



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE LA INFESTACIÓN
DE *Tillandsia recurvata* (L.)L. COMO PLAGA DE
LEÑOSAS, EN EL JARDÍN BOTÁNICO DE
CADEREYTA DE MONTES, QUERÉTARO, MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

DAMARIS MORON TORRES



DIRECTOR DE TESIS:

MARIA DEL CARMEN MANDUJANO

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del alumno
Moron
Torres
Damaris
15 52 37 18
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
309148393

2. Datos del asesor
Dra
María del Carmen
Mandujano
Sánchez

3. Datos del sinodal 1
Dr
Héctor Mario
Benavides
Meza

4. Datos del sinodal 2
Dr
Pedro Eloy
Mendoza
Hernández

5. Datos del sinodal 3
Dra
María del Carmen
Mandujano
Sánchez

6. Datos del sinodal 4
M en C
Iván
Castellanos
Vargas

7. Datos del sinodal 5

M en C

Beatriz

González

Hidalgo

8. Datos del trabajo escrito

Diagnóstico y control de la infestación de *Tillandsia recurvata* (L.) L. como plaga de leñosas, en el jardín botánico de Cadereyta de Montes, Querétaro, México.

101 p.

2017

AGRADECIMIENTOS OFICIALES

Agradezco a la Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez por la dirección de esta tesis.

Al Laboratorio de Genética y Ecología del Departamento de Ecología de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), que prestó sus instalaciones para realizar este trabajo.

Este proyecto se realizó gracias al financiamiento de los proyectos SEP-CONACyT 221362 y del presupuesto operativo del Instituto de Ecología, UNAM, otorgados a la Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez (MMC) y de cual fui becaria con clave 23078. Además del apoyo financiero del Proyecto GEF-CONABIO de invasoras del Dr. Jordan Golubov y MMC.

Al Taller de “Ecología Terrestre y Manejo de Recursos Bióticos”, de la Facultad de Ciencias, UNAM, bajo la asesoría de los profesores que allí participan: el Dr. Zenón Cano Santana, la M. en C. Irene Pisanty Baruch, la M. en C. Rosa Mancilla Ramírez, Dr. Jordan Golubov, Dra. Mariana Hernández Apolinar, donde se realizó esta tesis.

Agradezco la disposición y tiempo que brindaron, M. en C. Aldanelly Galicia Pérez, M en C. Donají, Biól. Hugo Altamirano, Berenice Morales Medina, Mariana Cano Rodríguez, Biól. Graciela Jiménez Guzmán, Biól. Linda Mariana Martínez, M. en C. Esteban Omar Munguía, Biól. Steffanie Hernández, Biól. Magda Argueta, Biól. Sandino Guerrero, Biól. Vania Olmos Lau, Sandra López, así como a los grupos de la UAM del Dr. Jordan Golubov del trimestre de otoño 2014 y primavera 2015, quienes colaboraron en el trabajo de campo durante el censo de vegetación.

Agradezco la disposición y tiempo que brindó Pablo Guillermo Aragonés Suárez durante su servicio social en el laboratorio de Genética y Ecología, quien colaboró tanto en el trabajo de campo como en el de gabinete durante el desarrollo del trabajo experimental de control químico.

Al personal del Jardín Botánico Regional de Cadereyta y en especial al Ing. Emiliano Sánchez, director, por el apoyo y las facilidades otorgadas. Igualmente, agradezco la beca para obtención de grado otorgada por Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCyTEQ).

A la M en C. Mariana Rojas Aréchiga por el apoyo en la logística de las salidas de campo, y a la Lic. Anabel Domínguez Reyes por el trabajo de laboratorio.

A mis sinodales, el Dr. Héctor Mario Benavides Meza, la M. en C. Beatriz González Hidalgo, el M. en C. Iván Israel Castellanos Vargas y el Dr. Pedro Eloy Mendoza Hernández por su revisión y contribución a este trabajo.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Agradecer es una tarea muy complicada, sobre todo para personas como yo que a veces tienen memoria mala, pero me esforcé en recordar, por lo que esto es un presente que va con palabras impregnadas de cosas mucho más densas y profundas de lo que quizá pueda leerse, pues nunca es fácil transmitir lo que en verdad se siente, he aquí un intento sincero, narrado en tercera persona, para hacer un reconocimiento público de toda las personas con extraordinaria calidad que me ayudaron en esta primera Odisea de mi vida.

*Para mí, los inicios son importantes. Mi núcleo de iniciación son **mis padres y hermano**. Ellos me apoyaron toda la vida; no hubiera llegado hasta donde estoy y no sería lo que soy sin ellos tres. Agradezco por todas las veces que me impulsaron, apoyaron y por su bendita incondicionalidad, y todas esas mínimas cosas que hacían para que lograra mis objetivos, y bueno, creo que está de más mencionar los grandes sacrificios, porque están implícitos. A continuación, mencionaré algunos sucesos, como su ayuda para que pudiera irme a campo o cuando me soportaban porque moría con deberes escolares infinitos y no podía salir con ellos los domingos. Agradezco a **mi mamá** y a **Eros** porque cuando tenía una montaña de datos, se desgastaban conmigo dictándomelos para pasarlos electrónicamente. Agradezco a **mi papá** porque me consintió con una cafetera y por siempre proveer el café, las galletas y las botanas para que yo pudiera trabajar mejor ☺ y por traerme mis aisladores de sonido para poder hacer mi tarea y estudiar sin interrupciones. Mi mamá siempre me daba algo rico para que pudiera comer en la escuela con mis horarios mixtos de muerte. Eros escaneaba mis lecturas infinitas y siempre me hacía reír a las 12 am, él es mi amigo irremplazable y no hubiera sobrevivido a esas madrugadas de trabajo arduo sin él. Realmente, no hubiera podido ser nada si no fuéramos la hermosa familia que somos; hay tantas cosas por las cuales agradecer, que estas páginas serían muchísimas, así que solo lo resumo en un “los amo infinitamente en los infinitos del infinito”.*

*Gracias infinitas a **Pablo Aragonés**, porque los últimos semestres no hubieran sido tan divertidos y aventurados como lo fueron. La parte experimental de la tesis no hubiera sido tan genial; todo ese espinoso, escabroso, caluroso y lluvioso campo que tuvimos fue soportable. Y aunque no empecé la tesis conociéndolo, logré terminarla más rápido gracias a él. Los 21 me cambiaron la vida ☺.*

*Gracias a mi tío **Jeffrey**, porque él, aunque quizá no estaba en sus intenciones, fue una gran influencia para mí; desde la niñez fue un gran impulso para mí en el mundo académico y en la lectura.*

***Kike Calderón** me apoyó incondicionalmente enseñándome inglés, sin él hubiera muerto y no hubiera podido leer todo lo que hasta hoy he leído y aprendido. Gracias amigo ☺.*

***Fabi Lemus** siempre dice que seré la mejor bióloga del mundo y que la lleno de orgullo, aunque yo sé que lo dice porque es mi amiga incondicional. Gracias amiga ☺.*

*Gracias a **Guillermo Herrera**, porque llegamos juntos casi a lo mismo, morimos y revivimos eligiendo taller y tema de tesis, con la estadística y la ecología.*

***Andrés Mejía** me daba ánimos siempre que me quejaba de mi tesis gigantesca y de que no dormía. Gracias amigo ☺.*

*Gracias al **Dr. Josep Moreno Bedmar**, porque aprendí mucho con él; sobre cómo ser un buen profesionalista, sobre el compromiso y los valores académicos, sobre la educación y la ciencia*

en México. Además, gracias porque siempre sentí apoyo moral cuando le contaba mis desgracias académicas.

Gracias a **Meli**, porque me llevó a hacer este proyecto tan grande del cual aprendí mucho y conocí a muchas personas, y de forma indirecta, me ayudó a lograr muchas cosas. Gracias por ayudarme a resolver problemas de estadística y por facilitar los apoyos económicos y los convenios.

Gracias al **Dr. Benavides**, al **Dr. Mendonza**, a la **M. en C. Bety Hidalgo** y al **M. en C. Iván Castellanos**, por la amabilidad, tiempo y comprensión que me brindaron.

Gracias a **Iván Castellanos Vargas**, porque incondicionalmente me ayudó un millón de veces en las correcciones de esta tesis, me asesoró infinitamente por correo y personalmente; aprendí muchísimo con él y agradezco a sobremanera sus atenciones, explicaciones y consejos, porque aunque quizá no le correspondía, o estaba ocupado o simplemente en mal momento, le importó y lo hizo.

Gracias al **Dr. Jordan Golubov** por su apoyo y por prestarme a sus alumnos, pasarme los trabajos que hacían y por llevarme a Cadereyta durante los censos de vegetación de este trabajo. Gracias por proporcionarme espacio en el laboratorio y por ofrecerme siempre ayuda para lo que necesitara.

El **Dr. Zenón Cano Santana** me ayudó hace unos meses, cuando mi tesis era un desastre total, y aunque no le correspondía, se tomó el tiempo de revisarla, asesorarme y mandarme material para mejorarla. Gracias Dr. Zenón.

Gracias a **Mariana Rojas Aréchiga**, porque siempre me ayudó con los materiales de campo aún con negligencias de algunos, hizo todo lo posible por conseguir lo que necesitaba. También gracias por resolver las engorrosas cosas administrativas.

Erick Morales me prestó las tesis que nunca podía encontrar en la biblioteca, gracias ☺.

Gracias a **Graciela Jiménez** porque con ella fui la primera y la última vez a Cadereyta, y porque sin pensar, me ayudó cuando moría con la xi cuadrada.

Gracias a la **M. en C. Irene Pisanty Baruch**, por sus comentarios tan fuertes, pero que me ayudaron muchísimo para mejorar.

Agradezco a la **Ing. Lilia Suárez**, por haberme enseñado un poco más de plagas en agrocultivos.

Gracias a los **alumnos del Dr. Jordan en la UAM-Xochimilco**, que colaboraron conmigo. Sé que sufrieron y odiaron, pero de verdad, les agradezco muchísimo, y aunque son muchos para mencionarlos, los recuerdo bien a todos ☺.

En general, gracias a todos los que estuvieron en mi vida, por cortos o largos lapsos, que me ofrecieron cualquier cosa: un libro, una película, un café...porque cada una de esas cosas, fueron influencias que me trajeron hasta donde estoy.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. La dispersión y sus síndromes en plantas epífitas	9
1.2. Interacciones bióticas en el epifitismo	9
1.3. Factores determinantes del tipo de epifitismo y preferencias de asentamiento de las epífitas	13
1.4. Fitoepidemias y su manejo.....	16
1.5. Reportes de infestación y control de poblaciones de <i>Tillandsia</i> spp.....	19
2. JUSTIFICACIÓN.....	22
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	24
4. SITIO Y SISTEMA DE ESTUDIO.....	26
4.1. Sitio de estudio.....	26
4.2. Biología de <i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.....	27
4.3. Forofitos de <i>Tillandsia recurvata</i>	30
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
5.1. Censo de presencia-ausencia de <i>Tillandsia recurvata</i> en la vegetación.....	34
5.2. Análisis de las especies de interés.....	37
5.3. Fase experimental de control químico	40
6. RESULTADOS.....	43
6.1. Resumen del censo.....	43
6.2. <i>Tillandsia recurvata</i> como colonizador exitoso en determinados forofitos	50
6.3. Incidencia, severidad y grado de infestación en las especies de interés.....	51
6.4. Control de la población de <i>Tillandsia recurvata</i>	57
7. DISCUSIÓN.....	63
7.1. ¿"Elige" <i>Tillandsia recurvata</i> a su forofito?	63
7.2. Relación entre la incidencia, severidad, <i>IT</i> y la densidad de la vegetación	66
7.3. ¿Es necesario controlar a <i>Tillandsia recurvata</i> ? Relación entre la incidencia y la severidad	67
7.4. Efectividad de los tratamientos para el control de <i>Tillandsia recurvata</i>	68
7.5. Estrategias para el control de <i>Tillandsia recurvata</i>	71
8. CONCLUSIONES.....	74
LITERATURA CITADA.....	76
ANEXO 1.....	88
ANEXO 2.....	90
ANEXO 3.....	93
ANEXO 4.....	94
ANEXO 5.....	96
ANEXO 6.....	99
ANEXO 7.....	101

Moron-Torres, D. 2017. Diagnóstico y control de la infestación de *Tillandsia recurvata* (L.) L. como plaga de leñosas, en el jardín botánico de Cadereyta de Montes, Querétaro, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. 101 pp.

RESUMEN

Tillandsia recurvata es una epífita considerada parásita estructural, y puede convertirse en problema fitosanitario cuando hay un incremento excesivo en su densidad poblacional y causas a sus forofitos. Se presenta el estudio de la presencia de *T. recurvata*, conocida comúnmente como paxtle o gallitos. El trabajo se realizó en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes, (Querétaro), debido a que existe la percepción del incremento en la densidad poblacional de esta epífita en los últimos años y se ve afectada la estética de especies de interés ornamental, ecológico y comercial ahí presentes. El incremento poblacional de *T. recurvata* en esta localidad no ha sido cuantificado, por lo cual se realizó un censo de presencia-ausencia de en una muestra de la vegetación leñosa silvestre del Jardín para conocer la incidencia de ésta. La epífita presentó mayor éxito como colonizador en especies leñosas que poseen cortezas rugosas y que presentaron un Valor de Importancia [IVI] alto, siendo factores importantes para la frecuencia de incidencia en los forofitos. Hay alta incidencia de infestación en el sitio de estudio, ya que se encontró que 1 de cada 4 forofitos están infestados y en la mayoría de éstos, la severidad es baja. De las especies leñosas censadas, fue seleccionada una muestra de *Prosopis laevigata* (mezquite) y una de *Opuntia* spp. (nopales) para calcular el grado de infestación de la epífita [I_T]. Además, se llevaron a cabo experimentos de control químico de la epífita sobre la muestra de mezquite, con distintas sustancias; agua, bicarbonato de sodio, fungicida de cobre y herbicida 2,4-D; el control más efectivo fue el bicarbonato, por deshidratación de *T. recurvata* después de la aspersión. No obstante, ninguno de los tratamientos sirve como preventivo contra la re-infestación y ninguno elimina completamente a la epífita, por lo que se es necesario probar con métodos de control integrado. En el sitio de estudio *T. recurvata* es un caso claro de parasitismo estructural sobre especies leñosas, requiere monitoreo y se sugiere la remoción de la epífita antes de la liberación de las semillas para prevenir la re-infestación.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La dispersión y sus síndromes en plantas epífitas

La dispersión es un término que refiere la separación de los propágulos (individuos) capaces de llegar a distintas direcciones a partir de un progenitor o fuente (Begon *et al.*, 1988) y es una característica clave del ciclo de vida de todas las especies vegetales (Smith y Smith, 2007). Puesto que la dispersión implica el movimiento de las plantas hijas por medio del viento, agua o animales, algunas plantas han desarrollado adaptaciones con estructuras características para facilitar su dispersión (Martínez-Orea *et al.*, 2009), por ejemplo, las epífitas cuentan con una amplia gama de mecanismos de dispersión (Ceja-Romero *et al.*, 2008). A continuación se enuncian algunos ejemplos. El síndrome de *acantocoria* lo presentan algunas epífitas con desarrollo de estructuras en forma de pelos rígidos con ganchos que les permite la adherencia a pelo o plumas de animales (Martínez-Orea *et al.*, 2009). La dispersión por medio de animales (*zoocoria*) es común en varios grupos de epífitas y puede ejemplificarse con varios síndromes; la producción de semillas y frutos con estructuras para adherirse al pelaje y patas de los animales (*exozoocoria*) o con sustancias viscosas para adherirse al pelaje (*epizoocoria* o *ixocoria*) (Granados-Sánchez *et al.*, 2003; Martínez-Orea *et al.*, 2009). En particular, las bromelias producen semillas *anemocóricas* cuyo vector de dispersión es el viento; es un síndrome que involucra semillas pequeñas con estructuras plumosas o aladas, (las cuales proceden siempre de tejido materno y no son parte de la planta embrionaria dispersada) (Hutchinson, 1973; Strasburger, 1985; Begon *et al.*, 1988; García, 1991), que les ofrecen ventajas para ampliar su alcance dispersivo y colonizar sitios donde otras plantas no pueden tener acceso (Ceja-Romero *et al.*, 2008).

1.2. Interacciones bióticas en el epifitismo

El epifitismo es una forma de vida a la que se han adaptado algunas plantas sin la implicación de hábitos terrestres o acuáticos. Etimológicamente, epífita deriva de dos raíces griegas: *epi*-arriba y *phyton*-planta, refiriéndose entonces a la vida de plantas huésped sobre plantas hospedero (Figura 1), a éstas últimas se les conoce con el nombre de forofitos (Benzing, 1990; Granados-Sánchez *et al.*, 2003; Ceja-Romero *et al.*, 2008).



Figura 1. Epifitismo de *Tillandsia recurvata* sobre una rama. Pueden observarse 3 plantas epífitas en estado juvenil que aproximadamente miden 1-2 cm de diámetro. (Fotografía de Damaris Moron Torres, tomada en 2015).

