de frutos intactos, de frutos sin cáscara, pero con mucílago y de frutos embebidos sin cáscara y sin mucílago. Como resultado, en ninguno de los tratamientos realizados las semillas germinaron, contrario a lo ocurrido en el campo, en donde las semillas de *S.*

orbicularis germinaron 18 días de haber sido colocadas en las ramas de *Citrus cinensis*, sin llegar a establecerse.

Herrera (2005), considera que los agentes dispersores podrían jugar un papel importante en la germinación de muérdago, razón por la que decidió emplear semillas de *S. orbicularis* que fueran depositadas por las aves en ramas de *C. cinensis* de diámetro variable. De acuerdo con los resultados, la mayoría de las semillas germinó, sin embargo sólo el 29% de ellas se estableció, únicamente sobre ramas jóvenes de 2 cm de diámetro. La imposibilidad de las semillas de establecerse en ramas de diámetros mayores se debe a que el haustorio es incapaz de atravesar las capas endurecidas de la corteza, por lo que agota las reservas contenidas en la semilla y muere.

Acerca de la especificidad que muestra el muérdago por algún hospedante, Arruda y colaboradores (2006), consideran que el diámetro de las ramas del hospedante tiene un papel importante para el establecimiento del muérdago. En ramas de tres hospedantes de *S. aff. Polyanthus* que miden entre 1.1 y 3.0 cm de diámetro, ellos observaron la presencia de un mayor número de parásitas que las encontradas en ramas de más de 3.0 cm de diámetro. Aparentemente, el grosor de la corteza, determina la capacidad de penetración del muérdago.

Más recientemente Cárdenas (2014), realizó pruebas de germinación in situ en un vivero del sur de la Ciudad de México con árboles de casuarina, fresno y trueno como hospedantes, donde inoculó 10 semillas de *S. interruptus* en cada árbol, estableciéndose de dos a tres semillas en su hospedante. Además, obtuvo que las semillas de *S. interruptus* germinan a los tres y cuatro días post-inoculación, cuando el embrión va saliendo al exterior. En el día siete, el embrión

forma un cuello largo en cuyo extremo se observa un ligero hinchazón de color amarillo, en el día 14, el embrión se adhiere a la rama formando una hinchazón circular. Entre los días 32 y 39 se observaron los cotiledones y el haustorio y en los días 62 y 69, se observó la presencia de hojas verdaderas. Las raíces epicorticales se desarrollan cuando el haustorio primario se ha formado.

Teniendo como antecedente todo lo anterior y dado que la asociación de *Struthanhtus interruptus*-*Populus tremuloides*, no ha sido aún estudiada, resultando interesante conocer cuáles son los mecanismos involucrados en el proceso de formación del haustorio, determinante para el establecimiento del muérdago.

Dentro de las respuestas de resistencia que generan las plantas contra los patógenos se encuentran los metabolitos secundarios como los taninos. La velocidad con que se infestan y mueren los árboles puede estar relacionada con la capacidad de generar respuestas efectivas de resistencia contra el parásito, que pueden ser comprendidas desde los puntos de vista anatómico e histológico.

Así, por la importancia que tienen las áreas verdes de la Ciudad de México y el continuo deterioro que experimenta la mayoría de sus árboles por múltiples causas, como la presencia de muérdago, se presenta este proyecto.

5. OBJETIVOS

Hacer el estudio anatómico e histoquímico de las etapas del desarrollo del haustorio del muérdago *Struthanthus interruptus* (Kunth) Blume, parásito de una especie arbórea dominante de las áreas verdes de la Ciudad de México: *Populus tremuloides* Michx. (álamo temblón); para conocer los eventos que ocurren en el establecimiento de la conexión: huésped-hospedero.

5.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- a. Determinar la fenología de *S. interruptus* y de su hospedero *P. tremuloides*.
- b. Hacer la descripción anatómica macroscópica del haustorio en sus diferentes etapas de desarrollo, desde el momento que el embrión de *S. interruptus* hace contacto con la rama de *P. tremuloides*.
- c. Hacer la descripción anatómica microscópica del haustorio en sus diferentes etapas de desarrollo, desde el momento que el embrión de *S. interruptus* hace contacto con la rama de *P. tremuloides*.
- d. Hacer el estudio histoquímico del haustorio en sus diferentes etapas de desarrollo, desde el momento que el embrión de *S. interruptus* hace contacto con la rama de *P. tremuloides*.

6. HIPÓTESIS

El establecimiento de *Struthanthus interruptus*, comienza con la formación de una estructura que permita la ruptura mecánica y la digestión del tejido secundario de *Populus tremuloides* mediante la proliferación de tipos celulares que al unirse con el xilema del hospedante se producirán polifenoles.

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 Sitio de muestreo y de estudio

La calle Calderón de la Barca esquina con avenida Horacio de la delegación Miguel Hidalgo, se seleccionó como sitio de estudio, en él se recolectó el material de herbario de las dos especies para su identificación y registro.



Figuras 1 y 2. 1. Sitio de muestreo y de estudio en la delegación Miguel Hidalgo. 2. Cinco árboles de *P. tremuloides* parasitados por *S. interruptus*.

7.2 Descripción morfológica de *Struthanthus interruptus* y anatomía del fruto de *Struthanthus interruptus*.

En el sitio de estudio, se recolectaron muestras de ramas, hojas, raíces epicorticales, haustorios, flores y frutos de la planta parásita para la descripción morfológica.

7.3 Fenología de *Struthanthus interruptus*

Durante el período comprendido entre enero de 2010 y septiembre de 2011, cada mes se visitó el sitio de estudio para observar en cinco árboles de *Populus tremuloides*, los diferentes eventos de la fenología de la calle de Calderón de la Barca, se observaron los diferentes eventos de la fenología de *S. interruptus*: floración, fructificación y desarrollo vegetativo (Figuras 1 y 2).

7.4 Recolección de haustorios en el campo

En el mismo sitio de muestreo, se recolectaron plantas de *S. interruptus* en diferentes etapas de desarrollo que presentaran un haustorio primario (embrionario) y que a su vez tuvieran un haustorio de secundario tanto de raíz como de rama, además, se consideró el tamaño y el número de los haustorios y la distancia entre ellos. La descripción macroscópica y anatómica se hizo de acuerdo con Calvin y Wilson (2005).

7.5 Estudio anatómico microscópico del haustorio y de la zona de contacto.

De los ejemplares recolectados, se seleccionaron aquellos que presentaran haustorios primario y secundario de raíz y de rama. Se lavaron con agua destilada y se fijaron en FAA 1:1:18 v/v (Kraus et al. 2002; Cid 2006). Con un micrótomo de deslizamiento (ZEISS HYRAX S 30) se obtuvieron cortes seriales transversales y longitudinales de 15 a 25 μm de grosor que fueron teñidos mediante la técnica de fucsina-azul astra (Johansen, 1940 y Krauss et al. 2002).

7.6 Desarrollo de embriones de *S. interruptus* en soportes de distinta naturaleza para conocer la capacidad y tiempo de penetración del muérdago.

- a. En el mismo sitio de la calle Calderón de la Barca, se recolectaron 240 frutos maduros de plantas de *S. interruptus* parasitando árboles de *P. tremuloides*.
- b. Con el fin de simular la condición de como las aves desechan las semillas después de consumir los frutos, se removió manualmente el exocarpo y el mesocarpo de 120 frutos, para que cuando los frutos (con endocarpo) se colocaran sobre la superficie de las ramas del hospedero, la viscina de los frutos hiciera contacto con ellos (López de Buen y Ornelas, 2002).
- c. Se colocaron 60 frutos en posición perpendicular y los otros 60 en posición paralela; todas en ramas con un diámetro aproximado de 1.0 cm.
- d. En el laboratorio se colocaron los otros 120 frutos en soportes de distinta naturaleza tales como ramas, portaobjetos, papel celofán y corcho.
- e. Los frutos y los soportes se desinfectaron en EtOH (etanol) al 70% v/v por 1 min y en NaClO (hipoclorito de sodio) al 3% v/v por 3 min y de los frutos se removieron manualmente el exocarpo y el mesocarpo y con únicamente el endocarpo, los frutos se sumergieron en una solución de HgCl₂ al 0.5% m/v durante 5 minutos.

- f. De la misma forma que en el estudio de campo, se adhirieron 30 frutos a la superficie de seis ramas de *P. tremuloides* de aproximadamente 1.0 cm de diámetro y 25 cm de largo (López de Buen y Ornelas, 2002). Se colocaron cinco semillas por rama, separadas entre sí por 5 cm.
- g. Con base en experimentos realizados por Dobbins y Kuijt (1973), en el laboratorio se colocaron 30 frutos en portaobjetos (uno por portaobjeto), otros 30 frutos se colocaron en cuadros de 2 cm² de papel celofán y otros 30 frutos en rodajas de corcho de 25 mm de diámetro y 5 mm de espesor. Todos los frutos se colocaron de manera paralela a la superficie del soporte y se mantuvieron durante un mes a temperatura ambiente y con humedad y en periodos de 12 horas de luz y 12 de oscuridad.
- h. De los experimentos realizados en el laboratorio se registró el peso y el tamaño de los frutos enteros y de los frutos sin exocarpo ni mesocarpo y con base en los reportado por Salatino *et al.* (1993), se realizaron observaciones los días 1, 3, 6, 10, 20 y 30.
- i. Para el estudio anatómico microscópico, los embriones que se desarrollaron se fijaron en FAA 1:1:18 v/v de acuerdo con Kraus *et al.*, (2002).

7.7 Inoculación de frutos y desarrollo de embriones en campo.

- a. En el campo de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa se inocularon en posición paralela 240 frutos de *S. interruptus* sobre la corteza del tallo y de las ramas de seis árboles de *P. tremuloides*, comprados en vivero y sembrados en macetas.

- b. Por árbol, se sembraron 40 frutos sin exo ni mesocarpo a lo largo del tallo y las ramas con un diámetro de 0.5 a 3.0 cm. Los frutos se colocaron separados uno del otro por 5.0 cm y con base en lo reportado por Salatino *et al.* (1993), se realizaron observaciones los días 1, 3, 6, 10, 20 y 30.