Las adaptaciones desarrolladas por las epífitas en su medio son múltiples. La sobrevivencia de estas plantas en la copa ocurre gracias a la succulencia y a su capacidad de obtener cantidades adecuadas de agua de lluvia (Ceja-Romero *et al.*, 2008). Además, las condiciones de crecimiento en el dosel y los microclimas (donde está involucrado: radiación, temperatura y humedad) generados por las posiciones sobre y entre la copa, son algunos de los factores importantes para su crecimiento, así como el sustrato aéreo en bosques áridos y suelos estériles secos, los cuales probablemente imponen estrés en la vegetación residente (Benzing, 1990).

Algunos de los efectos negativos provocados por las plantas epífitas sobre su forofito son que su presencia excesiva provoca asfixia sobre las ramas; el exceso de peso provoca la ruptura del forofito (Figura 2). El colapso de las ramas eventualmente provoca la muerte del forofito (Benzing, 1990; CONAFOR, 2007). Además, puede modificar la corteza al grado de impedir la fotosíntesis y movilización adecuada de agua y minerales (Páez-Gerardo *et al.*, 2005; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2007), o disminuir la producción de estructuras captadoras de luz del forofito (Montaña *et al.*, 1997).

El conflicto de si las epífitas (*e.g.* *Tillandsia recurvata* y *Tillandsia aëranthos*) son plantas parásitas sale a la luz cuando se encuentran colonizando de manera excesiva, aún

sin “robar” los nutrientes o agua por medio de haustorios (como ocurre con los muérdagos y hongos (Campbell y Reece, 2005)), pero con el solo hecho de que su población crezca excesivamente, le está “quitando” espacio al forofito y propicia condiciones de competencia o reducción con la superficie de captación de nutrientes y agua disponibles en el ambiente (Benzing, 1990), volviéndose una simbiosis antagonista (Cronquist, 1977).



Figura 2. Incidencia alta de *Tillandsia recurvata* sobre uno de sus forofitos (*Prosopis laevigata*) en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes, Querétaro. (Fotografía de Pablo Aragonés, tomada en 2016).

La figura 3, está basada en la clasificación de Benzing (1990) para las epífitas, en 5 parámetros principales, como el tipo de alimentación de la planta, adaptaciones a los tipos de forofitos con el hábito de crecimiento y la disposición de las hojas, así como la tolerancia a la humedad y la luz. *Tillandsia recurvata* Bromeliaceae L. (L.) se ubica en más de una categoría (encerradas en cuadros rojos); es una planta autótrofa accidental, herbácea, epífita atmosférica y tolerante a la luz.

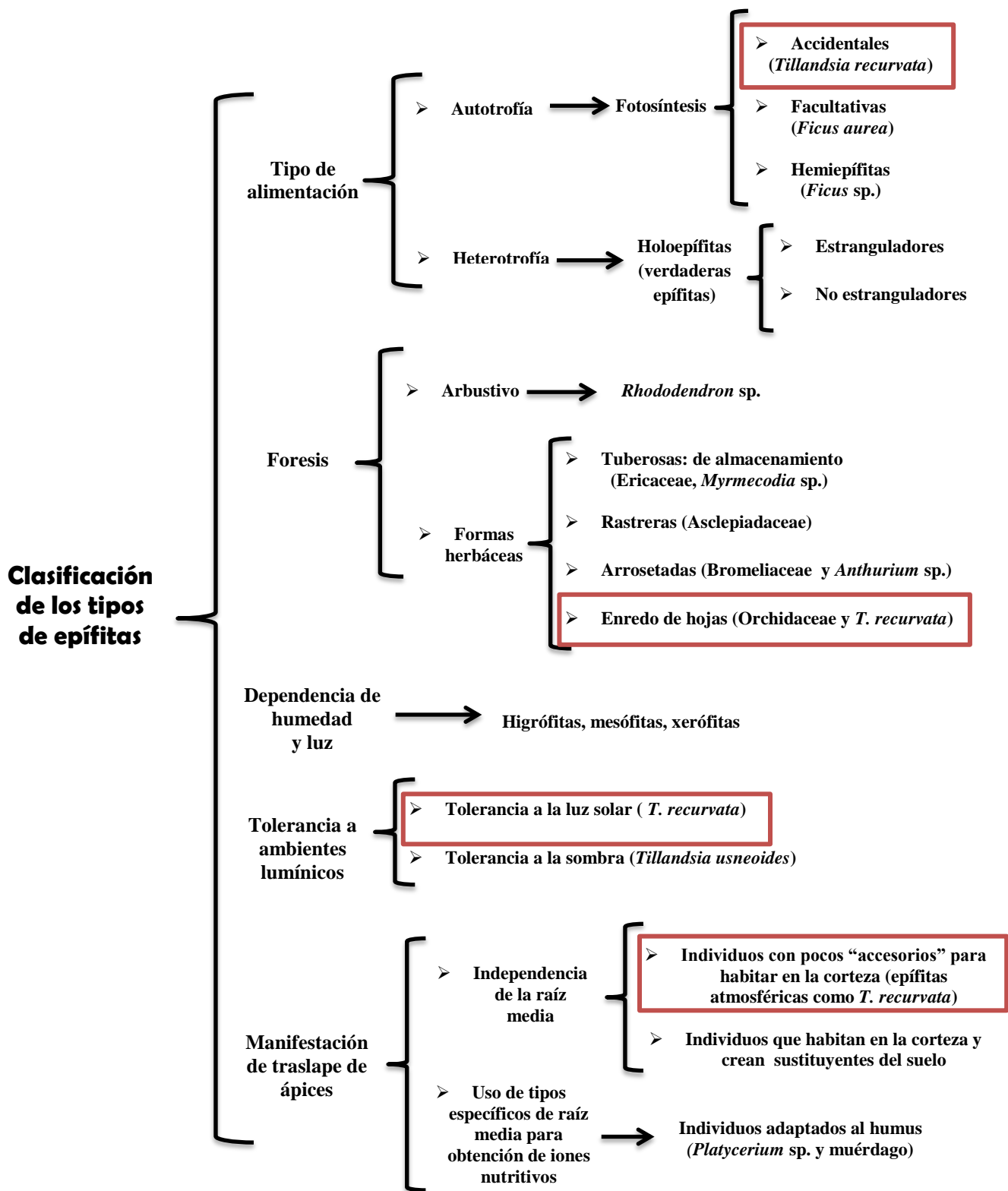


Figura 3. Implicaciones del contexto ecológico para el desarrollo del hábito epífito (modificado de Benzing, 1990).

1.3. Factores determinantes del tipo de epifitismo y preferencias de asentamiento de las epífitas

La distribución y abundancia de las epífitas de la familia Bromeliaceae están influidas por las características generales del forofito: el tipo de corteza, y la arquitectura de la copa; hay además, una colonización deferencial entre especies y mayores asentamientos en algunas zonas dentro del forofito. *T. recurvata* es un buen ejemplo para estas situaciones; en cuanto a preferencia por forofitos leñosos de cierto tipo, se mencionan árboles como *Prosopis laevigata* Humb. Et Bonp. Ex Willd., *Cercidium praecox* (Ruiz et Pavón) Harms., y sobretodo *Acacia bilimekii* J.F. Macbr., además, por ser una epífita aérea, muestra patrones de distribución preferencial en las zonas más expuestas de las copas de los forofitos en donde las corrientes de viento son de mayores velocidades, hay una mayor radiación de luz y las condiciones de humedad son las más adecuadas (Bernal *et al.*, 2005; Escutia-Sánchez, 2009), tal como sucede con la subfamilia Tillandsioidae, sin embargo, esto no puede darse por hecho para las especies que se distribuyen en los matorrales xerófilos, pues las plantas más expuestas a la luz podrían estar sometidas a un notable estrés hídrico (Escutia-Sánchez, 2009). Además de las zonas expuestas en la copa, se reporta preferencia por otras, como el tronco y la base, así como la parte media de la copa, esto al menos para especies como *Quercus germana* Schltr. & Cham. (García, 1991) y en las partes bajas e internas de la copa (Escutia-Sánchez, 2009).

La abundancia y distribución de *T. recurvata* sobre su forofito depende también de su tamaño y arquitectura; la conformación de las ramas, el ancho, largo, altura y distancia entre estas, dan lugar a los microclimas generados en las copas, (definidos por la radicación fotosintéticamente activa, según Escutia-Sánchez, 2009), todos ellos se convierten en factores influyentes para explicar la abundancia. Las variables principales son la distancia de las ramas infestadas y la altura relativa (Escutia-Sánchez, 2009), pues sirven para establecer la abundancia de epífitas de esta especie, la cual será directamente proporcional al tamaño del árbol (García, 1991; Bernal *et al.*, 2005). Escutia-Sánchez (2009) explica la preferencia de *T. recurvata* por algunos forofitos distribuidos en la Reserva Ecológica Lomas del Seminario (Ciudad de México) tomando en cuenta la complejidad de la arquitectura de estos; *Dodonaea* spp. Mill. es uno de los géneros más heterogéneos en cuanto a microclimas por su arquitectura compleja y en él se generan patrones de

distribución agregada de la epífita, mientras que en *Pittocaulon* spp. H. Rob. & Brettell (poco complejos arquitectónicamente), la distribución de la epífita es colonial.

Por tanto, la arquitectura de las copas de cada forofito ofrece condiciones térmicas distintas para las epífitas, más no es la única variable involucrada, pues también debe tomarse en cuenta la temperatura, radiación y presiones de vapor de la copa, y además, éstas están sujetas a cambios constantes (Escutia-Sánchez, 2009).

La germinación y el crecimiento de las bromelias dependen y cambian en función de las condiciones y factores a las que se expongan las semillas y las plántulas, siendo todos ellos en conjunto, valiosos para la supervivencia y persistencia de los individuos. Algunos de los factores que forman parte de este conjunto se resumen a continuación:

1.3.1. Dióxido de carbono. El dióxido de carbono es un recurso imprescindible para las plantas durante el proceso de fotosíntesis. El modo en el que se distribuya la ganancia neta de carbono tendrá una gran influencia en la supervivencia, desarrollo y reproducción de las plantas (Smith y Smith, 2007). Por tanto, este gas está ampliamente involucrado en el metabolismo ácido de las crasuláceas o CAM, una forma de fotosíntesis desarrollada por las plantas suculentas en ambientes áridos o estresantes (González-Medrano, 2012) en los que el agua es un recurso limitante. La mayoría de las especies de la familia Bromeliaceae son plantas CAM; abren sus estomas por la noche, capturando CO₂ de la atmósfera incorporándolo en compuestos de cuatro átomos de carbono y convirtiéndolo en ácido málico con el uso de fosfoenolpiruvato (PEP), el cual se acumula en grandes cantidades en las vacuolas de las células del mesófilo durante la noche, mientras que durante el día actúa la RuDPcarboxilasa (RuBisCO) y utiliza el CO₂ descarboxilado del ácido málico, el cual transforma a esta carboxilasa en PGA, y culmina en la síntesis de azúcares (Smith y Smith, 2007; González-Medrano, 2012). Durante el día, los estomas se cierran y el ácido málico se reconvierte en CO₂, el cual se fija mediante el ciclo C3. En comparación con las plantas de metabolismo C3 y C4, la ruta CAM es lenta e ineficiente en la fijación de CO₂, pero al abrir sus estomas por la noche cuando la temperatura es la más baja y la humedad relativa es la más alta, las plantas CAM reducen abruptamente la pérdida de agua a través de la transpiración (Smith y Smith, 2007).

Fernández-Monteiro *et al.*, (2009) expusieron plantas epífitas C3 y CAM (orquídeas, y bromelias del género *Tillandsia* spp.) a niveles altos de CO₂ y observaron respuestas distintas entre ellas; las plantas C3 crecieron más rápido que las CAM, sin embargo, proponen que las CAM podrían hacerlo igualmente rápido si se les trata con alta luminosidad y con humedad limitada, complementando con la eficiente asignación de carbono a la producción del tejido de la hoja (Smith y Smith, 2007). No obstante, el metabolismo CAM es muy eficiente en cuanto al ahorro de agua (Smith y Smith, 2007).

1.3.2. *La influencia de los micrositios en el éxito de las epífitas.* Los micrositios dentro del forofito son producto de su arquitectura, por ejemplo, el ancho de las ramas, la altura de la copa en donde se encuentran y su inclinación, así como la apertura de la copa; estas características son de suma importancia pues generan diversos microclimas que engloban algunos factores relevantes para el éxito de las epífitas, como la disponibilidad del sustrato, el agua y luz que alcanzan a penetrar en el micrositio, así como la humedad y temperatura; estos cuatro factores varían a distintas alturas y profundidades de la copa (Hernández-Rosas, 2003; Winkler *et al.*, 2007; Escutia-Sánchez, 2009; Montes-Recinas *et al.*, 2012).

Hernández-Rosas (2003) muestra evidencia del efecto de los micrositios; después de tres meses de germinación *in situ* de semillas de *T. recurvata* en una zona semiárida del Estado de Puebla (México) observó índices de germinación de semillas muy bajos, oscilando entre 3-4% sobre forofitos como *P. laevigata* y *A. bilimekii*.

Los índices de germinación, de supervivencia de plántulas así como la tasa de crecimiento, varían de acuerdo al micrositio dentro de la copa del forofito donde se encuentren las epífitas; también reporta mayor éxito de la germinación en micrositios expuestos y elevados, mientras que la supervivencia y establecimiento de las plántulas prospera en los micrositios intermedios de la copa, a diferencia de la tasa de crecimiento que fue mayor (0.86) en las regiones externas de la copa pues hay una mayor incidencia de luz, el recurso limitante para muchas epífitas y de ella depende en gran medida su fertilidad (Winkler *et al.*, 2007).

La luz y la disponibilidad de espacio entre las ramas y los troncos presentan una relación importante, pues determinan la abundancia de bromelias epífitas, es decir, a mayor sustrato, mayor incidencia de luz y menor humedad, habrá mayor abundancia de individuos epífitos; un árbol relativamente alto con tallo grueso y copa amplia provee un hábitat adecuado pues hay mayor sustrato disponible (Bernal *et al.*, 2005; Cascante-Marín *et al.*, 2006; Winkler *et al.*, 2007), siendo este el tipo de hospedero por el que las epífitas exhiben mayor preferencia (Zotz, 2005; Fontoura *et al.*, 2012). En condiciones de laboratorio, Montes-Recinas *et al.*, (2012) sometieron a las semillas de *Tillandsia* spp. a distintas condiciones y variación de temperatura y distintos porcentajes de humedad relativa (50, 75, 85 y 90%) y observaron que la humedad relativa no es un factor influyente en la germinación de las semillas; manipulando la presión osmótica, la germinación de semillas alcanzó hasta un 60% de 0 a 0.6 Mpa; con un gradiente de temperatura de 15 a 35°C germinaron entre 60-90% de las semillas.

1.4. Fitoepidemias y su manejo

Las fitoepidemias (epidemias en plantas) ocurren cuando el número de casos de infección superan a los esperados en una zona y época del año determinadas, por ello, es necesario conocer la densidad de la población (Quiroga-Giráldez, 2005; ASP, 2017). Son causadas por diversos organismos, como patógenos (*e.g* virus, hongos, bacterias), parásitos o epífitos (Quiroga-Giráldez, 2005; ASP, 2017).

La dinámica de una epidemia consiste de tres condiciones: que exista 1) la presencia o introducción de la infección, 2) la disponibilidad suficiente de huéspedes con las características adecuadas para ser contagiadas por la infección, y por último, 3) un medio efectivo para la transmisión del patógeno (Arcos-González, 2005).

A continuación, se definen algunos términos vinculados con las fitoepidemias, y se enuncian los principales organismos que afectan la diversidad de recursos forestales que llevan consigo una importancia socio-económica y ecológica. Después, se mencionan algunos reportes de infestación de epífitas y métodos de control para ellas.

1.4.1. Plagas y enfermedades forestales. Los organismos pueden denominarse bajo el término plaga, cuando la densidad de su población aumenta de tal manera que afecta a otros

organismos y poblaciones aledañas (Gil-Sánchez *et al.*, 2007). Los organismos que ejercen efectos negativos directamente en el forofito, como pudrición de raíces, modificación de la corteza o interrupción del ciclo de vida normal del forofito, se denominan enfermedades (Salinas-Quinard, 1982). Ambos casos afectan de manera negativa aspectos tanto ecológicos como socio-económicos.

Cibrián *et al.*, (1995), Yang-han Li (1996), CONAFOR (2007) e INIFAP (2007) reportan especies vegetales y animales que ejercen efectos negativos en la economía debido a la pérdida de recursos forestales aprovechables, además del impacto ambiental y en los hábitats en México. En particular, existe un registro de cerca de 200 especies de insectos y patógenos que afectan a los ecosistemas forestales, así como algunas plantas parásitas y epífitas (clasificadas dentro de un mismo grupo) mencionando principalmente al género *Arceuthobium* spp. M. Bieb. (muérdagos enanos) como la segunda causa de daños a bosques de coníferas y el segundo lugar en la categoría de daños biológicos (Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2011), y a los géneros *Psittacanthus* sp. Mart., *Struthanthus* sp. Mart., *Phoradendron* sp. Nutt., *Cladocolea* sp. Tiegh. (muérdagos enanos), *Cuscuta* spp. L., *Orobanche* spp. L. *Striga* spp. Lour. (malezas parasíticas) y *Tillandsia* spp., el único género de epífitas catalogado como plaga.

Los bosques templados se ven afectados por la presencia de muérdagos enanos; *A. vaginatum* (Humb. & Bonpl. Ex Willd) J. Presl. tiene un efecto negativo sobre especies como *Pinus hartwegii* Lindl. pues afecta su fecundidad, sin embargo, no se toma como un caso grave porque la población del muérdago se mantiene controlada gracias a la propia dinámica del bosque y a las actividades antropogénicas circundantes (Queijeiro-Bolaños y Cano-Santana, 2015).

Las especies de muérdagos enanos como *C. loniceroides* (Tiegh) Kuijt., *P. velutinum* (D.C.) Nutt y *S. interruptus* (Kunth.) Blume. se encuentran afectando principalmente hospederos de la familia Salicaceae (Arriola-Padilla *et al.*, 2013), mientras que *Viscum album* L. afecta a poblaciones importantes de *P. sylvestris* L., en las que se estima una relación directa entre el tamaño poblacional del muérdago y el estado de salud del hospedero (Sangüesa-Barreda y Camarero-Martínez, 2009). Las epífitas como *T.*

recurvata se reportan infestando en niveles altos a poblaciones de *Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don., *P. radiata* D. Don., y *Celtis spinosa* Spreng. (Caldiz *et al.*, 1993).

1.4.2. *Control poblacional de plantas problema.* Los métodos de control poblacional deben ser aplicados después de un extenso estudio de la especie que se quiere controlar y a la especie que se quiere proteger. El Manejo Integrado de Plagas (MIP), el control biológico y control ecológico, sostienen la importancia del estudio de la especie problema (plaga o enfermedad) con distintas perspectivas, no solo aisladamente, sino como una pieza que forma parte de un todo, antes de llevar a cabo algún protocolo de control. La razón de ello es porque en general, no se pretende la exterminación de las especies problema, sino únicamente su control poblacional en el sistema natural en el que se desarrolla; esta visión ecológica amplia podría coadyuvar a establecer un protocolo efectivo (DeBach, 1964; Giraldo-Ávila, 2003; Alatorre-Rosas *et al.*, 2016); en conjunto con otras evidencias (*e.g.* la preferencia por métodos con efectividad conocida y de baja inversión monetaria y esfuerzo humano, que disminuyan los costos económicos por pérdida así como los costos y riesgos tanto ecológicos como ambientales).

El control poblacional de plagas toma en consideración algunos criterios, por ejemplo: cuando la sobrepoblación de la plaga reduce el crecimiento de plantas preferenciales (*e.g.* los cultivos de algodón) y en consecuencia la producción y calidad del cultivo se ven afectadas; cuando el costo de los cultivos (manejo y cuidado) aumenta; cuando alguno de los organismos del ecosistema esté sirviendo de huésped para insectos o patógenos dañinos para las poblaciones aledañas (DeBach, 1964; Gil-Sánchez *et al.*, 2007). En el caso de *T. recurvata* (paxtle) en el Jardín Botánico, el interés del estudio y control de esta especie está relacionado con la estética de los árboles de la colección y de la zona silvestre del área (Ing. Emiliano Sánchez, *com. pers.*).

Los métodos de control usados para poblaciones de plantas epífitas y parásitas, básicamente son de dos tipos, químicos y mecánicos; CONAFOR (2007) propone la poda total o desprendimiento de epífitas o parásitas de las ramas afectadas o/y del fuste. Después, se debe trasladar el material removido a una zona desnuda e incinerarlo.

Por otro lado, Crow (2000) no considera a *T. recurvata* como un problema en los forofitos y por tanto no le da demasiada relevancia a pesar de que la epífita ensombrece las hojas del forofito o incluso impide el crecimiento de nuevo brotes, sin embargo, propone métodos de eliminación, entre ellos menciona la remoción manual, el uso de spray de agua de alta presión, y aplicación de fungicidas de cobre comerciales como Kocide ® 101, 4.5LF, DF, y 2000, los dos últimos aplicados directamente sobre la bromelia. *T. recurvata* se puede controlar con agroquímicos como las atrazinas, (Caldiz y Beltrano, 1989; Bartoli *et al.*, 1993).

En el Jardín Botánico Regional de Cadereyta, el control de *T. recurvata* se hace mecánicamente, es decir, un jardinero se dedica a remover manualmente todos los individuos auxiliándose con el uso de escaleras y machetes, invirtiendo una jornada laboral de un día por árbol, equivalente a \$200 pesos MXN (Moron-Torres, *obs. pers.*).

1.5. Reportes de infestación y control de poblaciones de *Tillandsia* spp.

Los reportes de infestaciones de *Tillandsia* spp. citados a continuación, se refieren a colonizaciones sobre diversos forofitos leñosos, ya sea arbustivos, arborescentes o incluso hospederos inertes; en los hospederos vivos, la mayoría de los casos la epífita ejerce efectos negativos. Algunos de estos reportes, proponen métodos de control para disminuir la población de la epífita.

En orden cronológico, Cárdenas (1971) reportó daños y muerte por efecto de *T. recurvata* sobre individuos del género *Tabebuia* spp. Gomes ex D.C., los cuales son de hábitos arbustivo y arborescente. En 1983, Claver y colaboradores (1983), desarrollaron un reporte de varias zonas de La Plata, Argentina, el cual se basó en la gran difusión de las poblaciones de *T. recurvata* y *T. aëranthos* (Loisel.) L.B. S. M. sobre diversos forofitos, tanto arbustivos como arborescentes. En este reporte mencionan un incremento considerable de la población de *Tillandsia* spp. en un lapso relativamente corto (10-15 años), causando daños a diversas especies forestales de la localidad.

Caldiz y Beltrano (1989) intentaron controlar la población de las mismas epífitas de *Tillandsia* spp. en La Plata, Argentina, usando los herbicidas mancozeb, simazina y una combinación entre ambos. El resultado fue que la población de ambas epífitas disminuyó

drásticamente, casi en un 100% con la simazina y con la combinación de ambos herbicidas, atribuyendo la efectividad en su mayoría a la simazina. Posteriormente, Bartoli *et al.*, (1993), en el mismo sitio de Argentina (el cual describen como heterogéneo en cuanto a las masas arboladas), observan que *T. recurvata* y *T. aëranthos* se encuentran colonizando muchos árboles y en gran densidad; para controlar la población aplicaron sobre ambas poblaciones de epífitas distintos herbicidas: atrazina, diclobenil y simazina, así como combinaciones entre ellos (atrazina-diclobenil y simazina-diclobenil), resultando efectiva la combinación de simazina con diclobenil para disminuir el tamaño de las poblaciones de epífitas.

Montaña *et al.*, (1997) plantearon la causa de los efectos negativos de algunas bromelias como *T. recurvata* sobre forofitos como *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav.) Hawkins. por ensombrecer las ramas y con ello, no permitir que se lleve a cabo la fotosíntesis del árbol, provocando debilitamiento o muerte, por lo que *T. recurvata* estaría actuando como un “parásito estructural” (Strasburger, 1985; Stevens 1987; Benzing, 1990). Sin embargo, Páez-Gerardo *et al.*, (2005) reportan (en esta misma especie de forofito) la pérdida de los tejidos epidérmicos y fotosintéticos con el exceso de la epífita, pues éstas desencadenan el mecanismo de defensa del forofito. La situación se asemeja a los reportes de Aguilar-Rodríguez *et al.*, (2007) sobre la corteza de *P. laevigata*; con el exceso de la epífita se modifica de tal forma que afecta la movilidad de nutrientes y agua en el árbol.

En 2007, INIFAP reporta 86,818 ha afectadas por *T. recurvata* en el estado de Nuevo León (México), en donde afectan a varias especies de forofitos del género *Pinus* spp. y *Quercus* spp. debilitándolos hasta culminar en la muerte del forofito. Cabe destacar que junto con *Dendroctonus mexicanus*, reportan a *T. recurvata* como los principales problemas fitosanitarios de Nuevo León.

Asimismo, Castellanos-Vargas *et al.*, (2009) observan efectos negativos en *Fouquieria splendens* Engelm. por la presencia de *T. recurvata*; obtuvieron una correlación directa entre la infestación con la producción de flores no exitosas, afectando también la producción de frutos. Los efectos los atribuyen a la inhibición de la fotosíntesis en el forofito por la presencia de la epífita.

Por otro lado, Valencia-Díaz *et al.*, (2010) proponen que los factores causantes de la disminución de la germinación de las semillas de *T. recurvata*, son la defensa por parte de los forofitos, la presencia de extractos hexánicos y metanólicos, y la alta concentración de flavonoides del forofito; recalcan la inhibición de la germinación por la acción en conjunto de varios compuestos químicos del forofito (Valencia-Díaz *et al.*, 2010). Además, llevaron a cabo un método de germinación de las semillas de la epífita en cajas Petri agregando a distintas diluciones fitol y ácido palmítico (compuestos comerciales); como resultado observaron la eficacia de ambos como inhibidores de la germinación de estas semillas, exitosos hasta en un 57% y 65%, respectivamente, el porcentaje que sí germina tiene un fuerte impacto debido al número tan alto de semillas, tanto producidas como dispersadas. Las cortezas de los árboles contienen inhibidores naturales de la germinación de las semillas, por ejemplo alelopáticos como terpenos, alcaloides y fenoles (Valencia-Díaz *et al.*, 2010).

Torres-Espinosa (2012) desarrolló un método para el control de *T. recurvata* en bosques de *P. cembroides* Zucc. en el estado de Coahuila, el cual consiste en la aplicación de bicarbonato de sodio a una concentración de 80g/L, en conjunto con la poda de las ramas secas de los árboles y control mecánico, es decir, la eliminación manual de las epífitas. El autor reporta una eficacia de control de *T. recurvata* del 60% y del 100% para el arbolado. En dicho documento, se recomienda la aplicación del bicarbonato durante la época de primavera-verano. Además, se menciona que es un tratamiento amigable con el ambiente y es económico.

Por último, Ruiz-Córdova *et al.*, (2014) en su estudio de estratificación vertical de 10 especies de epífitas, *T. recurvata* fue la más abundante pues la encontraron presente en el 72% de todos los forofitos que se incluyeron en el estudio.

2. JUSTIFICACIÓN

Las epífitas se estratifican de manera vertical en los ecosistemas y juegan un papel muy importante en la dinámica de comunidades pues ofrecen diversos nichos y recursos aprovechables para una gran diversidad de organismos como hormigas, artrópodos, anfibios y aves (Ceja-Romero *et al.*, 2008). A pesar de que las epífitas no son organismos parásitos *sensu stricto* compiten por recursos con sus forofitos y en adición con la densidad excesiva de su población, comienzan a ejercer diversos efectos negativos para el forofito (Granados-Sánchez *et al.*, 2003).

La infestación excesiva y los daños causados por epífitas como *Tillandsia recurvata* han sido reportados por varios autores (Cárdenas, 1971; Claver *et al.*, 1983; Montaña *et al.*, 1997; Páez-Gerardo *et al.*, 2005; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2007; Castellanos-Vargas *et al.*, 2009; Ruiz-Córdoba *et al.*, 2014). Sin embargo, no se tiene un panorama general de todas las zonas forestales afectadas por esta epífita pues no han sido evaluadas, porque la mayoría de las ocasiones no es una prioridad en cuanto a control de plagas y enfermedades forestales, debido a la propia naturaleza de la invasión; los efectos negativos causados por la epífita son muy lentos comparados con los causados por insectos, bacterias y hongos, empero la infestación es persistente y continua (Salinas-Quinard, 1982; INIFAP, 2007).

El control de la población de la epífita se ha intentado con diversos métodos, entre ellos la poda de las ramas infestadas y la remoción mecánica (CONAFOR, 2007; Martínez-Guevara, 2014) el cual es un método poco eficiente cuando la infestación sobre los árboles es excesiva y/o el área forestal infestada tiene una extensión muy amplia (Moron-Torres *et al.*, *en prep.*). Por otro lado, se ha propuesto el control químico de la epífita con diversos productos, como herbicidas y fungicidas, los cuales se reportan como efectivos (Caldiz y Beltrano, 1989; Bartoli *et al.*, 1993; Crow, 2000; Butrón-Hernández, 2011) pero con efectos negativos por acumulación de los productos aplicados, desencadenando altos costos ecológicos (INECC, 2004; Norgrove, 2007; Quan-Ying *et al.*, 2009; Mazari, 2014), además son de alto costo económico.

Recientemente, algunos autores han realizado estudios pioneros en Coahuila, con respecto a la infestación de *T. recurvata* en los que aterrizan tanto la evaluación de la

pérdida de recursos forestales causados por dicha infestación así como la prueba de métodos de control químico alternativos como el bicarbonato de sodio y el sulfato de cobre, los cuales reportan eficaces para el control y amigables con el medio ambiente y seres vivos, además de ser económicos (Torres-Espinosa, 2012; Torres-Espinosa y Flores-Flores, 2012).

En este estudio se aborda el problema de la incidencia de *T. recurvata* en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta, una zona que no ha sido evaluada dentro de este tópico pero que ha demostrado visualmente efectos negativos por la epífita. Para ello, es necesario evaluar el tipo de vegetación del sitio y cuánta de esta vegetación se encuentra infestada por la epífita y entonces aplicar un método de control, además con ello se cumplen algunos de los lineamientos de la Estrategia Nacional de Conservación Vegetal, dada la importancia de las colecciones de los jardines botánicos, en adición con la importancia ecológica de las especies de forofitos de interés en este trabajo.

Se sabe que tanto los agroquímicos comerciales como los métodos alternativos son efectivos, sin embargo es necesario discernir la efectividad de ambos para el control de la población de *T. recurvata*.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de este trabajo es determinar si *Tillandsia recurvata* tiene mayor éxito como colonizador en algún hospedero (forofito).

Los objetivos particulares:

- 1) Determinar la incidencia y severidad de la infestación en la vegetación leñosa del Jardín Botánico.
- 2) Determinar cuáles son las especies leñosas que son forofitos de *T. recurvata*, y en cuáles tiene mayor éxito colonizando.
- 3) Determinar el grado de infestación de *T. recurvata* sobre las especies leñosas de interés.
- 4) Conocer el efecto de los tratamientos de control químico sobre la mortalidad de *T. recurvata*, a través de experimentos controlados *in situ* aplicando distintas sustancias para el control de la población de la epífita sobre una muestra de forofitos.
- 5) Proponer un método de control de la población de la epífita en el Jardín Botánico utilizando la sustancia que resulte más efectiva en la remoción de *T. recurvata*.

Las hipótesis que se plantean acordes con los objetivos de este trabajo son las siguientes:

Mediante la aplicación de un censo de diagnóstico se podría confirmar que *T. recurvata* está colonizando una gran cantidad de forofitos con diversas características (Claver *et al.*, 1983; Bartoli *et al.*, 1993; Ruiz-Córdova *et al.*, 2014).

Se espera que la epífita tenga mayor éxito en individuos leñosos y arborescentes, de acuerdo con lo propuesto por Bernal *et al.*, (2005) y Escutia-Sánchez (2009). Se espera que la incidencia, severidad y grado de infestación de *T. recurvata* guardarán una relación directamente proporcional con la altura y cobertura de los individuos infestados (García, 1991; Bernal *et al.*, 2005).

Se espera que el tratamiento con mayor efectividad para controlar la densidad de la población de *T. recurvata* será el herbicida Amina 4 Diablo® pues es un herbicida sistémico, que se absorbe directamente por el sistema vascular de la planta (Rosales-Robles y Esqueda-Esquivel, 2016), comparado con el resto de los tratamientos aplicados (agua, bicarbonato de sodio y fungicida de cobre).

4. SITIO Y SISTEMA DE ESTUDIO

4.1. Sitio de estudio

Cadereyta de Montes se ubica en el estado de Querétaro, y colinda con los municipios de Ezequiel Montes, Tolimán, Peñamiller, Pinal de Amoles, y San Joaquín, así como con el estado de Hidalgo (Figura 4), por sierras, mesetas y lomeríos del Eje Neovolcánico y de la Sierra Madre Oriental (Scheinvar, 2004; INAFED, 2010).