Figuras 3 y 4. Sitio para las pruebas de establecimiento en árboles de *P. tremuloides* de vivero. 3. Espacio abierto en donde se colocaron los árboles de *P. tremuloides* y 4. Árboles de *P. tremuloides* de vivero.

7.8 Estudio anatómico e histoquímico de la zona de contacto entre *Struthanthus interruptus* y *Populus tremuloides*.

- a. De las 240 semillas de *S. interruptus* inoculadas en los seis árboles de *P. tremuloides*, se recolectaron las siguientes muestras:
- Frutos maduros.
 - Frutos con embriones de 1 y 3 días de desarrollo.
 - Frutos con desarrollo embrionario de entre 6 y 7 días de desarrollo.
 - Zona de contacto *S. interruptus*-*P. tremuloides* en etapa prehaustorial de entre 10 y 11 días de desarrollo.

- Zona de contacto *S. interruptus*-*P. tremuloides* en etapa haustorial de 14 días.
 - Zona de contacto *S. interruptus*-*P. tremuloides* en etapa posthaustorial de 30 días de desarrollo.
- b. Se fijaron en FAA 1:1:18 v/v por 48 horas, se deshidrataron en una serie gradual de alcoholes etílicos y terbutílico, se incluyeron en Paraplast, se obtuvieron cortes transversales y/o longitudinales y se emplearon dos técnicas de tinción (Johansen, 1940 y Krauss *et al.* 2002) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Técnicas empleadas en el procesamiento de órganos y tejidos.

Muestra recolectada	Día	Grosor del corte	Plano del corte	Tinción	
Frutos maduro de <i>S. interruptus</i>	0	10-15 µm en micrótomo de rotación	Transversales y longitudinales	Fucsina básica-azul de astra y safranina-verde rápido	
Embrión de los frutos de <i>S. interruptus</i> .	1		Longitudinales		
	3				
frutos en etapa de germinación	6-7				
Zona de contacto de <i>S. interruptus</i> - <i>P. tremuloides</i>	10-11	10-15 µm en micrótomo de rotación y de 20-25 en un micrótomo de deslizamiento	Longitudinales		
	14				
	30				

7.9 Histoquímica.

Se realizaron pruebas para la detección de diferentes compuestos y estructuras en algunos de los cortes obtenidos de los frutos, de las semillas y de la zona de contacto en sus distintas etapas de desarrollo:

prehaustorial, haustorial y posthaustorial; de acuerdo a las técnicas propuestas en la siguiente tabla (Cuadro 2).

Cuadro 2. Pruebas histoquímicas para la detección de compuestos y estructuras en la zona de interacción *S. interruptus*-*P. tremuloides*.

Compuestos y estructuras Colorantes y reactivos	Compuestos fenólicos			Paredes cutinizadas	Paredes suberizadas	Calosa	Proteínas	Sustancias pécticas	Polisacáridos cristalinos	Referencia
	Taninos condensados	Taninos hidrolizables	Paredes lignificadas							
Fucsina-azul de astra			x							Kraus <i>et al.</i> , 1998
Safranina-azul alciano-pardo B.			x	x						Trentham <i>et al.</i> , 2008
Azul de toluidina O	x		x							Fernández <i>et al.</i> , 2007
Azul de Prusia	x									Lavid <i>et al.</i> , 2001
Reacción con sulfato ferroso	x									Ruzin, 1999
Reacción con cloruro férrico		x								Ruzin, 1999
Reacción de Wiesner			x		x					Vallet <i>et al.</i> , 1996,
Reacción de Maüle			x		x					Vallet <i>et al.</i> , 1996
Lacmoide						x				Clark, 1981
Azul brillante de coomassie, negro de amido 10B							x			Mellersh <i>et al.</i> , 2002 y Peterson <i>et al.</i> , 2008
Rojo de rutenio								x		Vallet <i>et al.</i> , 1996

8. RESULTADOS

8.1 Sitio de muestreo y de estudio.

En la calle de Calderón de la Barca, se observaron cinco árboles de *P. tremuloides* parasitados por *S. interruptus* en las distintas etapas de desarrollo. Algunos ejemplares se encuentran en etapa de floración. Los individuos pequeños se encontraron en la etapa de foliación.

La especie de muérdago, fue identificada como *Struthanthus interruptus* (Kunth) Blume, por el Dr. Miguel de Jesús Cházaro Basáñez, especialista en plantas parásitas de la Universidad de Guadalajara. La especie arbórea fue identificada como *Populus tremuloides* Michx., por la Bióloga Ma. de Lourdes Aguilar Enríquez, taxónoma de plantas vasculares. Los ejemplares de herbario fueron depositados y registrados en el Herbario Metropolitano UAMIZ Dr. Ramón Riba y Nava Esparza (Cuadro 3, figuras).

Cuadro 3. Registro del herbario de *S. interruptus*.

Especie	No. de Herbario
<i>Struthanthus interruptus</i>	66826
<i>Populus tremuloides</i>	81001

8.2 Descripción morfológica y anatomía del fruto de *Struthanthus interruptus*.

Especie parásita, hermafrodita, trepadora, con tallo y ramas muy ramificadas de color marrón, con hojas simples, opuestas, subcarnosas, de 3.0 a 14.0 cm de largo y de 1.5 a 10.0 cm de ancho. De la parte lateral del disco adhesivo se la raíz se originan raíces epicorticales de color marrón, que se ramifican y desarrollan haustorios secundarios.

Las ramas de *S. interruptus*, al ramificarse la mayoría de las veces forman raíces que le sirven de apoyo para continuar su crecimiento y que pueden desarrollarse como raíces epicorticales caulinares que, al entrar en contacto con alguna rama del hospedante formará haustorios secundarios e inclusive, si hace contacto con alguna rama o raíz del muérdago, se autoparasitará formando haustorios secundarios.

Los frutos maduros de *S. interruptus* son de color marrón rojizo, de forma ovoide, con un peso aproximado de 0.35 gramos, miden aproximadamente 12 mm de largo, presentan un exocarpo con epidermis e hipodermis. La epidermis es de textura lisa, formada por una capa de células con pectina y taninos que a medida que madura el fruto, disminuyen. La hipodermis es biestratificada y está formada por células de mayor tamaño que la epidermis y también tiene taninos. El mesocarpo está conformado por tejido parenquimatoso

dispuesto en varias capas de células con almidones y taninos que disminuyen en las capas de células hacia el endocarpo, el cual se constituye de un tejido de color blanco amarillento llamado viscina compuesto de células alargadas con paredes muy delgadas, que sirve para que el fruto se adhiera y fije al hospedante, y que por su posición alrededor del extremo radicular, se le conoce como polo de viscina. Además, esta capa, está formado por un tejido parenquimatoso con seis haces vasculares, que rodea al endospermo.

Los frutos maduros, sin exocarpo ni mesocarpo (únicamente con el endocarpo), son de color marrón a marrón amarillento, con un peso aproximado de 0.22 gramos.

En la parte interna del fruto, se localiza el embrión de *S. interruptus* de color verde, con dos cotiledones, un hipocótilo y un ápice de raíz de forma redondeada que formará el futuro haustorio, rodeado por la viscina (lámina 4).

8.3 Fenología de *Struthanthus interruptus*.

En 2010, la floración inició en mayo y finalizó en noviembre. El desarrollo de los frutos comenzó en junio y continuó el resto del año, éstos maduraron en 8 meses. El desarrollo de ramas y hojas ocurre todo el año, siendo notable su desarrollo de abril a octubre (Cuadro 4 y Figuras 5, 6, y, 7).

Cuadro 4. Eventos fenológicos de *Struthanthus interruptus* en 2010 y 2011.

Año	2010												2011											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Floración						■	■	■	■	■	■	■						■	■	■	■	■	■	■
Fructificación						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Desarrollo vegetativo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