El Jardín Botánico Regional de Cadereyta, Ing. Manuel González de Cosío, se localiza al sureste del municipio ubicado a 20° 41' 15.8" N y 99° 48' 17.7" O, a una altitud de 2046 m s.n.m. Se encuentra inmerso en la zona seca de Querétaro que forma parte del Semi-desierto Queretano-Hidalguense, su aridez se debe a las sombra orográfica proporcionada por la Sierra Madre Oriental y todas las formaciones montañosas que lo rodean, compartiendo características con el Desierto Chihuahuense (Bravo-Hollis, 1978; CONCyTEQ, 2016); la vegetación natural pertenece al tipo de matorral xerófilo crasicaule caracterizado por plantas de tallos carnosos; consta en su mayoría de cactáceas pertenecientes a las subfamilias Opuntioideae dominando especies arborescentes como *Opuntia leucotricha* D.C. y *O. streptacantha* Lemaine, además, individuos de la subfamilia Cactoideae y otras familias de plantas que entran en la clasificación del estrato superior sobrepasando los 4 o 5 m de altura, entre ellas se encuentran las especies a las que están asociadas, principalmente con *Prosopis laevigata* y secundariamente con *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *A. schaffneri* (S. Watson) F. J. Herm. y *Yucca filifera* (Chabaud); el estrato inferior se ocupa por especies como *Agave lechuguilla* (Torr), *Mimosa biuncifera* Benth, *Zaluzamia augusta* Lag., *Karwinskia humboldiana* (Schult.) Zucc., *Jatropha dioica* Sessé, *Bursera fagaroides* Engl. y cactáceas de menor tamaño, sufrútices como *O. cantabrigiensis* Lynch. o rastreras como *O. stenopetala* Engelm. (Bravo-Hollis, 1978; Scheinvar, 2004; CONCyTEQ, 2016); el clima es de tipo BS1 kw (w) el cual se caracteriza por ser semiseco templado con lluvias en verano (INEGI, 2000); la temperatura anual oscila entre 12° y 19°C; la precipitación promedio anual de 550 mm; el suelo es de origen volcánico (CONCyTEQ, 2016).

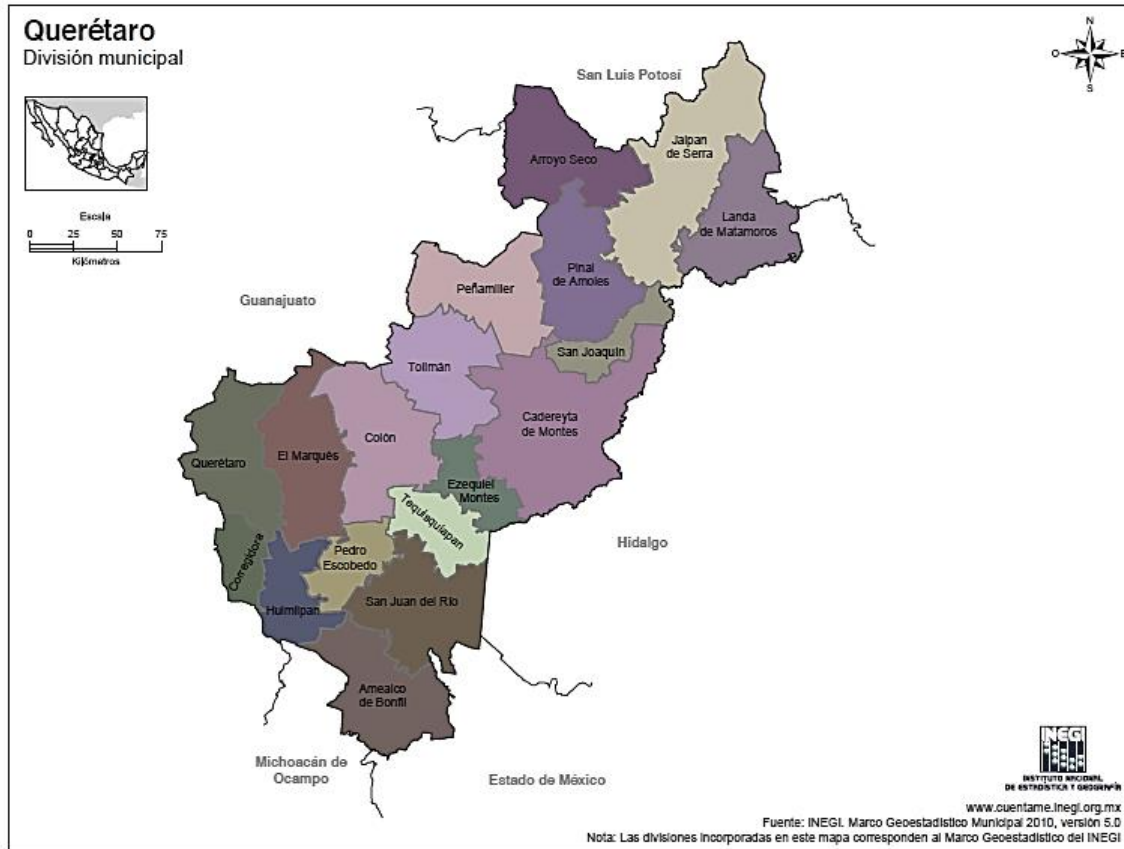


Figura 4. Mapa de ubicación de Cadereyta de Montes; el Jardín Botánico se encuentra al sureste del municipio. Tomado de INEGI.

4.2. Biología de *Tillandsia recurvata* (L.) L.

El género *Tillandsia* contiene cerca de 400 especies (Claver *et al.*, 1983). *T. recurvata* (Bromeliaceae) es una especie de planta epífita (Figura 5), cuyos individuos cuentan con adaptaciones tanto morfológicas como fisiológicas para la vida arborícola o rupícola, como la reducción o pérdida de raíces y la producción de tricomas foliares absorbentes (Gola *et al.*, 1959; Strasburger, 1985) y es clasificada como parásita estructural (Benzing, 1990; Montaña *et al.*, 1997).



Figura 5. *Tillandsia recurvata*. (Fotografía de Damaris Moron Torres, tomada en 2015).

La altura de *T. recurvata* durante la época de floración es de 10 a 20 cm, es caulescente y no rizomática; las hojas son dísticas, cilíndricas y lineares con una longitud de 3 a 7 cm y de diámetro 0.5 a 2 mm, son muy escamosas y tienen una distribución uniforme a lo largo del tallo sin formar una roseta basal; el tallo puede ser simple o ramificado mide alrededor de 10 a 20 cm de alto con una longitud de 1 a 10 cm; los pedúnculos no miden más de 20 cm de largo, son semi o completamente desnudos, sésiles y portan de 1 a 2 brácteas lineares-lanceoladas y escamosas debajo de la inflorescencia; la vaina es elíptica-oval muy nervada y escamosa, cubriendo totalmente al tallo; el brote de la flor está sobre el pedúnculo; es una inflorescencia simple o reducida con 1, 2 o hasta 5 flores; el escapo es terminal y con una longitud de alrededor de 13 cm de longitud y 0.5 mm de grueso; las flores son erectas y subsésiles, con sépalos lanceolados y agudos que miden de 4 a 9 mm de longitud; los pétalos son angostos de color violeta; los estambres de la flor son más grandes que los pistilos; las brácteas florales son más largas que los sépalos, más o menos nervadas y muy escamosas (Martínez y Matuda, 1979; McVaugh, 1989), (Figura 6).

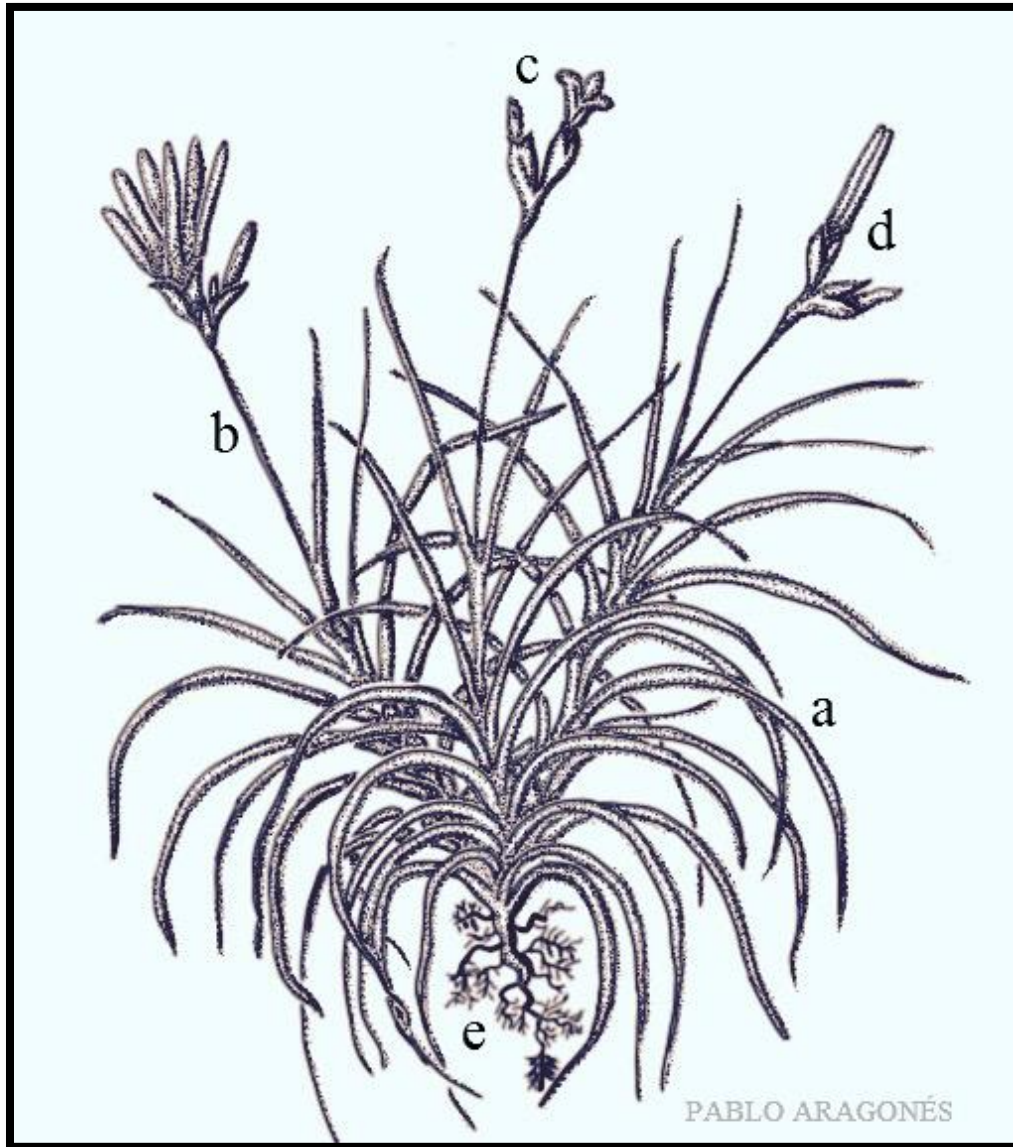


Figura 6. Morfología de *Tillandsia recurvata*. a) hojas dísticas, b) pedúnculo, c) inflorescencia, d) fruto e) raíces atrofiadas. (Ilustración de Pablo Aragonés).

La especie se caracteriza por sus grandes tricomas; Benz y Martin (2006) observan que la pérdida de agua durante la noche para esta especie es mínima ($0.775 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) comparada con la de otras epífitas del mismo género. En contraste, la pérdida de CO_2 durante el día en esta especie es mínima ($0.5 \text{ mmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$) comparada con otras, por ello los autores sugieren que *T. recurvata* ha adquirido adaptaciones para soportar altos niveles de radiación solar y se beneficia con altos niveles de CO_2 . Esta epífita es cosmopolita, tiene una amplia distribución en América, desde Estados Unidos en Arizona, Texas y Florida, la

altiplanicie de México y se le encuentra en América del sur hasta Argentina (Martínez y Matuda, 1979). Es capaz de colonizar plantas leñosas, arbustivas, sufrútices, cactáceas e incluso rocas y cableado telefónico o eléctrico (Claver *et al.*, 1983; Wester y Zotz, 2010).

4.3. Forofitos de *Tillandsia recurvata*

En este estudio se tomaron en cuenta dos forofitos que se encuentran distribuidos en el Jardín Botánico, estos son descritos a continuación.

4.3.1. *Prosopis laevigata* (Humb.et Bonpl. ex Willd). Hutchinson (1973) incluye a *P. laevigata* dentro de la división Lignosae, en el orden de las Leguminales, familia Mimosaceae. En contraste, Rzedowski y Rzedowski (1979) clasifican a *Prosopis* spp. dentro de la subfamilia Mimosoideae, familia Leguminosaceae.



Figura 7. *Prosopis laevigata*. (Tomada de Oscar R. García Rubio. Banco de imágenes de CONABIO).

Los individuos de éste género adoptan hábitos arbustivos o arborescentes (Figura 7); en su mayoría alcanzan una altura de 5 a 10 metros, el diámetro de su tronco es de 50 cm regularmente pudiendo medir hasta 1 m; su corteza es gruesa y fisurada; la copa es más ancha que alta; sus ramas tienen espinas de entre 0.3 y 0.4 mm; posee de 2 a 3 hojas

bipinnadas, lineares y cada pinna consta de 10 a 20 hojuelas, las cuales son lineares u oblongas, midiendo máximo 10 mm; la inflorescencia es pequeña dispuesta en espiga con flores de color blanco, amarillo o verde; el fruto es una vaina que mide de 10 a 20 cm de color café, amarillo o rojizo (Hutchinson, 1973; Rzedowski y Rzedowski, 1979; McVaugh, 1989; Martínez, 1994). La especie se distribuye en casi todo el país, sobre todo a lo largo del Altiplano mexicano (Rzedowski y Rzedowski, 1979).

4.3.2. *Opuntia* Mill. El género *Opuntia* pertenece a la familia Cactaceae y a la subfamilia Opuntioideae. Son plantas rastreras, sufrútices o arborescentes, y pueden presentar un tronco definido o ausente (Bravo-Hollis, 1978).

En el Jardín Botánico de Cadereyta de Montes, se distribuyen cuatro especies de *Opuntia*: *O. cantabrigiensis*, *O. tomentosa*, *O. robusta* y *O. streptacantha* (Mandujano, datos no publicados). Todas ellas presentan cladodios crasos, encadenados, aplanados, de color verde o azulado y tienen una capa de cera. Las espinas son aciculares o subuladas, y pueden tener la base aplanada o no. Sus flores son de color amarillo, naranja o rojo y pueden ser diurnas o vespertinas (Bravo-Hollis, 1978; Scheinvar, 2004). Las especies *O. cantabrigiensis*, *O. robusta* y *O. streptacantha* tienden a asociarse en zonas áridas y todas ellas son aprovechadas para forrajeo en las épocas de secas (Bravo-Hollis, 1978). Las cactáceas de este género son difíciles de identificar taxonómicamente cuando no presentan flores, por lo que en este trabajo, todas las especies del género *Opuntia* se reportan en conjunto, es decir, no se diferencia entre especies (*Opuntia* spp.). A continuación se describen las especies que habitan en el sitio de estudio:

Opuntia streptacantha Lemaire, Cact, Gen. Nov. Sp. 62. 1839.

La especie tiene hábito arborescente (Figura 8a), también conocida como tuna cardona, nopal cardón o nopal hartón; es muy ramosa y llega a medir hasta 5 m de altura; el tronco es bien definido y puede medir hasta 45 cm de diámetro; los artículos son desde ovados hasta orbiculares midiendo de 25 a 30 cm de longitud de color verde oscuro; tiene numerosas espinas de varios colores (blanco, café oscuro), son muy cortas; las flores miden de 7 a 9 cm de ancho y pueden tener color amarillo o naranja; su fruto es globoso y mide 5

cm de diámetro, suele ser oscuro o amarillo (Bravo-Hollis, 1978). Se distribuye típicamente en el altiplano, estando presente en estados como Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas. (Bravo-Hollis, 1978). Sus frutos son usados para forrajeo y son comestibles (Bravo-Hollis, 1978).

Opuntia tomentosa Salm-Dyck.

La especie tiene hábito arborescente (Figura 8b), mide entre de 3 a 5 m de altura y su tronco es liso con un diámetro de 10 a 30 cm; tiene abundantes ramas por lo que forma copas amplias; los artículos son desde oblongos hasta angostos u obovados con una longitud de 10 a 60 cm; generalmente no tiene espinas pero cuando se presentan solo son de 1 a 3 de color amarillo; las flores son de color naranja y tienen una longitud de 4 a 5 cm; su fruto es ovoide y de color rojo (Bravo-Hollis, 1978). Su distribución abarca el centro de México (Bravo-Hollis, 1978).

Opuntia robusta Wendland in Pfeiffer, Enum, Cact 165.1837.

La especie es sufrútice (Figura 8c) muy ramosa, alcanza entre 1 y 2 m de altura; su tronco no es muy definido; los artículos son orbiculares y un poco oblongos y miden de 25 a 40 cm de longitud, son de color verde azulado (claro); las espinas tienen una longitud de 2 a 12 cm de longitud de color café o amarillas en la base y de color blanco en el extremo; sus flores son grandes de color amarillo; el fruto va de globoso a elíptico de color púrpura con tintura verdosa (Bravo-Hollis, 1978). Se distribuye en Zacatecas, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Guanajuato, y Michoacán. Sus frutos son comestibles (Bravo-Hollis, 1978).