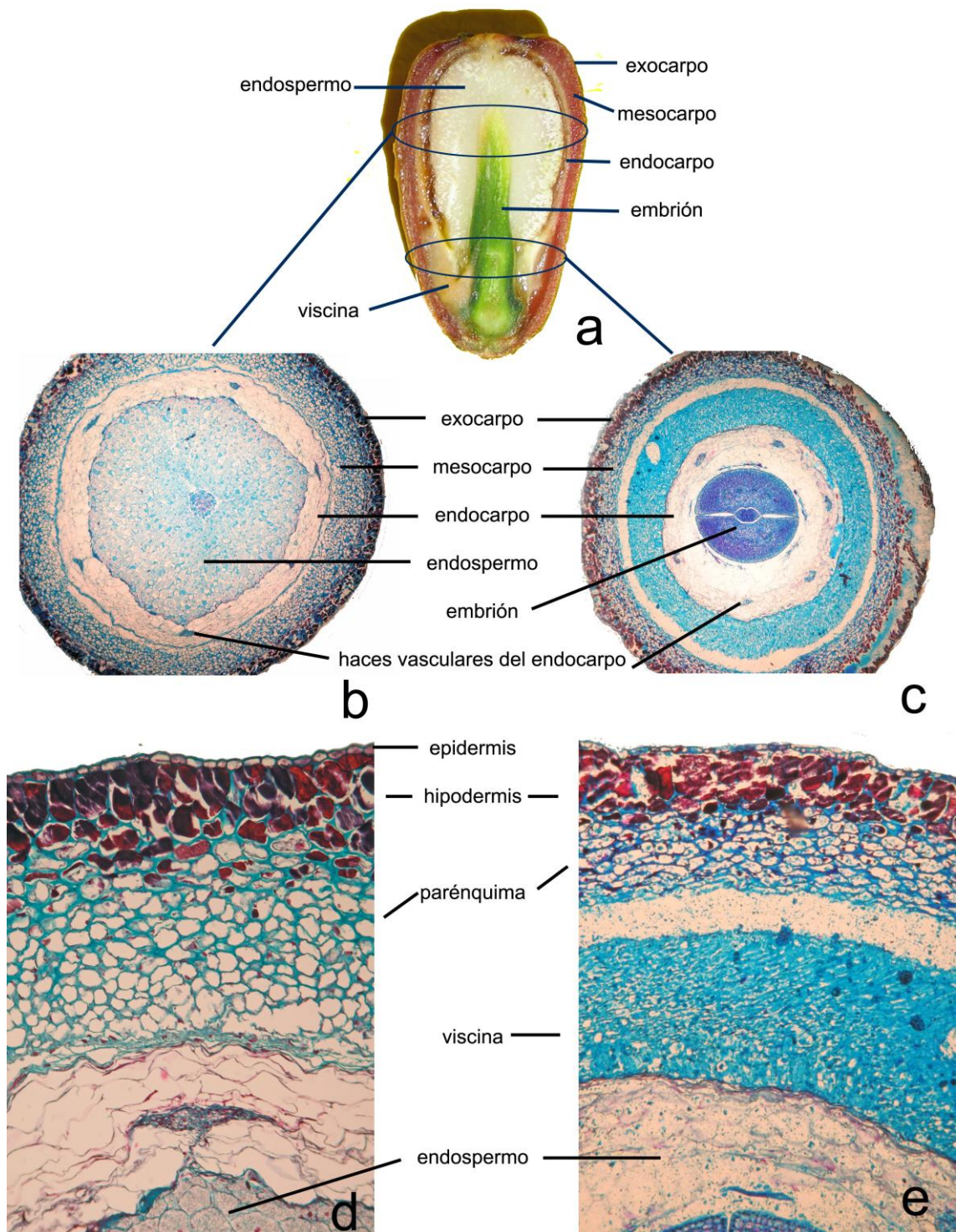


Lámina 4. Anatomía del fruto de *Struthanthus interruptus*. a. Corte longitudinal del fruto. b y c. Corte transversal del fruto. d y e. detalle del corte longitudinal del fruto.

8.4 Descripción anatómica macroscópica del haustorio

Con base en las observaciones de campo, *S. interruptus* presenta dos tipos de haustorio: primario y secundario, como ocurre en la mayoría de Loranthaceae. El primario se forma a partir del desarrollo del disco radicular y el secundario de las raíces epicorticales basales y de raíces epicorticales caulinares, cuando la planta se ha establecido.

S. interruptus presenta raíces epicorticales basales y raíces epicorticales caulinares (Calvin y Wilson, 2006). Las raíces epicorticales basales son de color verde rojizo cuando jóvenes y marrón cuando maduran. Se forman a partir de la parte lateral del disco radicular y crecen paralelas a la rama del hospedante, ramificándose y desarrollando haustorios secundarios. Las ramas, además de desarrollar órganos vegetativos y reproductivos, desarrollan raíces epicorticales caulinares que al unirse a las ramas del hospedero desarrolla haustorios secundarios. Estas raíces son de color verde rojizo cuando jóvenes y marrón cuando maduran.

8.5 Desarrollo de embriones de *S. interruptus* en soportes de distinta naturaleza para conocer la capacidad y tiempo de penetración del muérdago.

- 8.5.1 Se registraron cambios en la forma del fruto en la cantidad de viscina presente en el fruto sin endocarpo y en la presencia o ausencia del extremo radicular.
- 8.5.2 Aparentemente estas diferencias, influyeron en la capacidad de desarrollo de los embriones.
- 8.5.3 El mayor porcentaje de germinación se registró en los frutos que presentaron una cantidad de viscina abundante.
- 8.5.4 Los frutos que presentaron al mismo tiempo, una cantidad de viscina escasa y un extremo radicular prominente, poseen el porcentaje de germinación más bajo, respecto de los frutos que presentaron mayor cantidad de viscina.
- 8.5.5 En el caso del corcho, a los seis días germinaron 16 frutos y cuatro más a los 12 días. Únicamente dos embriones se desarrollaron en fase prehaustorial, con presencia de una glándula en la base del disco adhesivo, con un hipocótilo en posición casi vertical y con dos cotiledones prominentes.
- 8.5.6 De los 30 frutos colocados en el papel celofán, germinaron un total de 16 semillas, dentro de las cuales, seis embriones formaron un hipocotilo y un disco adhesivo bien desarrollado, sin embargo ninguno de ellos llegó a la fase haustorial. Al respecto, Rödl y Ward (2002), mencionan que existen estudios que afirman que el muérdago germina fácilmente en

ausencia de un hospedante y de manera independiente del tipo de sustrato (Cuadro 5).

8.5.7 Ninguna de las semillas que germinaron, logró perforar el corcho o el celofán.

Cuadro 5. Desarrollo de embriones en celofán y corcho.

Sustrato	No. de frutos (n)	No. de semillas germinadas	No. de embriones en fase prehaustorial
Celofán	30	16	0
Corcho	30	20	2

8.6 Inoculación y desarrollo de frutos en campo

En los 120 frutos que fueron adheridos manualmente a la superficie de ramas de cinco árboles sanos de *P. tremuloides*, plantados en maceta en el campo Universitario de la UAM-Iztapalapa, se observó lo siguiente.

Semana 1

Una vez que los frutos fueron adheridos a la superficie, la viscina, el hipocótilo y el disco radicular del embrión experimentaron una elongación, además el disco radicular, comenzó a ensancharse.

A partir del quinto día, comenzó la germinación. El extremo radicular comenzó a expandirse para dar lugar al disco radicular y el hipocótilo a elongarse (Lámina 5).

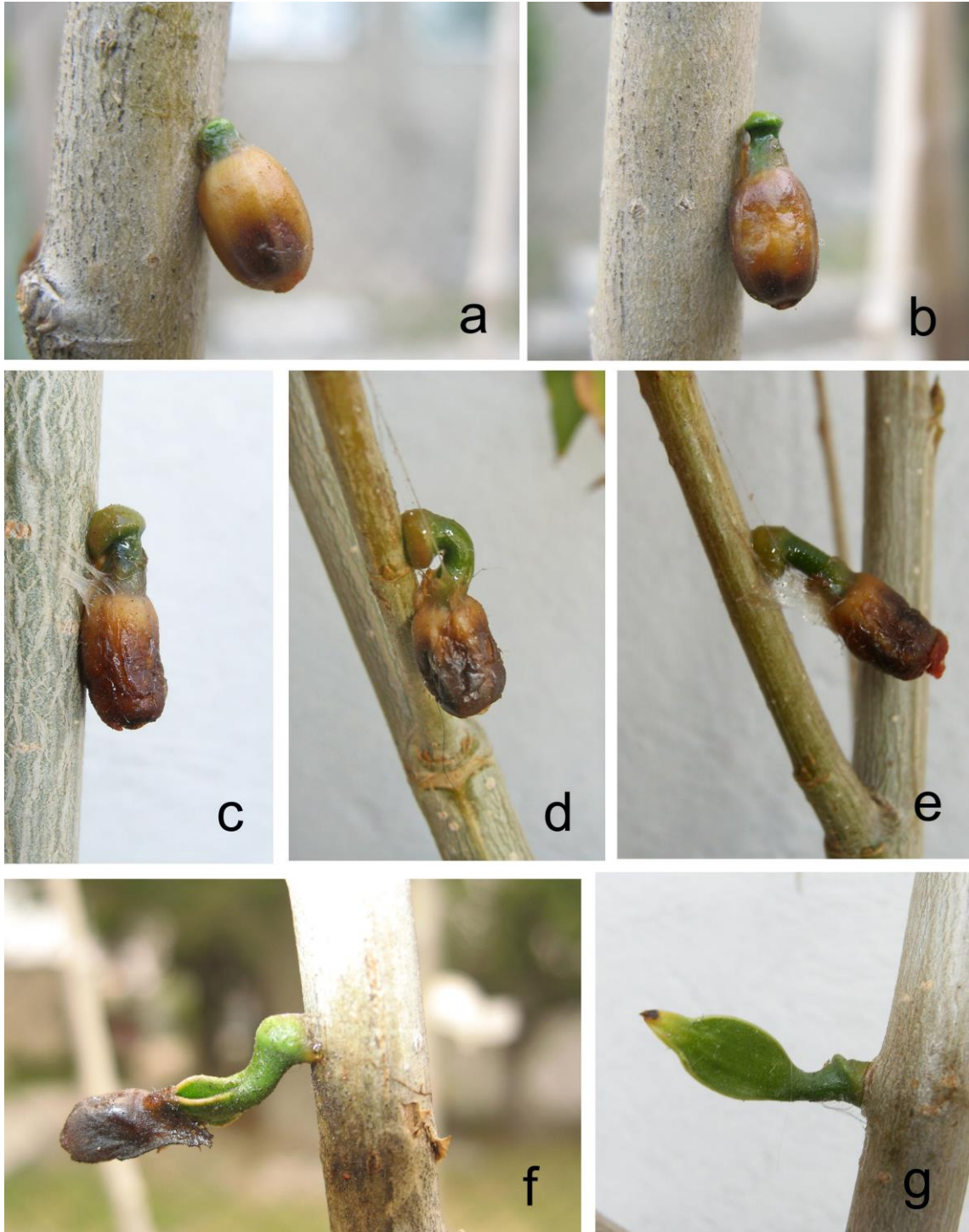


Lámina 5. Inoculación de frutos y desarrollo embrionario de *S. interruptus* hasta la fase haustorial. a. inoculación de semillas. b. elongación del hipocótilo. c. germinación. d y e. En fase prehaustorial, f y g. En fase haustorial.

8.7 Desarrollo embrionario de *Struthanthus interruptus* en ramas de *Populus tremuloides*.

Semana 2

A los diez días, la parte central del disco adhesivo de la mayoría de las semillas, comenzó a presentar un abultamiento y un cambio de coloración, de verde a blanco amarillento. Continuó el proceso de desarrollo.

Semana 3

En la mayoría de las semillas, el disco radicular hizo contacto con la superficie y los embriones adquirieron una posición vertical. Además, se cayeron los restos del endocarpo y del endospermo, quedando al descubierto los dos cotiledones, aún sin la presencia de los primordios foliares. Terminó el proceso de desarrollo.

Semana 4

En la zona de contacto, se observó un aumento de tamaño de la rama de *P. tremuloides*.