Opuntia cantabrigiensis Lynch, Gard. Chron. 3.33:98. 1903.

La especie tiene hábito sufrútice (Figura 8d) con forma redonda, alcanzando un rango de altura de entre 1 a 2 metros; los artículos son desde orbiculares hasta obovados de 12 a 20 cm de longitud, los cuales se tornan de color verde-azulado (pálido); las hojas son color verde claro; las areolas de fieltro café y distantes entre sí; tiene de 3 a 6 espinas aciculares amarillas y rojas en la base; las flores miden de 5 a 6 cm de longitud y son amarillentas con centros de color rojo; el fruto mide 4 cm de diámetro y es de color púrpura (Bravo-Hollis, 1978). Se distribuye comúnmente en San Luis Potosí, Guanajuato e Hidalgo (Bravo-Hollis, 1978).

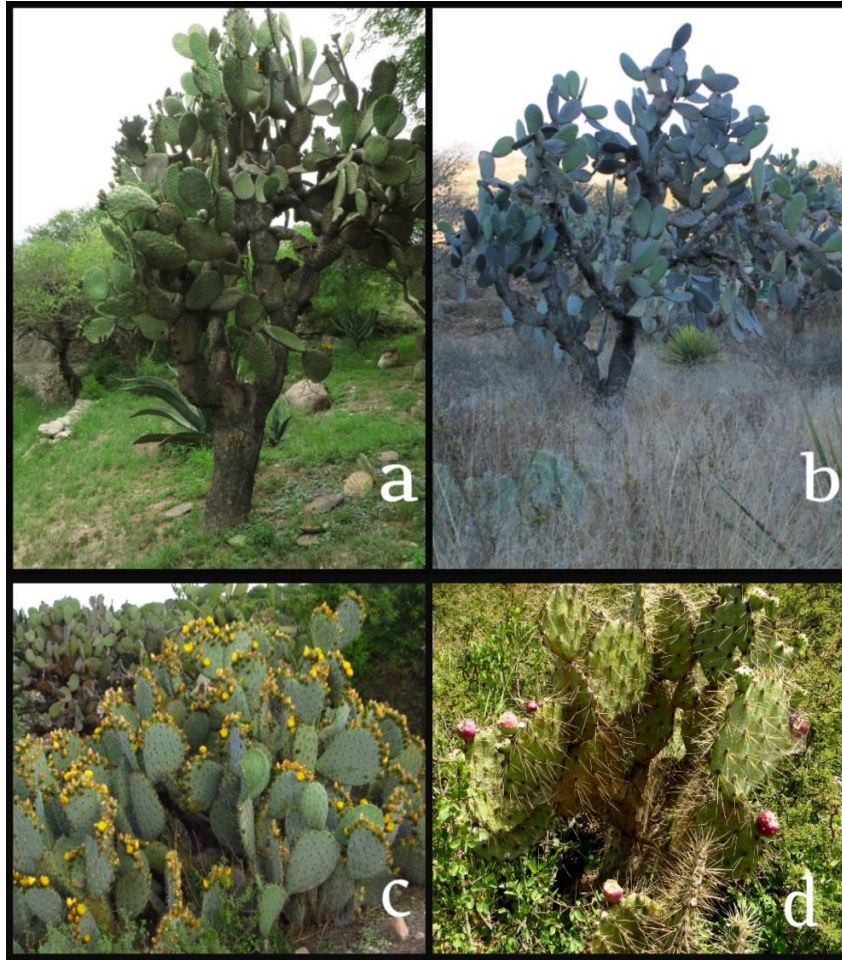


Figura 8. Especies de *Opuntia* en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes, Querétaro, México; a) *O. streptacantha*, fotografía de Ruth Chávez y b) *O. tomentosa*, (Fotografía de Hugo Altamirano). c) *O. robusta* y d) *O. cantabrigiensis*, (Fotografías de Ruth Chávez tomadas en 2016).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio constó de los siguientes segmentos: 1) el censo de presencia-ausencia de *Tillandsia recurvata* como epífita sobre las diferentes especies leñosas de la vegetación en el Jardín Botánico; con ello fue posible calcular la incidencia y la severidad del problema en la zona censada, del Valor de Importancia de cada especie censada [IVI] y del análisis de las especies que son ocupadas en mayor frecuencia por la epífita. En adición, se calculó el grado de infestación por *T. recurvata* [I_T] en las especies de interés; y por último, 2) el control de la población de *T. recurvata* sobre una de las especies de interés, a través de la aplicación de distintos tratamientos químicos.

Para el censo de la vegetación y el grado de infestación de *T. recurvata* se modificaron y adaptaron los formatos de captura de datos que propone CONAFOR (2007) (Anexo 1), tomando en cuenta las características del sitio de estudio.

5.1. Censo de presencia-ausencia de *Tillandsia recurvata* en la vegetación

La unidad de muestreo fueron cuadros de 30 m × 30 m, los cuales se establecieron de la siguiente manera: se realizó un mapa de la zona silvestre del Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes (Querétaro), dividido en una cuadrícula de 1" × 1" (Figura 9) en el cual se indica la geoposición de cada cuadrícula basándose en su centro. En cada cuadro se verificó la georeferencia de su centro con un GPS y se ubicó el norte con una brújula.

Las hojas de campo comenzaron llenándose con metadatos (fecha en que se realizó el censo, así como los responsables de la captura y toma de datos), y después, se realizó un mapeo con un sistema de coordenadas polares de todas las especies leñosas perennes (individuo) dentro de cada cuadro; para ello, se tomó ángulo (azimut) y distancia (en metros), con respecto al centro del cuadro, partiendo desde el norte localizado, en sentido de las manecillas del reloj. Cada individuo mapeado fue identificado y registrado con el nombre de la especie a la que pertenecía, en algunos casos, se manejó solo a nivel de género, para evitar confusiones con la identidad taxonómica, de manera similar a lo mencionado para *Opuntia* spp. en la sección 4.3.2. (e.g., en el Jardín Botánico se distribuyen varias especies de *Cylindropuntia*; *C. leptocaulis* y *C. imbricata*).

Asimismo, a cada individuo mapeado se le asignó un número consecutivo, se midió la altura con un flexómetro metálico (cm) o con un estadal para individuos > 2 m de alto, y dos diámetros de la cobertura (cm), uno en dirección norte a sur y el otro de este a oeste.

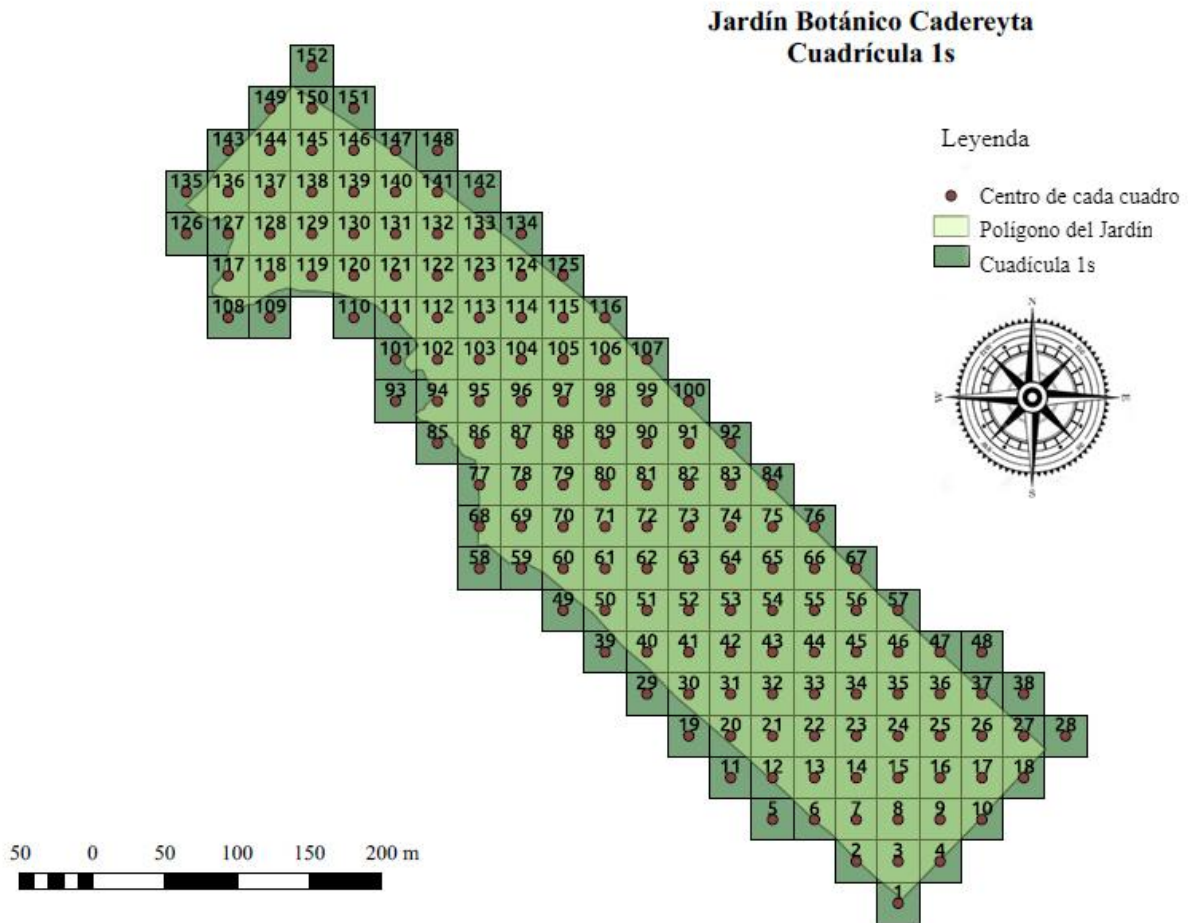


Figura 9. Mapa de la zona silvestre del Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío (Querétaro), dividido en una cuadrícula de 1" × 1". La rosa de los vientos tomada de Yevgen Solovyov. El mapa base de la retícula fue elaborado por el Dr. J. Golubov en 2015.

5.1.1. *Diagnóstico de la infestación por T. recurvata.* El diagnóstico de la infestación se pudo realizar con los siguientes datos y cálculos.

Durante el censo, se registró la presencia o ausencia (incidencia) de *T. recurvata* sobre cada individuo leñoso; si se indicaba presencia, entonces se establecía el nivel de severidad (explicado más adelante en el texto).

La vegetación leñosa del Jardín Botánico es muy diversa, por ello se estimó el Valor de Importancia [IVI] de cada especie registrada, calculado de la siguiente manera (modificado de Zarco-Espinosa *et al.*, (2010), fórmulas tomadas de Curtis y McIntosh, (1951)):

$$IVI = \frac{(Densidad\ relativa + Frecuencia\ relativa + Cobertura\ relativa)}{3}$$

Donde cada índice se calculó de la siguiente manera (de acuerdo con los mismos autores):

$$1) Densidad\ relativa = \left(\frac{Densidad\ absoluta\ de\ cada\ especie}{Densidad\ absoluta\ de\ todas\ las\ especies} \right) \times 100$$

Donde:

$$Densidad\ absoluta = \frac{Número\ de\ individuos\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

$$2) Frecuencia\ relativa = \left(\frac{Frecuencia\ absoluta\ de\ cada\ especie}{Frecuencia\ absoluta\ de\ todas\ las\ especies} \right) \times 100$$

Donde:

$$Frecuencia\ absoluta = \frac{Número\ de\ cuadros\ en\ los\ que\ se\ presenta\ la\ especie}{Número\ total\ de\ cuadros\ censados}$$

$$3) Cobertura\ relativa: \left(\frac{Cobertura\ absoluta\ de\ cada\ especie}{Cobertura\ absoluta\ de\ todas\ las\ especies} \right) \times 100$$

Donde:

$$Cobertura\ absoluta = \frac{Cobertura\ de\ una\ especie}{Área\ muestreada}$$

Se estimaron los niveles de incidencia y severidad de *T. recurvata* en las plantas leñosas, para tener un panorama general de la distribución de la infestación por la epífita y del estado de los forofitos en el área censada; la incidencia se calculó como el porcentaje de forofitos infestados con respecto al total muestreado (Balmelli *et al.*, 2009) y la severidad (visual) se estimó basado en el porcentaje de área foliar (cladodios en el caso de *Opuntia* spp.) infestada por la epífita con respecto al total de esa área foliar en cada forofito (Balmelli *et al.*, 2009), para ello, se usaron tres escalas: nivel bajo = 1-30%, nivel medio = 30-60%, nivel alto = 60-100%.

Adicionalmente, se llevó a cabo la construcción de una tabla de contingencia para determinar dos puntos: 1) si había dependencia entre la frecuencia de individuos de cierto tipo de especies con la presencia-ausencia (incidencia) de *T. recurvata* y 2) si la frecuencia de forofitos infestados es mayor a la que se esperaría por azar, es decir, con ello, se determinaría en que forofitos *T. recurvata* tuvo mayor éxito como colonizador (Anexo 3).

5.2. Análisis de las especies de interés

Las especies de interés fueron seleccionadas preliminarmente con un análisis visual de la zona silvestre del Jardín Botánico, es decir, se observó cuáles eran los individuos que aparentemente se encontraban más infestados, y de ellos, se seleccionaron dos géneros, cuya importancia socioeconómica y ecológica fueran relevantes.

Después, en el censo de presencia-ausencia, a las especies de interés *Prosopis laevigata* y *Opuntia* spp., se les registraron datos adicionales (Anexo 1, figuras 29 y 30) auxiliares para calcular el grado de infestación en cada especie. En *P. laevigata*, la copa del árbol se dividió en tres estratos iguales (excluyendo el tronco). Estrato *bajo (ramas pegadas al tronco principal), *medio (ramas de la parte media de la copa) y *alto (ramas expuestas) (Figura 10). De cada estrato se eligieron 2 ramas al azar en posición opuesta, de cada una se tomó el diámetro basal (mm) con un vernier y se contó el número de individuos de *T. recurvata* que estaban adheridos en la rama (Anexo 1, figura 29). Posteriormente, las plantas de *T. recurvata* se desprendieron de la rama y se les midió la cobertura tomando 2 diámetros en cruz con un vernier (cm); las coberturas de los individuos removidos se capturaron en un segundo formato (Anexo 1, figura 31) para su posterior análisis.

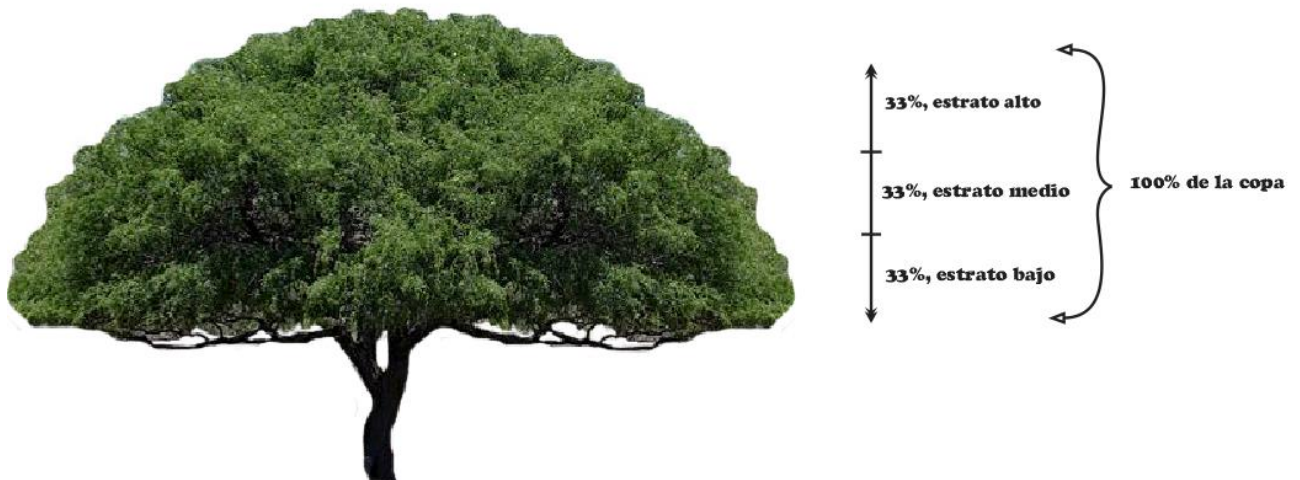


Figura 10. División de la copa de *Prosopis laevigata* en tres estratos. Fotografía modificada de Oscar R. García Rubio. Banco de imágenes de CONABIO.

En el caso de *Opuntia* spp., al igual que con *P. laevigata*, se tomaron los datos generales; tales como el número del cuadro, el número de individuo, la altura (cm), y se contó el número de cladodios con un contador (Anexo 1, figura 30). De manera similar al mezquite, la altura de la copa del individuo se dividió en tres estratos; alto, medio y bajo (Figura 11) con los mismos criterios que se usaron para *P. laevigata*; se tomaron dos ramas, de las cuales se contó el número de cladodios totales y de la misma manera, se contaron todas las plantas de *T. recurvata* que estuvieron sobre la rama. Posteriormente, los individuos de *T. recurvata* se desprendieron de la rama y se les midió el diámetro en cruz (cm), (Anexo 1, figura 31).

El registro del número de individuos de *T. recurvata* de cada rama, así como la medida de sus diámetros se hicieron en una bitácora (Anexo 1, figura 31) en donde también se especificó el cuadro al que pertenece el individuo de donde se desprendieron las epífitas, el número del forofito y la rama de donde fue desprendida cada planta de *T. recurvata*.

Las plantas recolectadas fueron guardadas en bolsas de papel etiquetadas, indicando el número del cuadro, el nombre y número del forofito y la clave de la rama (número de rama del estrato al que pertenecía la epífita) para su posterior procesamiento.

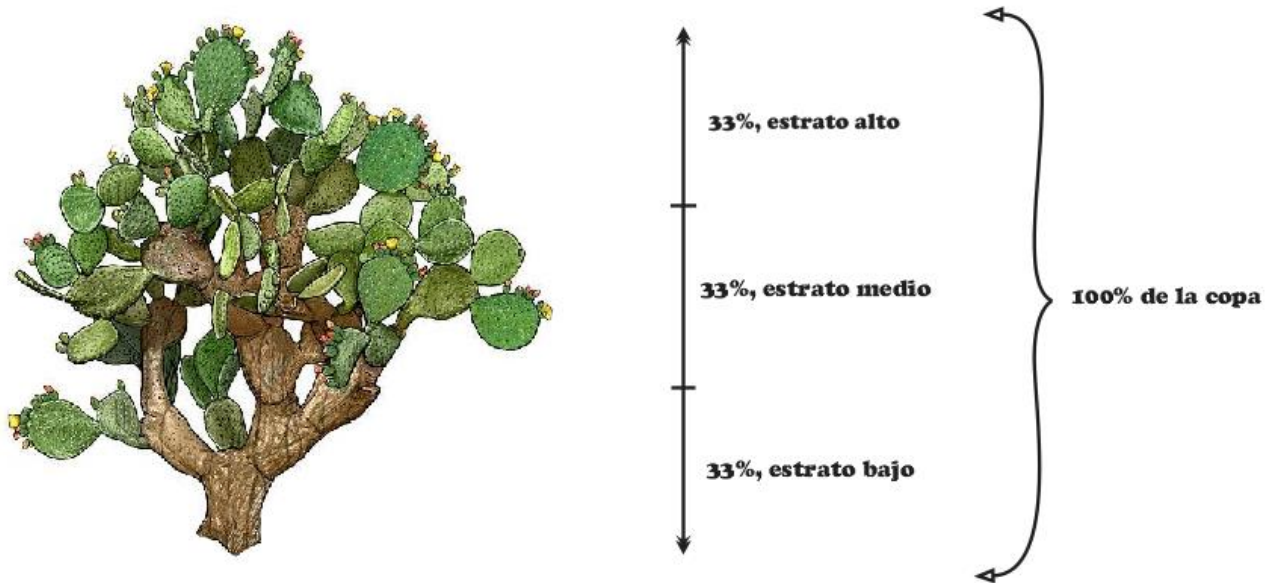


Figura 11. División de la copa de *Opuntia* spp. en tres estratos. Dibujo modificado de *O. streptacantha* de Rafael Ruiz. Banco de imágenes de CONABIO.

5.2.1. *Nivel de incidencia, severidad y grado de infestación.* El nivel de incidencia y severidad, también fueron calculados en las especies de interés, esto para saber cuál es la distribución de la infestación por *T. recurvata* en ambas especies en el área censada, y para conocer la gravedad de la infestación en estas. Los cálculos se llevaron a cabo como se describió en la sección 5.1.1.

Adicionalmente, se calculó el grado de infestación expresado como el número de epífitas/agrupaciones de ellas por forofito o $[I_T]$. Castellanos-Vargas *et al.*, (2009) usaron tres fórmulas (tomadas de Kennet, 1973 y Southwood, 1978) para estimar el grado de infestación en *Fouquieria splendens*; en primer lugar, una fórmula para calcular la cobertura del forofito, definida como:

$$cobP = \pi \left[\frac{(d_1 + d_2)^2}{4} \right]$$

Donde: d_1 = diámetro mayor (cm), d_2 = diámetro perpendicular a d_1 (cm), es decir, el diámetro en cruz.

La segunda fórmula que usaron estos autores fue para calcular la cobertura de *T. recurvata*:

$$cobT = \pi \left(\frac{d_T}{2} \right)$$

Donde: d_T = diámetro de *T. recurvata* (cm) a partir de su follaje.

Por último, la fórmula para calcular el grado de infestación, definida a continuación:

$$I_T = \frac{cob_T \times N_T}{cob_P}$$

Donde: cob_T = cobertura de *T. recurvata* (cm²), N_T = número de agregaciones de *T. recurvata*, y cob_P = Cobertura de *P. laevigata* o de *Opuntia* spp., según sea el caso (cm²).

Una vez obtenido el I_T de las especies de interés, se analizó de forma global en los cuadros en donde se distribuyen estas especies. Así mismo, se tomaron en cuenta la altura y cobertura de los forofitos, así como la densidad de la cubierta vegetal de los cuadros en los que se distribuyen las especies de interés infestadas, para correlacionarlos con el I_T por especie usando el paquete estadístico STATISTICA 7 ®.

5.3. Fase experimental de control químico

El experimento de control químico de la población de *T. recurvata* se hizo en un diseño factorial de 5×3 ; el primer factor es un tratamiento de control químico y el segundo factor es la altura de la rama (alta, media, baja) del forofito. Para realizar esta fase, se usaron los individuos de *P. laevigata* que se localizaron en el censo general de presencia-ausencia; en total fueron 29 individuos (bloques). En cada árbol se seleccionaron 5 ramas con presencia de la epífita, cada rama se asignó de manera aleatoria a uno de los 5 tratamientos descritos posteriormente, una vez asignado el tratamiento, las 5 ramas de cada individuo de la muestra de *P. laevigata* fueron marcadas con un código de colores. Los tratamientos empleados se describen en la siguiente sección.

Los tratamientos y concentraciones fueron:

1. Control poblacional. Los individuos de *T. recurvata* presentes en una rama de cada árbol sirvieron como control, es decir, no se les agregó ninguna sustancia; esto sirvió como

comparación entre las condiciones naturales de la epífita contra los individuos de *T. recurvata* a los que se les aplicaron sustancias ajenas (bicarbonato, fungicida y herbicida).

2. Control del factor humedad (agua). El tratamiento consistió de la aplicación de agua con un aspersor sobre *T. recurvata* en una rama; este control de humedad, sirvió para determinar si es la sustancia disuelta o el agua lo que tiene un efecto en la mortalidad de la epífita.

3. Bicarbonato de sodio [80g/L] (ARM & HAMMER®). El bicarbonato se diluyó en agua caliente, se dejó enfriar y se aplicó con un aspersor sobre todas las *T. recurvata* presentes en la rama.

4. Fungicida de cobre [1g/L] (Cupravit ®). El fungicida de cobre se diluyó en agua y se aplicó con un aspersor sobre todas las *T. recurvata* presentes en una rama.

5. Herbicida 2,4-D [75 ml/15L] (Amina 4 Diablo®). El herbicida se diluyó en agua y se aplicó con un aspersor sobre todas las *T. recurvata* presentes en una rama.

Para la aplicación de cada tratamiento, se usó un aspersor aplicador de herbicidas RL Flo Master ®. Antes de iniciar los experimentos se determinó el volumen de líquido expulsado por disparo con el aspersor. El aspersor RL Flo Master ® se llenó hasta una de las 3 marcas del contenedor, se procedió a bombear para obtener la máxima presurización siguiendo las instrucciones del equipo. En una balanza previamente calibrada se colocó un recipiente de plástico y se procedió a tirar del gatillo del aspersor procurando que el agua asperjada se acumulara en el recipiente de plástico y se obtuvo el peso (g). Este ensayo se repitió por 27 veces, porque se observó que el peso no tenía gran variación, en promedio el agua asperjada en un disparo es de 1.89 g.

En el sitio de estudio, todas las aspersiones de los tratamientos se aplicaron a 15 cm de distancia de la epífita o el conglomerado de ellas, de manera homogénea hasta que la humectación de las plantas y el sustrato fuera homogénea evitando en todo momento que los líquidos escurrieran. La aplicación del tratamiento inicial se hizo el 17 de marzo de 2015, y de manera mensual se realizaron seis aplicaciones que se llevaron a cabo hasta el 24 de agosto de 2015.

La mortalidad de los individuos de *T. recurvata* y las observaciones sobre el estado de las ramas del forofito se revisaron cada 30 días por seis meses (17 de marzo, 17 de abril, 16 de mayo, 19 de junio, 20 de julio, 24 de agosto de 2015).

El procesamiento de los datos se hizo con un diseño por bloques, en el que se aplicaron los 5 tratamientos dentro de un mismo individuo, repitiendo esto en 29 réplicas, es decir, en los 29 árboles de *P. laevigata*; se procesaron los datos con un GLIM con el uso del paquete estadístico JMP 7.0 ®, para evaluar la supervivencia y mortalidad (variables dependientes) en el tiempo de los individuos de *T. recurvata* para uno de los tratamientos (variables independientes).

6. RESULTADOS

6.1. Resumen del censo

En el mapa del Jardín Botánico se muestra cuál fue el alcance del censo general de todas las especies leñosas perennes que se realizó en este trabajo (cuadros con rojo, Figura 12).

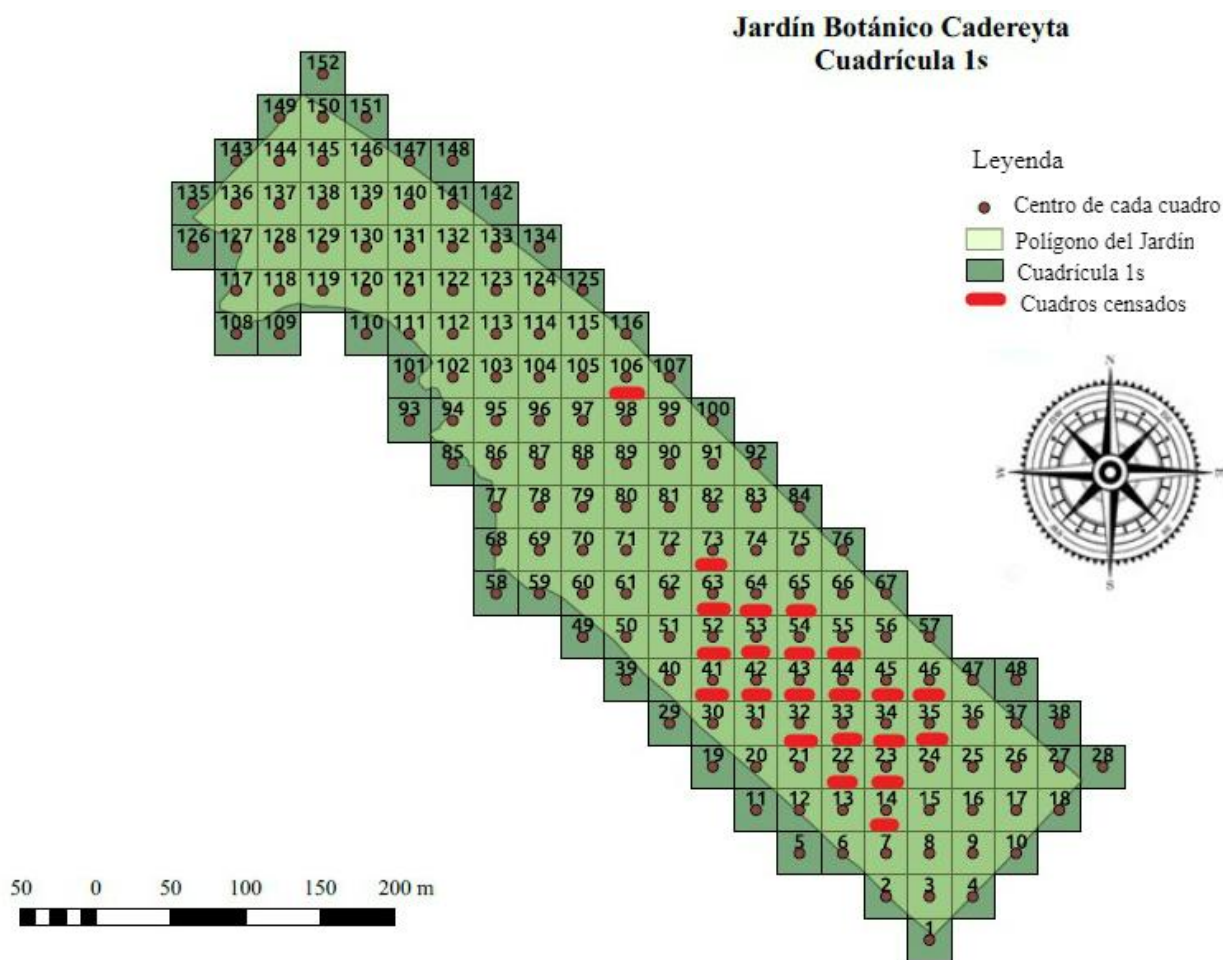


Figura 12. Cuadrícula de la superficie del Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío, Querétaro, México. La escala de la retícula es de 1"× 1" (1s = 1 segundo). Los cuadros están identificados con un número consecutivo y la leyenda hace referencia al punto de color marrón que indica el centro de cada cuadro; las líneas horizontales de color rojo indican los cuadros que fueron censados.

En total fueron censados 22 cuadros de los 152 de la retícula de 1"× 1", equivalente a una superficie de 19 800 m² del área silvestre del jardín. Dentro de esta superficie se registraron 1709 individuos leñosos, pertenecientes a 37 especies de 12 familias botánicas (Cuadro 1). Las familias de plantas con mayor número de individuos censados y con más especies registradas fueron Fabaceae, Asteraceae y Cactaceae, representadas

respectivamente por 963 (27.82% infestados), 55 (12.72% infestados) y 572 (25.34% infestados) individuos en total (Cuadro 1). Varias de las familias con pocos individuos registrados en el censo general de vegetación leñosa, no presentaron *Tillandsia recurvata* en ninguno de los individuos censados (e.g. Sapindaceae, Oleaceae, Ericaceae, Verbenaceae, Cuadro 1), y la única familia con presencia de la epífita en toda la muestra de ésta fue Koeberliniaceae, aunque la muestra fue de 1 individuo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Las 18 familias botánicas registradas en el censo general de presencia-ausencia de *Tillandsia recurvata* en la vegetación en 22 cuadros de los 152 de la retícula de 1”x 1”, equivalente a una superficie de 19 800 m². De izquierda a derecha, columna de las familias registradas, se reporta el número de especies pertenecientes a la familia, la incidencia de *T. recurvata* en cada familia (representado con el porcentaje de forofitos infestados en cada familia), enseguida el total de los individuos registrados de cada familia.

Familias	Número de especies por familia	Incidencia de <i>T. recurvata</i> en cada familia (% de individuos)	Total de individuos censados por familia
Fabaceae	14	27.82%	963
Asteraceae	7	12.72%	55
Cactaceae	6	25.34%	572
Rhamnaceae	2	68.18%	22
Sapindaceae	1	0%	5
Agavaceae	1	17.24%	29
Anacardiaceae	1	25%	4
Simaroubaceae	1	65%	20
Oleaceae	1	0%	34
Koeberlineaceae	1	100%	1
Ericaceae	1	0%	1
Verbenaceae	1	0%	3
Total	37	26.62%	1709

El 50% de las familias registradas se encuentran infestadas por *T. recurvata* (Cuadro 1). La incidencia se ve reflejada en el 26.62% del total de la vegetación leñosa censada (Cuadro 1), es decir, una cuarta parte de esta se encuentra infestada por la epífita.

La severidad se distribuye en los niveles establecidos con el 77.53% en el nivel bajo, el 12.77% en el nivel medio, y el 9.69% en el nivel alto (Figura 13).