Semana 18

Se observó la emergencia de la primera raíz epicortical basal en la parte lateral del disco radicular. Ésta y las subsecuentes raíces que emergieron, siguieron a lo largo de la rama del hospedero (Lámina 6).

Semana 27

Se observó la formación de una protuberancia en la rama epicortical basal de *S. interruptus* y en la del hospedante, lo que indica la presencia de un haustorio secundario (Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Eventos asociados al desarrollo del establecimiento del haustorio de *Struthanthus interruptus* en *Populus tremuloides* ocurridos de junio de 2010 a marzo de 2011.

Evento		Año	2010							2011	
		Mes	Junio			Julio	Ago sto	Sept.	Oct.- Nov.	Dic .	Enero- Marzo
		Semana	1	2	3	5		18		27	
Adhesión		Día	1								
Germinación			5								
Fase prehaustorial				1 0							
Desarrollo del haustorio primario				1 4							
Establecimiento de la plántula					2 0						
Desarrollo vegetativo	Aparición y desarrollo de hojas					35					
	Desarrollo de raíces epicorticales basales							120			
	Desarrollo de haustorios secundarios									18 7	

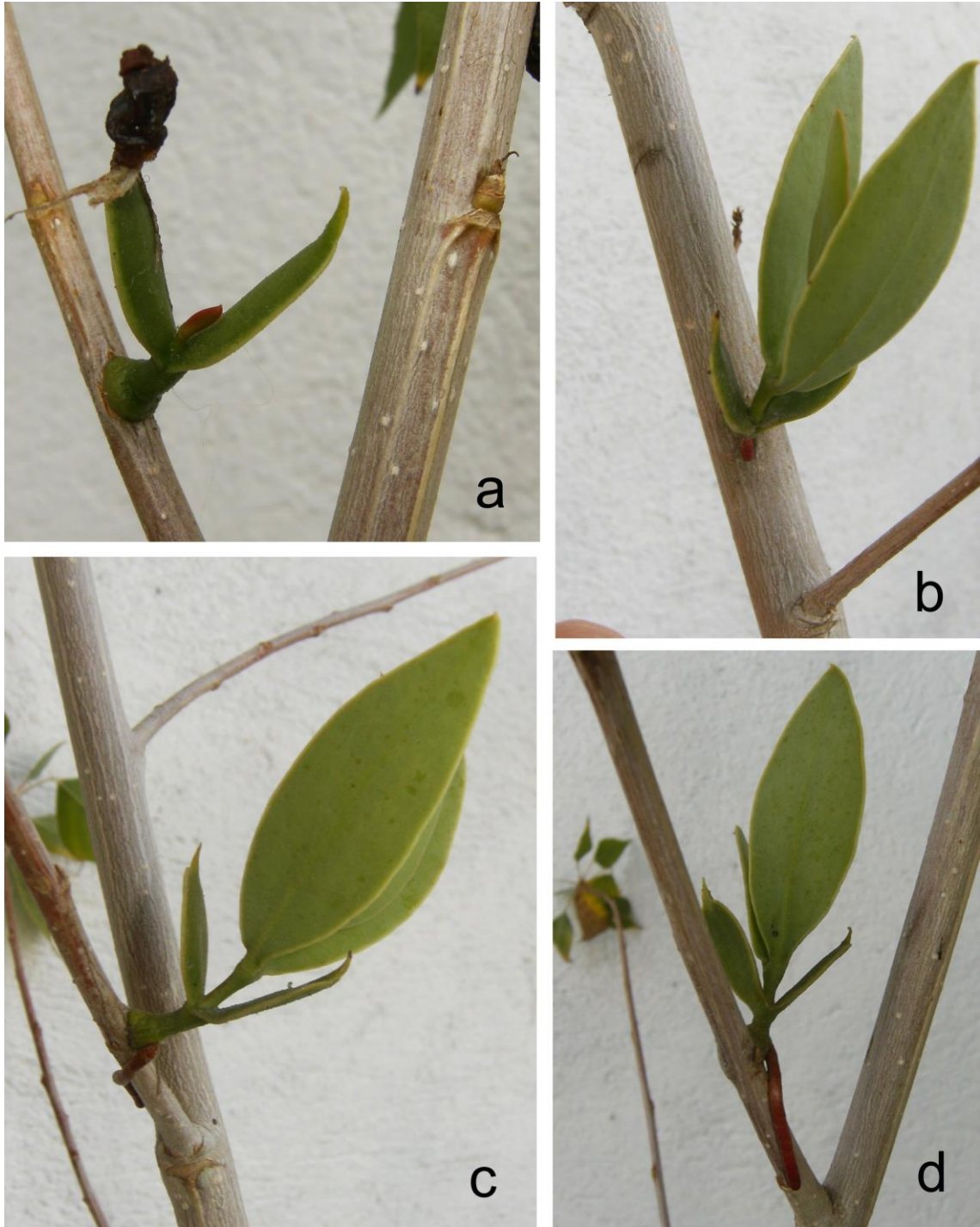



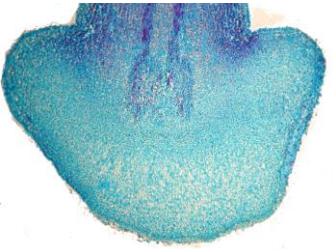
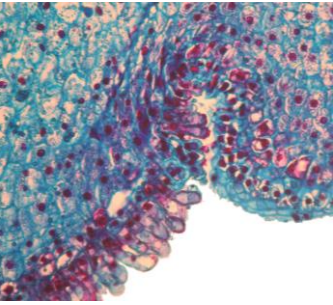





Lámina 6. Establecimiento de *S. interruptus* en ramas de *P. tremuloides*. a. Formación de las primeras hojas verdaderas. b. Formación de la primera raíz epicortical basal. c y d. desarrollo de la planta establecida.

Cuadro 7. Eventos del desarrollo de *Struthanthus interruptus*, asociados a su establecimiento en *Populus tremuloides* desde junio de 2010 a marzo de 2011.

Evento	Día	Características macroscópicas	Características microscópicas
Adhesión	1	<p>a. La semilla se adhiere y fija a la superficie de la rama por endurecimiento de la viscina.</p> 	<p>a. La epidermis de la base del disco radicular de <i>S. interruptus</i> presenta un aplastamiento.</p> 
Germinación	5	<p>a. El embrión aumenta considerablemente su tamaño. b. El hipocótilo y la radícula quedan al descubierto por el endocarpo. c. La radícula se ensancha para formar al disco radicular. d. En el hipocótilo y en el disco radicular se forman hidátodos. e. El disco radicular experimenta un desarrollo orientado hacia la superficie. f. La viscina continúa endureciéndose.</p> 	<p>a. Formación de células alargadas con proyecciones en la zona de contacto del disco radicular con la superficie del hospedante.</p>  
Fase prehaustorial	10	<p>a. La base del disco radicular cambia de color verde a verde amarillento. b. El disco radicular hace contacto con la superficie del hospedero.</p>	<p>a. Formación del endofito y cavidad secretora. b. Proliferación celular en el endofito. c. Formación de cordones de células de apariencia</p>

		<p>c. Formación de la glándula en base del disco radicular.</p> <p>d. Obtención gradual de la posición vertical del embrión.</p> <p>e. Formación de cavidad.</p> 	<p>colapsada.</p> 
<p>Haustorio primario</p>	<p>14</p>	<p>El embrión se incorpora gradualmente en posición vertical. El disco radicular continúa ensanchándose. La zona de contacto aumenta de tamaño.</p> 	<p>Penetración de los tejidos del hospedante con degradación de las paredes celulares.</p> 
	<p>20</p>	<p>Se observa el ápice foliar. Los restos de tejidos del endocarpo y endorpermo se pierden, dejando libres a los cotiledones. Ensanchamiento de la zona de contacto.</p> 	<p>Proliferación celular en el endofito y contacto con el xilema del hospedero.</p> 
<p>ollo vegetat</p> <p>Primordios foliares</p>	<p>35</p>	<p>Ensanchamiento de la zona de contacto.</p>	<p>Unión vaso-vaso</p>

			
REB	120	Aparición de la REB en el disco radicular. 	Desarrollo de ramas desde la base del hipocótilo.
Haustorio secundario	187	Formación haustorio secundario. 	Penetración de los tejidos del hospedero. Degradación de las paredes celulares.

REB= raíces epicorticales basales

8.8 Anatomía del embrión, del disco radicular y de la zona de contacto

El embrión está conformado de una radícula con el extremo aplanado denominado disco radicular, de un hipocótilo, de un ápice de tallo, de dos cotiledones y de un endospermo.

Día 1

Presenta una epidermis uniestratificada de células tabulares cuadradas y rectangulares. La hipodermis uniestratificada, excepto en la cresta del disco radicular es biestratificada. En la cresta, las células tanto de la epidermis como de la hipodermis se disponen de manera perpendicular a la base.

La base del disco radicular presenta una epidermis con células aplanadas con núcleos de mayor tamaño en comparación con los de las células del resto de la epidermis. En la hipodermis, las células son cuadradas y pequeñas, semejantes a las del parénquima.

El parénquima constituye el tejido principal del embrión. Sus células presentan paredes delgadas, grandes núcleos y granos de almidón. El parénquima de la parte central del disco radicular presenta células de mayor tamaño y se encuentra flanqueado por una banda de vasos.

El tejido vascular se compone de vasos y se distribuye alrededor del parénquima central desde la parte media del disco hasta la parte superior de los cotiledones.

El endospermo se compone de células de parénquima con abundantes contenidos.

Día 3

Las células epidérmicas del disco radicular son de tamaño variable. En la cresta y en la base del disco se observan células alargadas, considerablemente más grandes que las del resto de la epidermis. En esta zona, las células epidérmicas presentan núcleos grandes y son similares en forma y tamaño a las células de la hipodermis y del parénquima. Además, en la base del disco radicular se observa una proliferación celular.

Días 6 y 7

En la cresta y cerca de la base del disco radicular se distingue una epidermis con células elongadas con extremos redondeados. Algunas de estas células forman proyecciones hacia el exterior. La hipodermis de la zona de contacto, presenta una capa compacta de células pequeñas.

Por arriba de la hipodermis de la zona de contacto, es decir, en la parte interna del disco radicular, se vislumbran dos espacios o invaginaciones rodeadas de células elongadas con extremos y proyecciones redondeadas, caracterizadas por tener una notable proliferación celular. Por encima de estos espacios se disponen uno o dos hileras de células de apariencia colapsada.

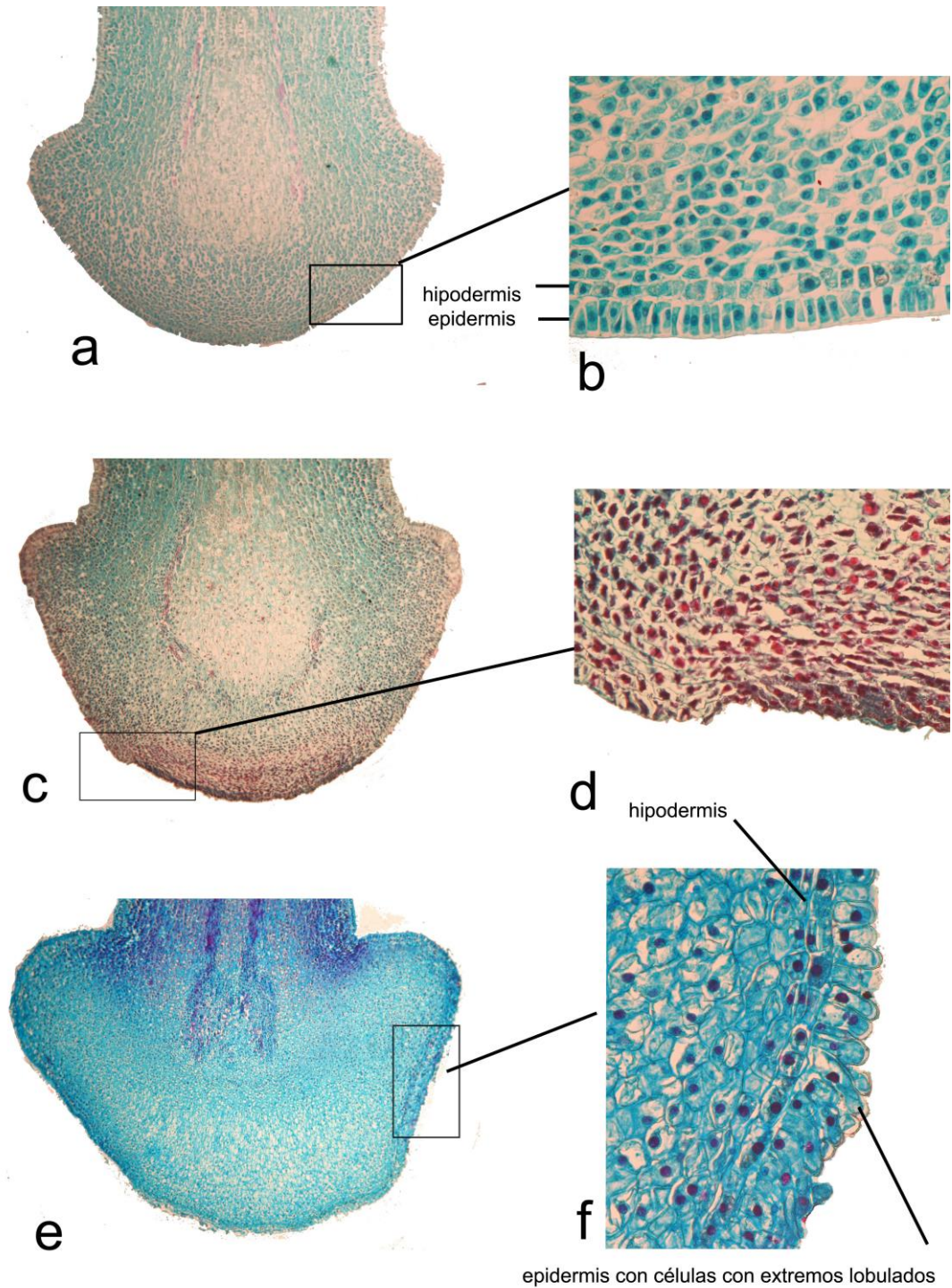


Lámina 7. Desarrollo embrionario del extremo radicular y formación del disco radicular. a. Día 1 de adhesión a la superficie. b. epidermis e hipodermis sin cambios. c. Día 3 de desarrollo con proliferación celular en la zona de contacto del disco adhesivo. d. proliferación celular con células con grandes núcleos. e. Día 6 de desarrollo se una epidermis con células alargadas "lobuladas" y una hipodermis con células alargadas.

Días 10 y 11

En la zona de contacto con el hospedante se observa un aumento considerable de células elongadas con extremos y proyecciones redondeadas. No se diferencia la epidermis de la hipodermis.

Las hileras de células de apariencia colapsada se extienden hacia la parte media del disco radicular y entre ellas se distingue una cavidad de aspecto globosa que rápidamente aumenta de tamaño. Ésta, se rodea de un gran número de células nucleadas.

Además, se observó la formación de nuevas hileras de células de apariencia colapsada que comienzan a disponerse alrededor de la cavidad, de manera concéntrica.

Por encima de la cavidad, se distingue un conjunto de células pequeñas con paredes delgadas y núcleos grandes. A esta zona de proliferación celular se le conoce con el nombre de endofito u órgano intrusor.

Día 14

Se observó un aumento en el tamaño del disco radicular, respecto al de 10 y 11 días de desarrollo.

En la base del disco radicular se observan una o dos invaginaciones asociadas con células con extremos redondeados e intercaladas con células aplanadas.

En el parénquima, los cordones se componen de un mayor número de células y se disponen alrededor de las invaginaciones.

Día 21

Sobre la peridermis del hospedante y a los costados del endófito, se observa la unión entre las células alargadas de la base del disco radicular y las de la peridermis del hospedante.

Las células del endófito penetraron la peridermis y parte del córtex de la rama de *P. tremuloides*. Parte de la peridermis fue desplazada por arriba del endófito.

Entre el endófito y el córtex de *P. tremuloides* se observa la cavidad y dentro de ésta, fibras y restos de tejido del hospedante.

Día 30

Las células del endófito penetraron la peridermis, el córtex y el tejido vascular de la rama de *P. tremuloides* y establecieron contacto con el xilema del hospedante.

El endófito se une al xilema de *P. tremuloides*. La peridermis y córtex son desplazados por el tejido de penetración del haustorio (Lámina 8).

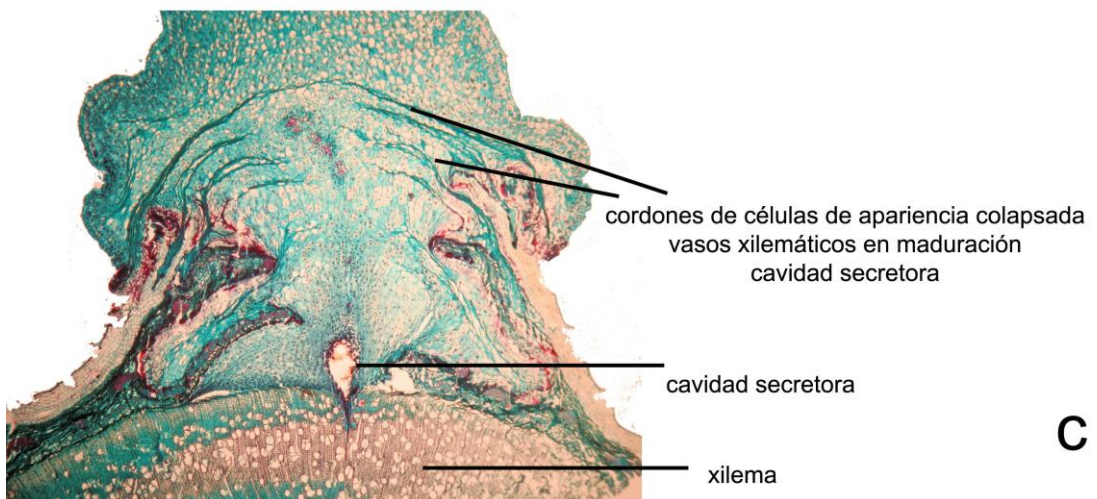
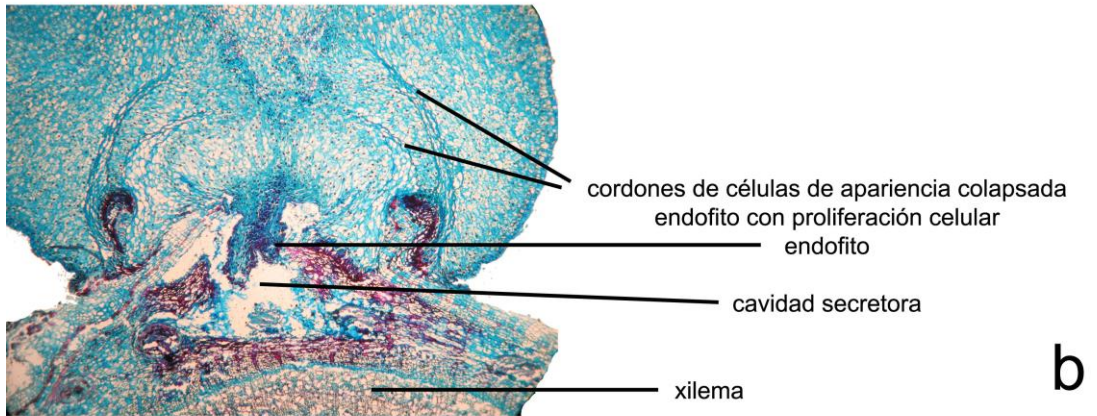
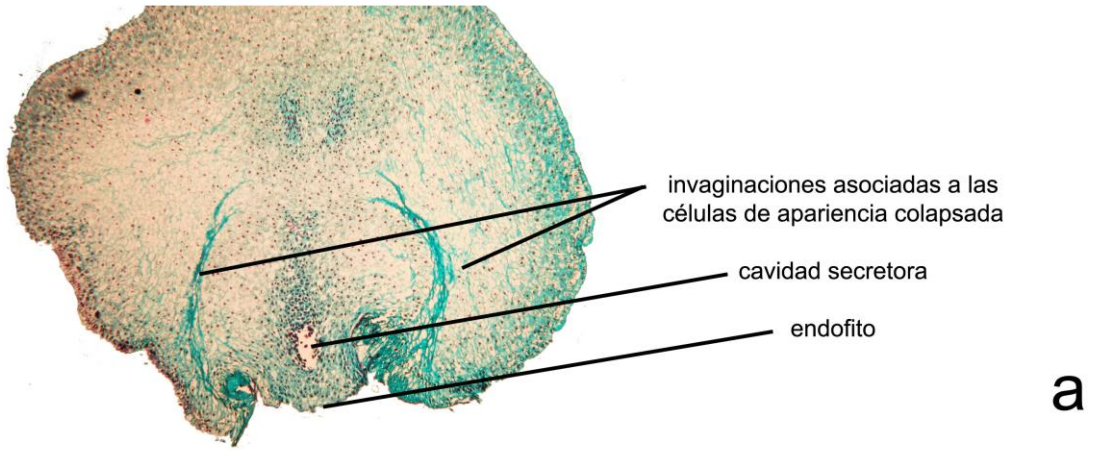