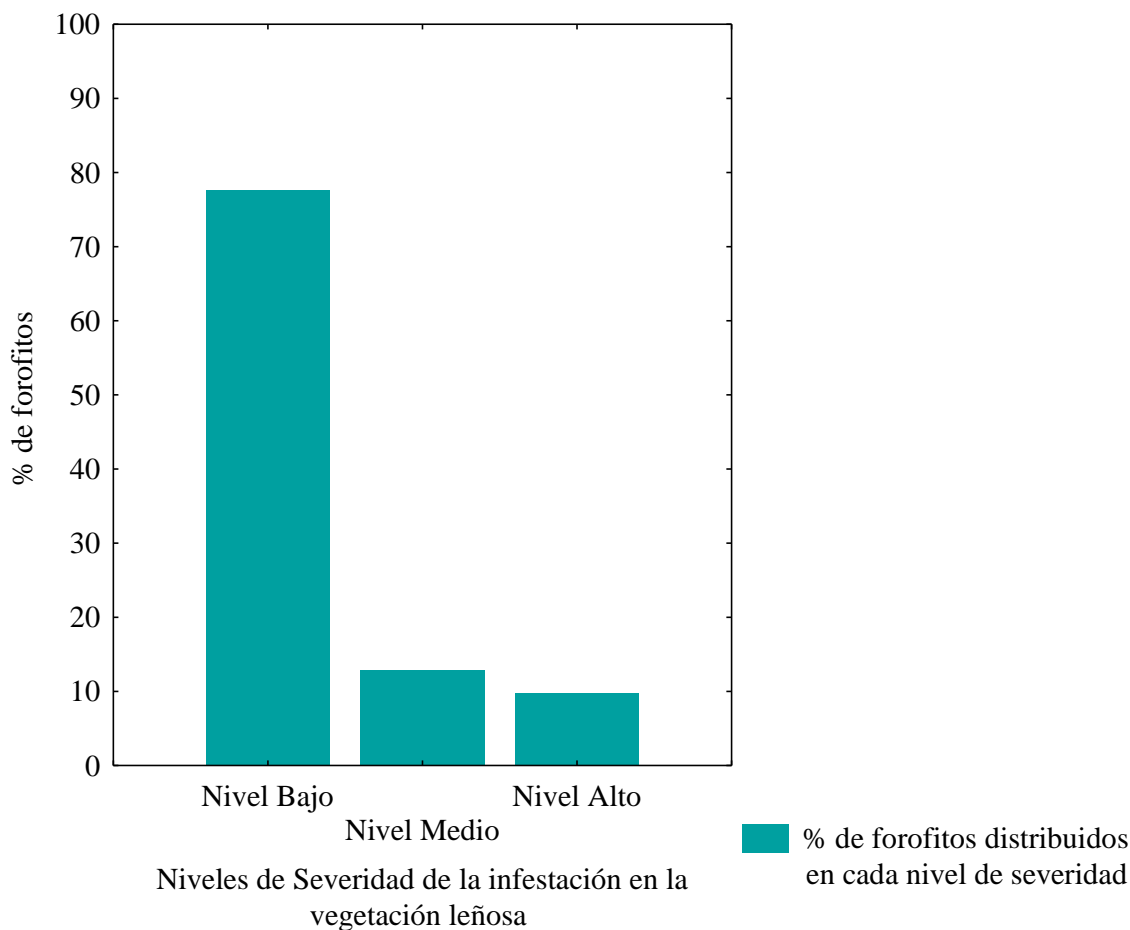


Figura 13. Severidad de la infestación en la vegetación leñosa censada en Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel Gonzáles de Cosío. Se presenta la distribución de los forofitos leñosos infestados en los 3 niveles de severidad.

Las cifras más altas de incidencia y severidad se concentran en 3 de los 22 cuadros censados; con respecto al total de forofitos infestados, el cuadro 52 tiene una incidencia de 31.27%, el cuadro 73 tiene una incidencia de 16.79% y el cuadro 63 tiene una incidencia de 15.63%; el nivel más alto de severidad lo presentó el cuadro 52 con 3.08% de los forofitos infestados (Figura 14).

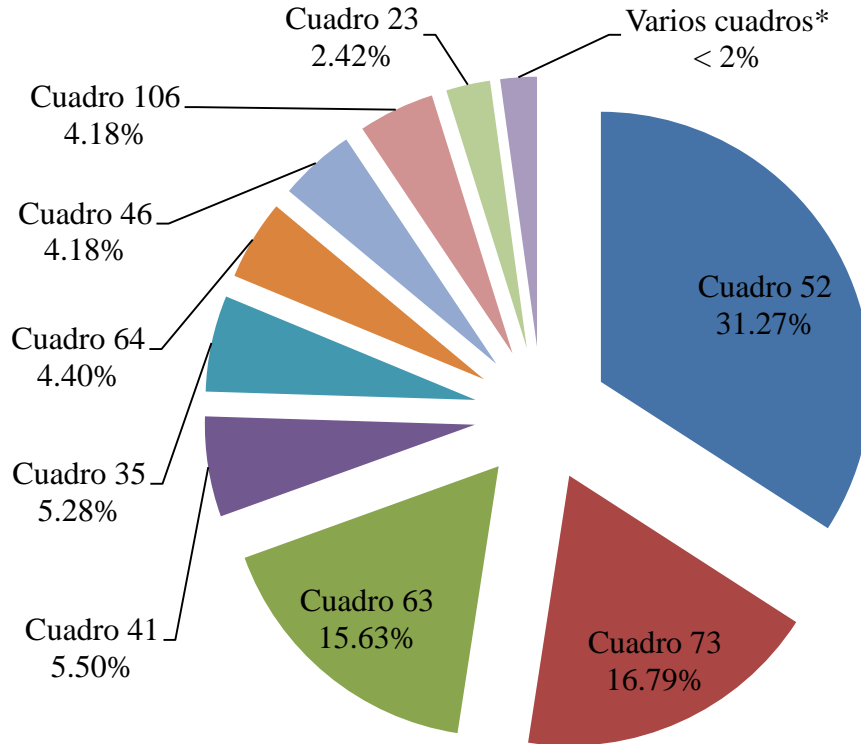


Figura 14. Incidencia de *Tillandsia recurvata* en los cuadros censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío. Del total de la vegetación infestada, se muestra el porcentaje encontrado en cada cuadro. *Los cuadros que tienen menos del 2% de incidencia son el 14, 22, 32, 33, 34, 42, 44, 53, 54, 55 y 65.

La frecuencia con la que los individuos de cada familia sirven de forofitos para *T. recurvata* difiere en cada familia. A continuación, se presentan los géneros de las familias con mayor frecuencia de aparición de *T. recurvata* (Figuras 15 y 16).

Las plantas de los géneros y especies forofitos de *T. recurvata* pertenecientes a la familia Fabaceae, fueron los más numerosos (963 forofitos) y en donde más forofitos con incidencia se registraron (27.82%); este porcentaje se encuentra distribuido en varios géneros y especies de la familia (Figura 15), de los cuales *Mimosa aculeaticarpa*, *Prosopis laevigata* y *Leucaena leucocephala* presentaron los porcentajes más altos de forofitos infestados por *T. recurvata* (40.36%, 82.85% y 50% respectivamente, Figura 15).

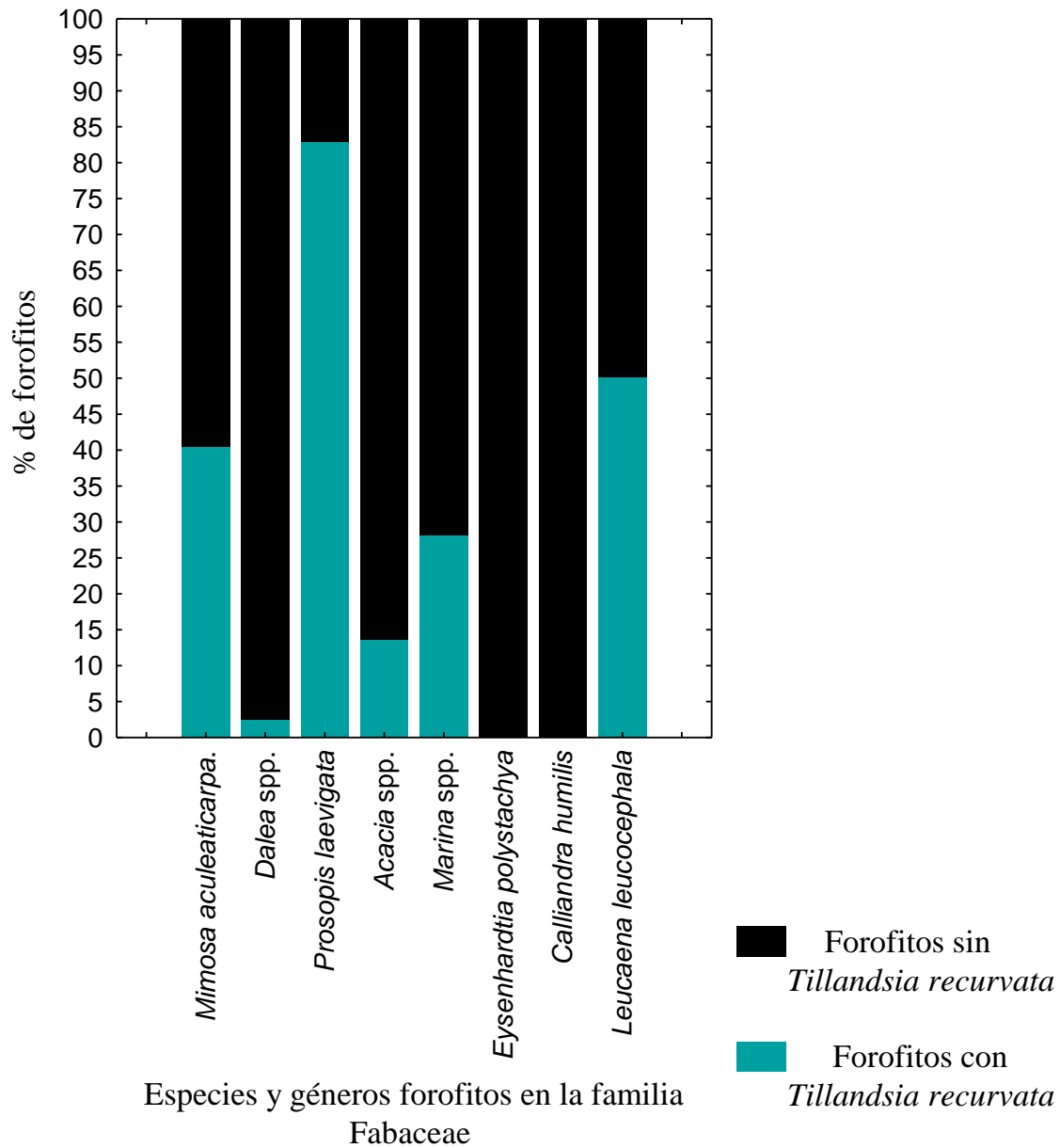


Figura 15. Porcentaje de individuos con presencia/ausencia (incidencia) de la epífita agrupados en géneros y especies de la familia Fabaceae que son forofitos de *Tillandsia recurvata*, censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío.

Las plantas de los géneros forofitos de *T. recurvata* pertenecientes a la familia Cactaceae también fueron de los más numerosos (572) de los cuales se registró el 25.34% de forofitos infestados, distribuidos en 2 géneros de la familia (*Opuntia spp.* y *Cylindropuntia spp.*, Figura 16), ambos oscilan entre 25% y 27% de forofitos infestados.

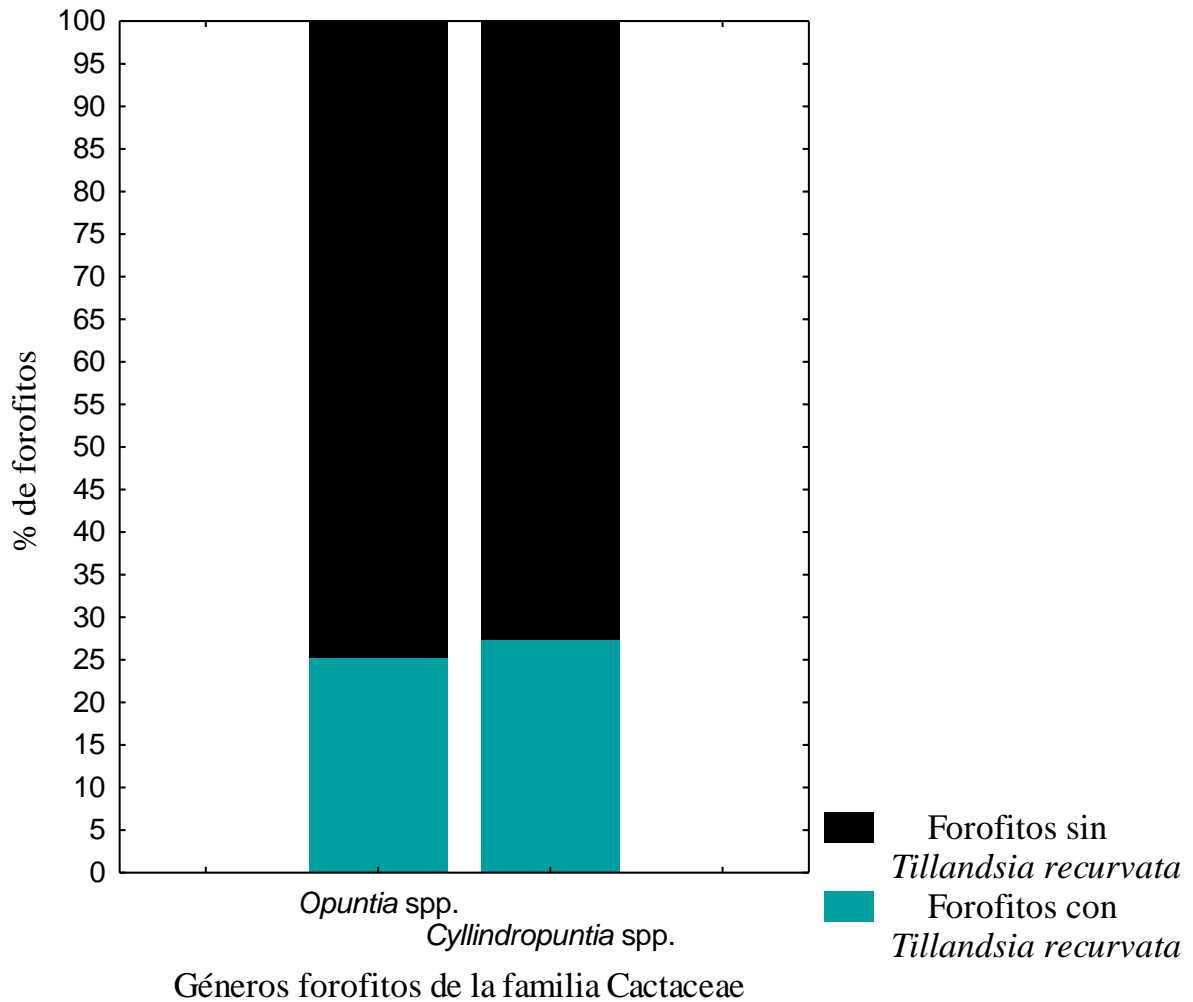


Figura 16. Porcentaje de individuos con presencia/ausencia (incidencia) de la epífita agrupados en los géneros y especies de la familia Cactaceae que son forofitos de *Tillandsia recurvata*, censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío.

En la siguiente sección, se presenta el resto de las plantas leñosas registradas en el censo, la mayoría de ellas no fueron numerosas, es decir, se encontraron en baja frecuencia en la zona censada del Jardín Botánico.

La figura 17 presenta a las especies y géneros registrados en el censo que son forofitos de *T. recurvata*; del total de individuos de cada especie y género, se indica el porcentaje de ellos que se encuentra infestado por la epífita. Se encontró en mayor frecuencia *Yucca* spp.

(29 forofitos en total representando al género) y la menos numerosa fue *Koeberlinia spinosa* (1 forofito en total representando a la especie).

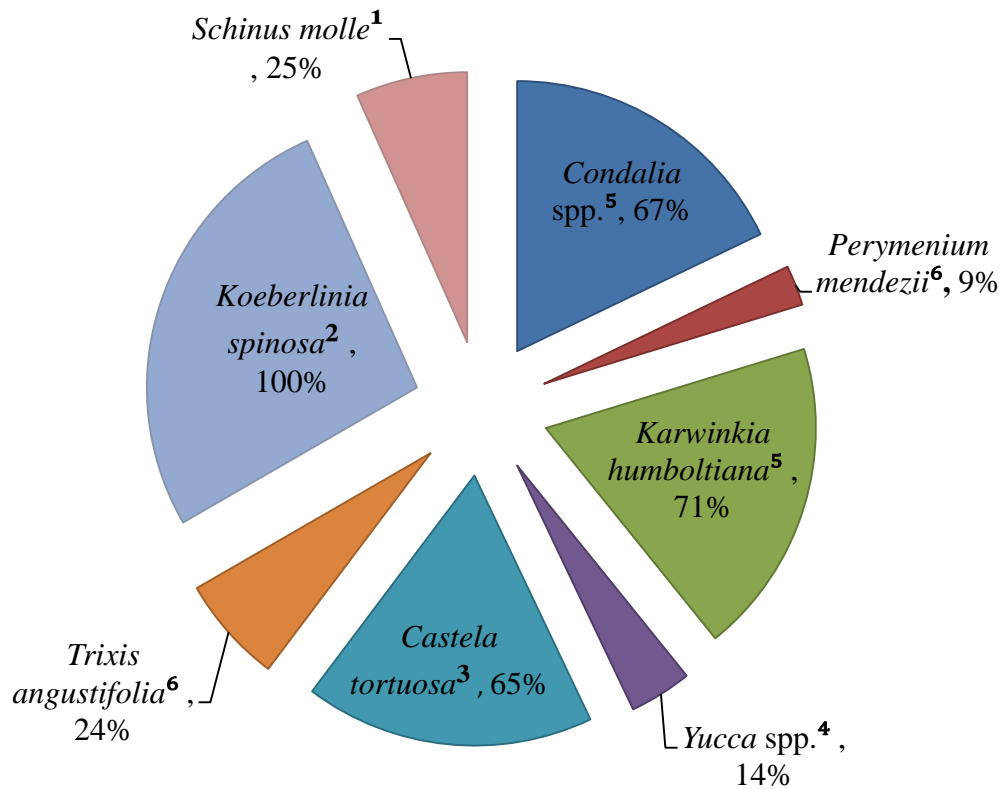


Figura 17. Especies y géneros leñosos pertenecientes a varias familias registrados en el censo del Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel Gonzáles de Cosío, y que sirven de forofitos de *Tillandsia recurvata*. Del total de representantes de cada uno, se indica el porcentaje de individuos infestados. Familias: ¹Anacardiaceae, ²Koeberliniaceae, ³Simaroubaceae, ⁴Agavaceae, ⁵Rhamnaceae, ⁶Asteraceae.