Lámina 8. Desarrollo de la fase haustorial y de establecimiento.

8.9 Histoquímica de la interacción *Struthanthus interruptus*-*Populus tremuloides*

Cuadro 8. Resultados de las tinciones e histoquímicas aplicadas en la interacción *S. interruptus*-*P. tremuloides*.

Muestras	Distancia al sitio de	Taninos				Ligninas			Polisacáridos	
		Azul Prusia	FeSO ₄	Vainillina -HCl	FeCl ₃	Wiesner	Mäule		Rojo rutenio	Rojo congo
							G	S		
D-1	0	±	+	+	-	±	+	-	+	+
	0.25	-	+	±	-	-	-	-	±	-
	0.5	-	±	-	-	-	-	-	±	±
D-3	0	Nd	+	nd	±	+	+	-	Nd	nd
	0.25	Nd	+	nd	-	±	±	-	Nd	nd
	0.5	Nd	-	nd	-	-	-	-	Nd	nd
D-7	0	±	+	±	±	+	+	-	+	±
	0.25	±	±	-	±	±	+	-	-	±
	0.5	-	-	-	-	±	±	-	-	-
D-11	0	+	+	+	+	+	+	-	Nd	nd
	0.25	±	+	-	+	+	+	-	Nd	nd
	0.5	±	±	±	±	±	+	-	Nd	nd
D-14	0	+	+	+	+	++	+	-	±	±
	0.25	+	+	+	-	+	+	-	-	-
	0.5	-	+	-	±	±	+	-	-	-
D-30	0	+	+	+	+	+	+	-	Nd	nd
	0.25	+	+	+	±	+	+	-	Nd	nd
	0.5	+	±	±	-	+	±	-	Nd	nd

La intensidad de tinción se determinó por las observaciones en microscopio óptico.

(+), tinción fuerte; (±), tinción moderada; (-) sin tinción; (nd) no determinado.

Cuadro 9. Histoquímicas de las interacciones *S. interruptus*-*P. tremuloides*.

Muestras		calosa	proteínas	
		Lacmoide	Azul brillante de coomassie	negro de amido 10B
D-1	0	±	±	+
	0.25	-	-	±
	0.5	-	-	±
D-7	0	+	+	+
	.25	-	-	+
	.5	-	-	±
D-14	0	+	+	+
	.25	±	±	+
	.5	-	±	+

La intensidad de tinción se determinó por las observaciones en microscopio óptico.

(+), tinción fuerte; (±), tinción moderada; (-) sin tinción.

Anatomía de *Populus tremuloides*.

Epidermis. Es uniestratificada, de cutícula delgada y tricomas unicelulares, la cual es reemplazada de manera progresiva por una peridermis.

Peridermis. De súber, de cambium felógeno y de felodermis. Están organizadas en hileras radiales. Conforme aumenta el grosor de la rama, se incrementa el número capas de células de la felodermis y del súber. Las paredes celulares de esta última capa se van suberizando. Algunas células de la felodermis presentan cristales prismáticos.

Cortex. La parte externa del cortex la componen hileras tangenciales de fibras con paredes muy lignificadas y separadas entre sí por células tabulares de parénquima dispuestas en hileras como las de la peridermis. Enseguida se observa una banda tangencial de células de parénquima fotosintético y una o varias bandas tangenciales de fibras. Algunas células de parénquima presentan cristales romboidales y en forma de drusas.

Floema. Se compone de tubos cribosos, de células acompañantes, de células de parénquima floemático, fibras y esclereidas. Los radios floemáticos son uniseriados y abundantes. Las fibras se organizan en paquetes de tamaño variable y se disponen en bandas tangenciales. Algunas células de parénquima floemático presentan drusas.

Xilema. Presenta porosidad difusa, los vasos son solitarios y múltiples de 2 a 3, el parénquima es vasicéntrico, los radios son uniseriados, las fibras son fibrotraqueidas de paredes delgadas.

Médula. De parénquima. Algunas células presentan drusas.

Como parte del crecimiento primario, todas las ramas de *P. tremuloides* presentan una epidermis que se va desprendiendo conforme aumenta el grosor de la rama. Las de menor grosor (3 mm) aun presentan una epidermis íntegra en comparación con las de mayor grosor (18 mm), las cuales presentan desprendimiento de epidermis.

Al respecto, Kaufert (1936) menciona que las ramas de *P. tremuloides* presentan una epidermis de vida corta que se desprende de manera progresiva en el primer o segundo año de vida.

En cuanto al crecimiento secundario, todas las ramas analizadas presentaron peridermis. Kaufert (1936) observó en el primer año de vida de las ramas de *Populustremuloides*, la formación de una peridermis compuesta de células de súber, de cambium felógeno y de felodermis.

Con base en las observaciones, En cuanto al grosor de las ramas de *P. tremuloides*, va acompañado de un aumento en el número de capas celulares de xilema, de floema, de cortex y de peridermis.

Con base en los mecanismos de resistencia presentes en la plantas contra el ataque de los patógenos, *P. tremuloides* presenta una resistencia estática basada en sus características estructurales como la presencia de células con paredes lignificadas en las fibras y en las

hileras de esclereidas del cortex, en la fibras dispuestas en los numerosos paquetes del floema y en los elementos celulares del xilema. Dentro de las interacciones planta-patógeno, los metabolitos secundarios forman parte de los mecanismos de defensa en los álamos y *Populus* es un género rico en compuestos fenólicos; en las hojas constituyen más del 4% del peso seco. Hariri y colaboradores (1991) encontraron la resistencia de algunos cultivos de álamo al muérdago está relacionada con la rápida acumulación de compuestos polifenólicos por parte del hospedante en la zona haustorial.

9 DISCUSIÓN

En los sitios de las trece delegaciones donde *S. interruptus* parasita a los cerca de 80 especies de arbóreas, *P. tremuloides* es la especie más parasitada.

En lo que respecta a la fenología, en mayo inició la formación de flores con abundante presencia de botones, cuyas flores abren a partir de junio hasta el mes de noviembre, siendo agosto el mes con mayor frecuencia floral.

En los sitios recorridos de las delegaciones, incluido el sitio de estudio, la fructificación inició en junio del 2010 y concluyó en mayo del 2011. Sin embargo, la desarrollo y madurez de cada fruto y desarrollo de cada semilla de *S. interruptus* duró aproximadamente ocho meses, de tal manera que en este evento las fases de desarrollo y madurez se sobrelapan, de modo que los frutos que iniciaron su desarrollo en junio del 2010, lo concluyeron en enero del 2011 y aquellos que iniciaron su desarrollo en noviembre del 2010 lo finalizaron en mayo del 2011. En particular, la fase de maduración de los frutos se caracterizó por presentar cambios graduales de coloración verde a marrón rojiza y de textura rugosa a lisa; siendo marzo el mes con la mayor presencia de frutos maduros. A diferencia, Cárdenas (2012), refiere que la formación y maduración del fruto de *S. interruptus* sucede de septiembre a enero y continúa con las fases de dispersión y presencia de semillas de febrero a septiembre.

La selección de hospederos por las aves es uno de los factores conductuales que explican las diferencias en prevalencia entre especies de hospedero, y la variación en los niveles de infestación entre individuos de una de las especies de hospedero.

Radolmiljac (1998) señala que la germinación está menos influenciada por el substrato al cual se adhieren los frutos sin exocarpo, que por la disponibilidad de agua, oxígeno, temperatura y luz. Dobbinns y Kuijt (1974), emplearon portaobjetos como soporte para pruebas de desarrollo haustorial en *P. pyrifolia*, y observaron que previo al contacto del disco radicular con el objeto sólido, la semilla germinó. De acuerdo a los resultados, en *S. interruptus* los porcentajes de germinación empleando ramas y portaobjetos, fueron similares.

De los experimentos de germinación, las semillas geminaron según la posición en la que fueron colocadas en las ramas de *P. tremuloides*, de manera paralela el 90% de las semillas germinó, mientras que de forma perpendicular, únicamente germinaron las semillas que perdieron su posición perpendicular, es decir, aquellas semillas que estuvieron más expuestas a la acción de la gravedad.

Por otro lado, la viscina de las semillas en posición vertical, al entrar en contacto con el medio solidificó, permitió mantener los frutos adheridos a las ramas en posición perpendicular a los frutos sin exocarpo, sin embargo al solidificar la viscina aparentemente obstaculizó el desarrollo del holdfast de la mayoría de los embriones que finalmente no germinaron. En cambio, los frutos que perdieron la perpendicular y

los que fueron adheridos y colocados de manera paralela a la superficie, la mayoría de sus embriones germinó.

En experimentos de germinación *in situ*, Cárdenas (2014), menciona que las semillas de *S. interruptus* germinan a los tres y cuatro días de haber sido inoculadas. En la lorantácea *P. pyrifolia*, la germinación de las semillas ocurre cuando el hipocótilo y la radícula se expanden, y cuando el extremo radicular forma un disco hemisférico denominado holdfast que hace contacto con la superficie del hospedero. En *Cladocolea loniceroides*, otra lorantácea que comparte muchas similitudes con el género *Struthanthus* (Vidal-Russell y Nickrent, 2008) la germinación ocurre a los 21 días (García, 2009). En los embriones de *S. interruptus*, estos eventos de germinación iniciaron el día seis y continuaron hasta la segunda semana.

De acuerdo a Dobbins y Kuijt (1974) en *P. pyrifolia*, una lorantácea muy relacionada estructuralmente con el género *Struthanthus*, el desarrollo haustorial inicia cuando el disco radicular al hacer contacto con la superficie del hospedero se achata. En *S. interruptus* este suceso ocurrió a partir del día 16 la cuarta semana.

De acuerdo a Salatino *et al.*, a los 30 días de germinación, las plántulas de *S. vulgaris* Mart. presentan dos cotiledones, un ápice de tallo pobremente desarrollado y una raíz joven. En *S. interruptus*, estos eventos ocurrieron a partir de los 20 días en la tercera semana.

En la cuarta semana, aún no se observa la aparición de primordios foliares. En *Cladocolea lonicerooides* la aparición de los primordios foliares se observó a los 73 días (García, 2009).

En campo, se apreció que *S. interruptus* desarrolla haustorios primarios y secundarios. El primario de origen embrionario y los secundarios de origen vegetativo, ambos se originan lateralmente de las raíces epicorticales (Dobbins y Kuijt, 1974, Calvin y Wilson, 2006).

S. interruptus presenta raíces epicorticales basales y raíces epicorticales caulinares, las primeras se desarrollan a partir del haustorio primario y las caulinares a partir de ramas.

En el 2010, el evento fenológico de desarrollo de frutos inició en mayo y concluyó en junio del 2011. Los primeros frutos en madurar lo hicieron en enero de 2011 y los últimos en madurar lo hicieron en la primera quincena de junio del 2011. De este modo, un solo evento de fructificación se completa en aproximadamente 8 meses.

Los individuos de *S. interruptus* además de desarrollar un haustorio primario de origen embrionario, desarrollaron a partir de los 120 días un sistema haustorial secundario representado por ramas epicorticales basales con haustorios secundarios en dirección basipétala. De los 40 géneros reportados por Calvin y Wilson (2006) con ramas epicorticales basales, *Struthanthus* es uno de los dos géneros que además de desarrollar REB, desarrolla ramas epicorticales caulinares (REC) con haustorios secundarios, sin embargo, es probable

que por el tamaño de los cinco individuos aún no han desarrollado raíces epicorticales caulinares.

De las semillas que germinaron en los soportes de corcho (8) y de celofán (8), dos alcanzaron las fases prehaustorial y haustorial. Con base en estos hechos, Rödl y Ward (2002), mencionan que las semillas de muérdago son capaces de germinar en ausencia de un hospedante o de algún tipo de sustrato específico. Dobbins y Kuijt (1974), señalan que el contacto del extremo radicular con la superficie de cualquier sustrato (tigmotropismo), es suficiente para que de inicio el desarrollo haustorial y el hipocotilo se oriente verticalmente.

La presencia de hidátodos en la epidermis de la parte superior del holfast y del hipocotilo podría estar relacionada con alguna función de lubricación del embrión durante su establecimiento en su hospedante.

Las hileras semicirculares de células de apariencia colapsada parecen limitar el espacio que ocupa la glándula.

Respecto a la presencia de compuestos fenólicos, la viscina del embrión de *S. interruptus* presenta gran cantidad de taninos. La epidermis adaxial de los cotiledones, y la parte inferior del holfast presentan abundantes taninos. Conforme se desarrolla el haustorio, las pruebas para taninos resultaron positivas. A partir de los días 14, la zona perihhaustorial presenta gran cantidad de taninos condensados. Como parte de los mecanismos de defensa en las plantas contra el ataque de patógenos, se observó una acumulación de fenólicos en el sitio de la infección de las muestras de los días 7, 14 y 30 días. La parte central del

eje embrionario presenta una serie de elementos de vaso dispuestos en un anillo concéntrico continuo desde la parte superior del hipocótilo hasta por debajo de la parte media del holdfast. En un plano longitudinal, los vasos se organizan en dos cadenas paralelas que se unen por debajo de la parte media del disco radicular. Estos vasos, además de estar lignificados, presentan engrosamientos en espiral.

Conforme se ensancha el holdfast y el endófito penetra, en la parte central del holdfast se observan algunos vasos con paredes no lignificadas. Esto podría indicar la formación del sistema vascular del haustorio primario. En el día 11, se observó un mayor número de vasos con paredes lignificadas.

En las muestras de 30 días, la prueba de Wiesner indicó una gran impregnación de lignina y/o suberina en las paredes de las hileras de fibras del córtex que rodean a la zona perihaustral. En el xilema, se observó una mayor lignificación de las paredes de vasos, parénquima y fibras que están cerca de la zona haustorial.

Con el objeto de distinguir si la lignina formada es rica o pobre en monómeros siringil, se aplicó la prueba de Mäule. En el endófito, la gran cantidad de células con grandes núcleos y paredes con polisacáridos sin lignificar, podría indicar que se trata de células vivas con gran actividad metabólica. Al respecto, Kuijt (1971) señala que las células de la porción terminal del endófito son meristemáticas.

El aumento de tamaño del disco radicular, está acompañado de un aumento en el número de células con núcleos grandes y abundantes

polisacáridos (pectinas y celulosa) en sus paredes celulares. En cuanto a las proteínas, hubo una mayor reacción en los días 7 y 14. Las proteínas de entrecruzamiento están directamente asociadas a las respuestas de defensa.

Con base en los mecanismos de resistencia presentes en las plantas contra el ataque de los patógenos, *P. tremuloides* presenta una resistencia estática basada en sus características estructurales, como la presencia de células con paredes lignificadas en las fibras y en las hileras de esclereidas del cortex, en las fibras dispuestas en los numerosos paquetes del floema y en los elementos celulares del xilema.

Dentro de las interacciones planta-patógeno, los metabolitos secundarios forman parte de los mecanismos de defensa en los álamos y *Populus* es un género rico en compuestos fenólicos; en las hojas constituyen más del 4% del peso seco. Hariri y colaboradores (1991) encontraron que la resistencia de algunos cultivos de álamo a muérdagos de la familia Viscaceae está relacionada con la rápida acumulación de compuestos polifenólicos por parte del hospedante en la zona haustorial.

10 CONCLUSIONES

De las visitas realizadas a campo se observó que los eventos de un ciclo fenológico de floración y de fructificación no ocurren de manera simultánea. En *S. interruptus*, el de floración se presenta en junio y concluye en noviembre.

Los eventos de floración y de fructificación de ciclos distintos tampoco se manifiestan de manera simultánea. La fructificación del ciclo 2009-2010 concluyó en mayo y la floración del ciclo 2010-2011 inició en junio.

El embrión de *S. interruptus* consiste de un endospermo, dos cotiledones, un ápice de tallo, un hipocótilo y una radícula en forma de disco denominada disco radicular.

La semilla de *S. interruptus* no presenta testa, sin embargo, el mesocarpo del fruto posee una capa de viscina que se ubica estratégicamente alrededor del disco radicular.

Los embriones presentan una epidermis e hipodermis se modifican, formándose en su lugar células alargadas con proyecciones redondeadas conocidas como células tubulares.

El desarrollo de pequeñas invaginaciones rodeadas de cordones de células de apariencia colapsada a partir del día 6, podría estar asociado con el desarrollo de la cavidad denominada glándula.

La penetración del órgano de intrusión o endófito en *P. tremuloides* inició alrededor del día 10 de desarrollo del haustorio de *S. interruptus*.

Entre los días 15 y 30 de desarrollo del establecimiento del haustorio de *S. interruptus*, el endófito logró penetrar los tejidos de su hospedante y estableció contacto con su tejido vascular.

11 BIBLIOGRAFÍA

- Arruda, R., L. Nobre C. y K. Del-Claro. 2006. Host specificity of a Brazilian mistletoe, *Struthanthus* aff. *polyanthus* (Loranthaceae), in cerrado tropical savanna. FLORA 201:127-134.
- Calvin, C. y C. Wilson. 2006. Comparative morphology of epicortical roots in old and new world Loranthaceae with reference to root types, origin, patterns of longitudinal extension and potential for clonal growth. FLORA 201:51-64.
- Cárdenas S., V. 2014. Alternativas de control para el manejo de *Cladocolea loniceroides* (Van Tiegh) Kuijt y *Struthanthus interruptus* (Kunth) Blume presentes en la zona urbana del Distrito Federal, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. 145p.
- Cid V., R. M. 2006. Biología reproductiva de *Cladocolea loniceroides* (van Tieghem) Kuijt (Loranthaceae) Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, D. F. 176p.
- Clark, G. 1981. Staining procedures. 4ed. Williams & Wilkins. Baltimore USA. 512p.
- Constabel C., P., L. Yip, J. Patton y M. E. Christopher. 2000. Polyphenol oxidase from hybrid poplar. cloning and expression in response to wounding and herbivory. Plant Physiology 124:285-295.
- Cutler, F. D., T. Botha y D. W. Stevenson. 2008. Plant anatomy. An applied approach. Blackwell Publishing. New York, USA. 302p.
- Cházaro B., M., H. Oliva R., F. Ramón F. y J. A. Vázquez-García. 2005. *Cladocolea oligantha* (Loranthaceae) un nuevo registro para Veracruz, México, y datos generales sobre este taxón. Polibotánica 20:1-15.
- Cházaro B., M. 2006. Las plantas parásitas de México: florística y fitogeografía. Tesis doctoral. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. 170p.

- De la Paz Pérez, O., C., J. Ceja R. y G. Vela R. 2006. Árboles y muérdago: una relación que mata. *ContactoS* 59:28-34.
- Dobbins; R. D. y J. Kuijt. 1974a. Anatomy and fine structure of the mistletoe haustorium (*Phthirusapyrifolia*). I. Development of the young haustorium. *American Journal of Botany* 61(5):535-543.
- Dobbins; R. D. y J. Kuijt. 1974b. Anatomy and fine structure of the mistletoe haustorium (*Phthirusa pyrifolia*). II. Penetration attempts and formation of the gland. *American Journal of Botany* 61(5):544-550.
- Fernández-Aparicio, M., A. Pérez-de-Luque, M. D. Lozano y D. Rubiales. 2007. Inoculation and growth with root parasitic weeds. *Medicago Truncatula Handbook* 1-11.
- García, O., M. N. 2009. Evaluación de la infección por el muérdago, *Cladocolea loniceroides* (Van Tieghem) Kuijt Loranthaceae en el arbolado de av. Reforma, D. F. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Edo. Méx, Méx.
- Hariri, B., G. Sallé y C. Andary. 1991. Involvement of flavonoids in the resistance of two poplar cultivars to mistletoe (*Viscum album* L.). *Protoplasma* 162: 20-26.
- Heide-Jorgensen, H. 2008. Parasitic flowering plants. Brill. Leiden-Boston. 438p.
- Johansen, D. A. 1940. Plan microtechnique. McGraw-Hill. Nueva York. 523p.
- Kaufer; D. 1936. Factors influencing the formation of periderm in Aspen. *American Journal of Botany* 24:24-30.
- Kraus, J. E., C. de Sousa H., H. Rezende M., C. Vecchi y R. Luque. 1998. Astra blue and basic fuchsin staining of plants materials. *Biotech. & Histochem.* 73(5):235-243.
- Kraus, J. E., M. Arduin y M. Venturelli. 2002. Anatomy and ontogenesis of hymenopteran leaf galls of *Struthanthus vulgaris* Mart. (Loranthaceae). *Revista Brasil. Bot.* 25(4):449-458.
- Lavid, N., A. Schwartz, O. Yarden y E. Tel-Or. 2001. The involvement of polyphenols and peroxidase activities in heavy-metal accumulation by epidermal glands of the waterlily (Nymphaeaceae). *Planta* 212: 323-331.

- Lichter, J. M. y A. M. Berry. 1991. Establishment of the mistletoe *Phoradendron macrophyllum*: phenology of early stages and host compatibility studies. *Botanical Gazette*. 152(4):468-475.
- López de Buen, L. y J. F. Ornelas. 2002. Host compatibility of the cloud forest mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* (Loranthaceae) in Central Veracruz, Mexico. *American Journal of Botany* 89(1):95-102.
- Marchal, V. D. 2009. El muérdago en la Ciudad de México. *Arbolama* 2:10-30.
- Martínez G., R. E. 2005. Taxonomía y biogeografía del género *Populus* (Salicaceae) en México. Unidad para el Desarrollo de la Investigación y el Posgrado. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. 159p
- Mellersh, D. G., I. V. Foulds, V. J. Higgins y M. C. Heath. 2002. H₂O₂ plays different roles in determining penetration failure in three diverse plant-fungal interactions. *The Plant Journal* 29(3):257-268.
- Peterson, R. L., C. A. Peterson y L. H. Melville. 2008. Teaching plant anatomy. Through creative laboratory exercises. NRC Press. Ottawa, Canada. 164p.
- Radolmiljac, A. M. 1998. The influence of pot host species, seedling age and supplementary nursery nutrition on *Santalum album* Linn. (Indian sandalwood) plantation establishment within the Ord River Irrigation Area, Western Australia. *Forest Ecology and Management* 102:193–201.
- Ramírez, M. y J. F. Ornelas. 2009. Germination of *Psittacanthus schiedeanus* (mistletoe) seeds after passage through the gut of Cedar waxwings and Grey silky-flycatchers. *Journal of the Torrey Botanical Society* 136(3):322–331.
- Rivera, T., J., De la Paz Pérez, O., C. y G. Sandoval G. 2011. Parasitismo de *Cladocolea Ioniceroides* (Van Tieghem) y *Struthanthus interruptus* (Kunth) Blume: especies de amplia distribución en el Distrito Federal. XVIII Congreso Internacional/ XXXVIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C. (SMF).
- Rödl, T. y D. Ward. 2002. Host recognition in a desert mistletoe: early stages of development are influenced by substrate and host origin. *Functional Ecology* 16:128-134.

- Ruvalcaba S., J. y M. Cházaro B. 2009. *Struthanthus interruptus* (H.B.K.) Blume (Loranthaceae) un muérdago adventicio y pernicioso en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México.
- Ruzin, S. E. 1999. Plant microtechnique and microscopy. Oxford University Press. New York USA. 322p.
- Salatino, A., J. E. Kraus y M. L. F. Salatino. 1993. Contents of tannins and their histological localization in young and adult parts of *Struthanthus vulgaris* Mart. (Loranthaceae). *Annals of Botany Company* 72:409-414.
- Sallé, G., H. Frochot y C. Andary. 1994. El muérdago. *Mundo Científico* 143(14):108-117.
- Serrano M., M. J. 2014. Caracterización parcial fitoquímica del fruto de *Cladocolea loniceroides* (van Tieghem) Kuijt (Loranthaceae) y su efecto en distintos cultivos de cáncer de mama. Tesis de Doctor en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 88p.
- Torres, F. y M. Montilla. 1997. Implantación de la Loranthaceae hemiparásita *Phthirusa pyrifolia* (H.B.K.) Eichl. en especies de un agroecosistema cafetalero. *Plantula* 1(3):213-219.
- Trentham, R., C. E. Sams y W. S. Conway. 2008. Histological effects of calcium chloride in stored apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133 (4): 487-491.
- Vidal-Russell, R. y D. Nickrent. 2008. Evolutionary relationships in the showy mistletoe family (Loranthaceae). *American Journal of Botany* 95(8):1015-1029.
- Vallet, C., B. Chabbert, Y. Czaninski y B. Monties. 1996. Histochemistry of lignin deposition during sclerenchyma differentiation in alfalfa stems. *Annals of Botany* 78:625-632.

12 ANEXO

Listado de las especies arbóreas de la Ciudad de México parasitadas por *Struthanthus interruptus*.

#	Nombre científico/ Nombre común	#	Nombre científico/ Nombre común
angiospermas			
1	<i>Acacia baileyana</i> / acacia	32	<i>Liquibambar styraciflua</i> / Liquibámbar
2	<i>Acacia heterophylla</i> / acacia	33	<i>Magnolia grandiflora</i> / Magnolia
3	<i>Acacia saligna</i> / acacia	34	<i>Melia</i>
4	<i>Acer negundo</i> / Acer, Negundo	35	<i>Morus celtidifolia</i> Mora
5	<i>Alnus acuminata</i> / Aile	36	<i>Nerium oleander</i> Rosa Laurel
6	<i>Alnus firmifolia</i> /Aile	37	<i>Nicotiana glauca</i> /Tabaquillo
7	<i>Arctostaphylos pungens</i> / Piracanto	38	<i>Olea europea</i> /olivo
8	<i>Bowinia sp.</i> Pata de vaca	39	<i>Pittosporum tabira</i> /Azahar de China
9	<i>Buddleia cordata</i> / Tepozán	40	<i>Platanus mexicana</i> Sicomoro
10	<i>Callisthemon spesciosus</i> Cepillo	41	<i>Populus alba</i> Álamo Blanco
11	<i>Callis</i>	42	<i>Populus canadensis</i>
12	<i>Casuarina equisetifolia</i> Casuarina	43	<i>Populus deltoides</i> Chopo
13	<i>Celtis occidentalis</i> /olmo blanco	44	<i>Populus tremuloides</i> Álamo temblón
14	<i>Ceratonia siliqua</i>	45	<i>Prunus armeniaca</i> Chabacano
15	<i>Citrus sp.</i> Limón	46	<i>Prunus cerasifera</i> /ciruelo
16	<i>Citrus sp.</i> Mandarina	47	<i>Prunus persica</i> Durazno
17	<i>Citrus sp.</i> Naranja	48	<i>Prunus serotina</i> Capulín
18	<i>Eriobotrya japónica</i> /níspero	49	<i>Psidium sartorianum</i> Guayabo
19	<i>Erythrina coralloides</i> Colorín	50	<i>Punica granatum</i> Granada
20	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Eucalipto	51	<i>Quercus rugosa</i> / encino blanco
21	<i>Eucalyptus sp.</i> Eucalipto	52	<i>Robinia pseudoacacia</i>
22	<i>Ficus benjamina</i> / Ficus	53	<i>Salix babilónica</i> / Sauce llorón
23	<i>Ficus carica</i> /higo	54	<i>Salix bonplandiana</i> / Ahuejote, Sauce
24	<i>Ficus elástica</i> / Hule	55	<i>Salix humboltiana</i> Sauce
25	<i>Ficus lirata</i> /Árbol de la lira	56	<i>Spathodea campanaluta</i> Tulipán africano
26	<i>Ficus microcarpa</i> /Laurel de la india	57	<i>Schinus molle</i> /pirú
27	<i>Fraxinus uhdei</i> / Fresno	58	<i>Schinus therebentifolius</i> /pirú brasileño
28	<i>Grevillea robusta</i> /Grevilea	59	<i>Ulmus parvifolia</i> Olmo

29	<i>Jacaranda mimosaeifolia</i> / Jacaranda		
30	<i>Ligustrum japonicum</i> / Trueno		
31	<i>Ligustrum lucidum</i> /Trueno		
Gimnospermas			
1	<i>Araucaria excelsa</i> / Araucaria	4	<i>Pinus maximartinezzi</i> /pino azul
2	<i>Cupressus lusitánica</i> / Ciprés, Cedro blanco	5	<i>Taxodium mucronatum</i> / Ahuehuete
3	<i>Pinus sp.</i>	6	<i>Thuja orientalis</i> / Tuja