Las especies y géneros leñosos que no presentaron *T. recurvata* se observan en la figura 18. La especie más numerosa fue *Forestiera angustifolia* (34 individuos en total representando a la especie), por otro lado, se registraron varias especies y géneros en baja frecuencia, tal es el caso de *Brickellia* spp., *Azalea* sp. y *Calliandra humilis*, todos con un solo individuo que los representa. En el Anexo 2 se presenta el listado completo de las especies que se registraron en el censo de vegetación leñosa del Jardín Botánico.

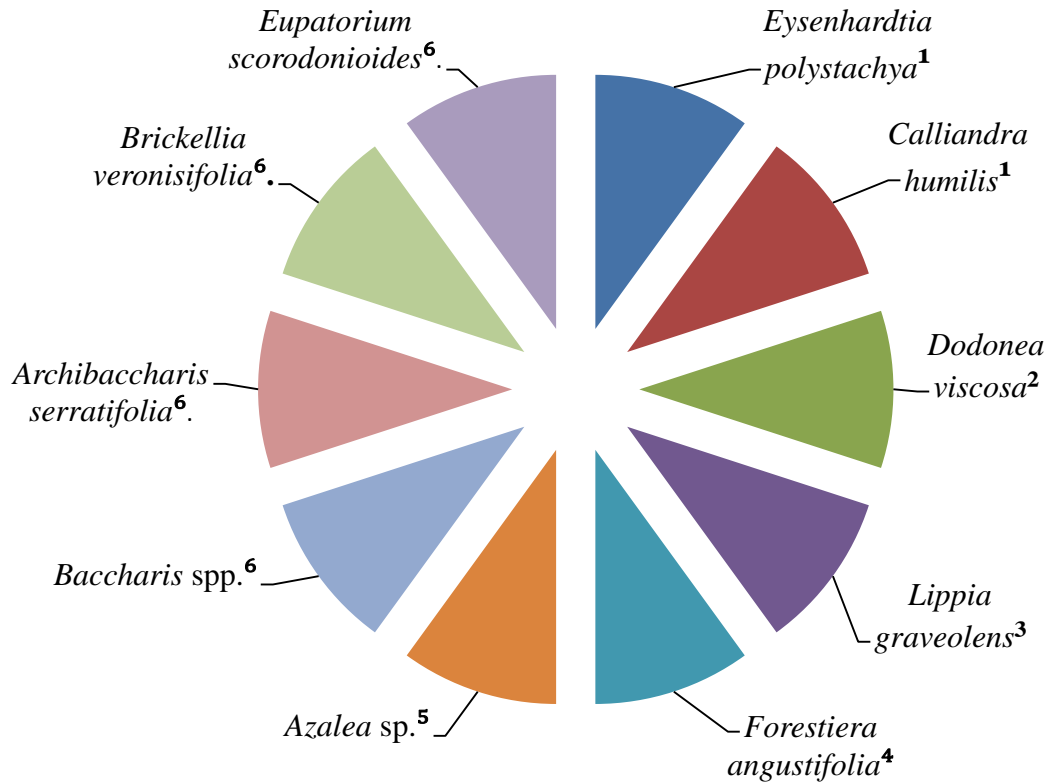


Figura 18. Especies y géneros leñosos pertenecientes a varias familias registrados en el censo del Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío, que no presentaron *Tillandsia recurvata*. Familias: ¹Fabaceaceae, ²Sapindaceae, ³Verbenaceae, ⁴Oleaceae, ⁵Ericaceae, ⁶Asteraceae.

6.2. *Tillandsia recurvata* como colonizador exitoso en determinados forofitos

El análisis con la tabla de contingencia, arrojó datos determinantes; *T. recurvata* tuvo mayor éxito como colonizador por determinados forofitos. A continuación se enuncia cada uno, de mayor a menor, de acuerdo con el valor de χ^2 y del residuo estandarizado. El primero es el género *Opuntia* spp., ($\chi^2 = 2124.56$, g.l. = 170, $P < 0.00001$, Anexo 3) pues se presentó en más de los forofitos esperados al azar (residuo estandarizado = 45.93, Anexo 3); este género se presentó con mayor frecuencia en el censo general de vegetación del Jardín y su Valor de Importancia fue el más alto, encabezando la lista ($IVI = 43.26$, Anexo 4), así mismo, una cuarta parte de sus individuos estuvieron infestados con *T. recurvata* (25.19%, Figura 19). El segundo forofito colonizado por la epífita con mayor éxito fue *M. aculeaticarpa* ($\chi^2 = 2459.2$, g.l. = 170, $P < 0.00001$, Anexo 3), se presentó en más de los forofitos que se esperaba por azar (residuo estandarizado = 45.37, Anexo 3); esta especie se

presentó en gran número en los registros del censo y su Valor de Importancia se encuentra en el tercer lugar de la lista ($IVI = 28.11$, Anexo 4), a pesar de que estos valores son menores que los que se obtuvieron en *Opuntia* spp., presentó mayor número de casos de forofitos infestados por *T. recurvata* (44.54%, Figura 15). El tercer forofito fue *P. laevigata* ($\chi^2 = 11.33$, $g.l. = 170$, $P = 0.04$, Anexo 3) el residuo estandarizado indica que no fue colonizado por azar (12.95, Anexo 3), se encontró en baja frecuencia en los registros del censo, sin embargo tuvo un Valor de Importancia entre los cinco más altos de la lista ($IVI = 17.44$, Anexo 4), y el 82.85% de sus individuos estuvieron infestados por la epífita (Figura 15). *Acacia* spp. ocupa el cuarto lugar entre los forofitos en los que la epífita tiene mayor éxito ($\chi^2 = 163.42$, $g.l. = 170$, $P < 0.0001$, Anexo 3), se registró en una frecuencia alta de aparición dentro del censo y un Valor de Importancia ocupa el segundo lugar de los más altos ($IVI = 32.51$ Anexo 4), así mismo, el 13.47% de sus individuos está infestado con *T. recurvata* (Figura 15), y el residuo estandarizado (12.03 Anexo 3) indica que la epífita no aparece solo por cuestiones azarosas. *Cylindropuntia* spp. ocupa el último lugar del *top 5* de forofitos colonizados por la epífita con mayor éxito ($\chi^2 = 118.82$, $g.l. = 170$, $P = 0.00005$, Anexo 3), aparece en baja frecuencia en el censo pero con un valor de importancia entre los 5 más altos ($IVI = 19.34$, Anexo 4) y el 27.28% de sus individuos tuvieron *T. recurvata* (Figura 16) en más de lo que se esperaría por azar (residuo estandarizado = 10.80, Anexo 3).

6.3. Incidencia, severidad y grado de infestación en las especies de interés

En la primera parte de esta sección, se comparan la incidencia y la severidad en las dos especies de interés, mientras que en la segunda y tercera parte, se hace un análisis detallado por separado de cada especie, con el cálculo del grado de infestación.

6.3.1. Contraste de incidencia y severidad entre P. laevigata y Opuntia spp. El Valor de Importancia de cada uno de los forofitos de interés fue alto en ambos.

Opuntia spp. encabezó la lista con el valor más alto, del total de los individuos registrados en este género se registró una incidencia de *T. recurvata* en 25.19% de ellos; el total de epífitas contabilizadas en este porcentaje de forofitos fue de 2176, colonizando en

promedio 16 epífitas por forofito (D.E. 21.53) (Figura 19). Este porcentaje de forofitos infestados se distribuye de manera desigual en los tres niveles de severidad establecidos, estando el 79.31% de ellos en el nivel bajo (Figura 20).

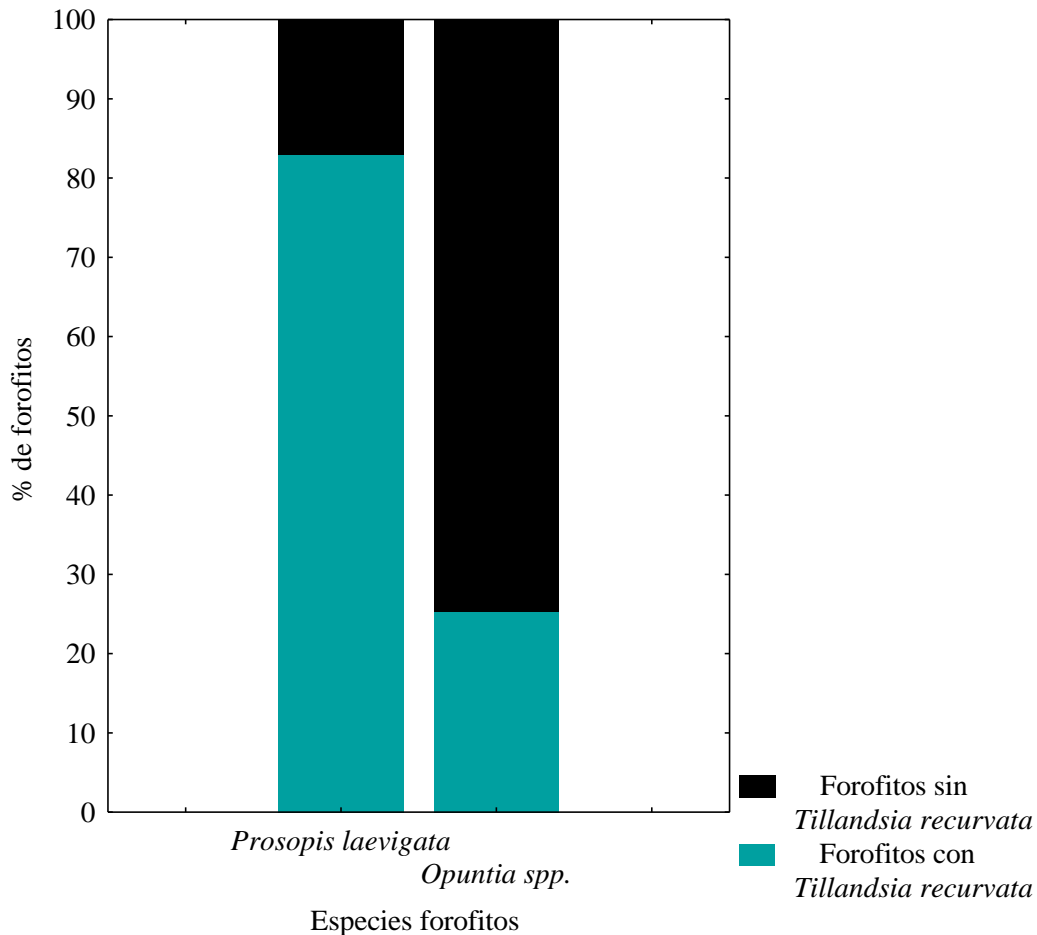


Figura 19. Incidencia de *Tillandsia recurvata* en los forofitos de interés, *P. laevigata* y *Opuntia spp.* censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío. Se compara el porcentaje de incidencia contra los forofitos que no tuvieron epífitas.

P. laevigata también ocupó un lugar importante en la lista de Valor de Importancia de las especies registradas en el censo dentro del Jardín Botánico. La incidencia de *T. recurvata* en esta especie fue del 82.85% del total de sus individuos registrados. El total de epífitas contabilizadas en este porcentaje de forofitos fue de 1764, colonizando en promedio 61 epífitas por forofito (D.E. 130.90) (Figura 19). Este porcentaje de forofitos infestados se distribuye de manera desigual en los tres niveles de severidad establecidos, estando el 93.98% de ellos en el nivel bajo (Figura 20).

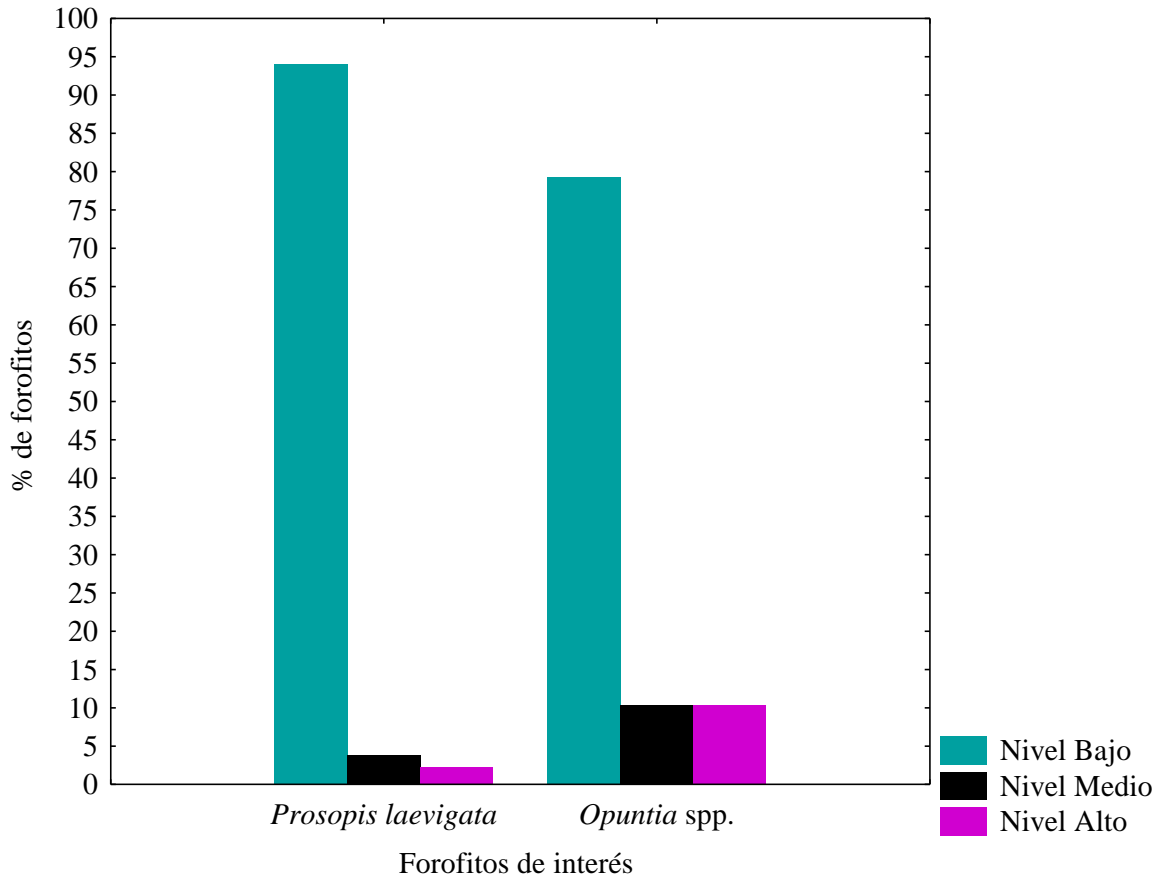


Figura 20. Severidad de *Tillandsia recurvata* en los forofitos de interés, *P. laevigata* y *Opuntia spp.* censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío. Se presenta el porcentaje de forofitos distribuidos en los tres niveles de severidad.

6.3.2. *Grado de infestación en P. laevigata.* El grado de infestación por *T. recurvata* se obtuvo en número de epífitas/agrupaciones de ellas por forofito [I_T], en la muestra de los 29 individuos de *P. laevigata*, el 82.75% de ellos presentaron un I_T que oscila entre 0-20 epífitas por forofito, el 6.89% tuvo un I_T entre 21-40 epífitas, en el rango de 41-60 epífitas no se registró ningún forofitos, el 3.44% presentaron un I_T de 61-80 epífitas por forofito, y por último, el 6.89% de los forofitos presentaron un I_T de 81 a más de 100 epífitas por forofito (Figura 21).

El grado de infestación de *T. recurvata* sobre *P. laevigata* encontrado en los 8 cuadros censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes fue de $I_T = 164 \pm 64$ epífitas por forofito.

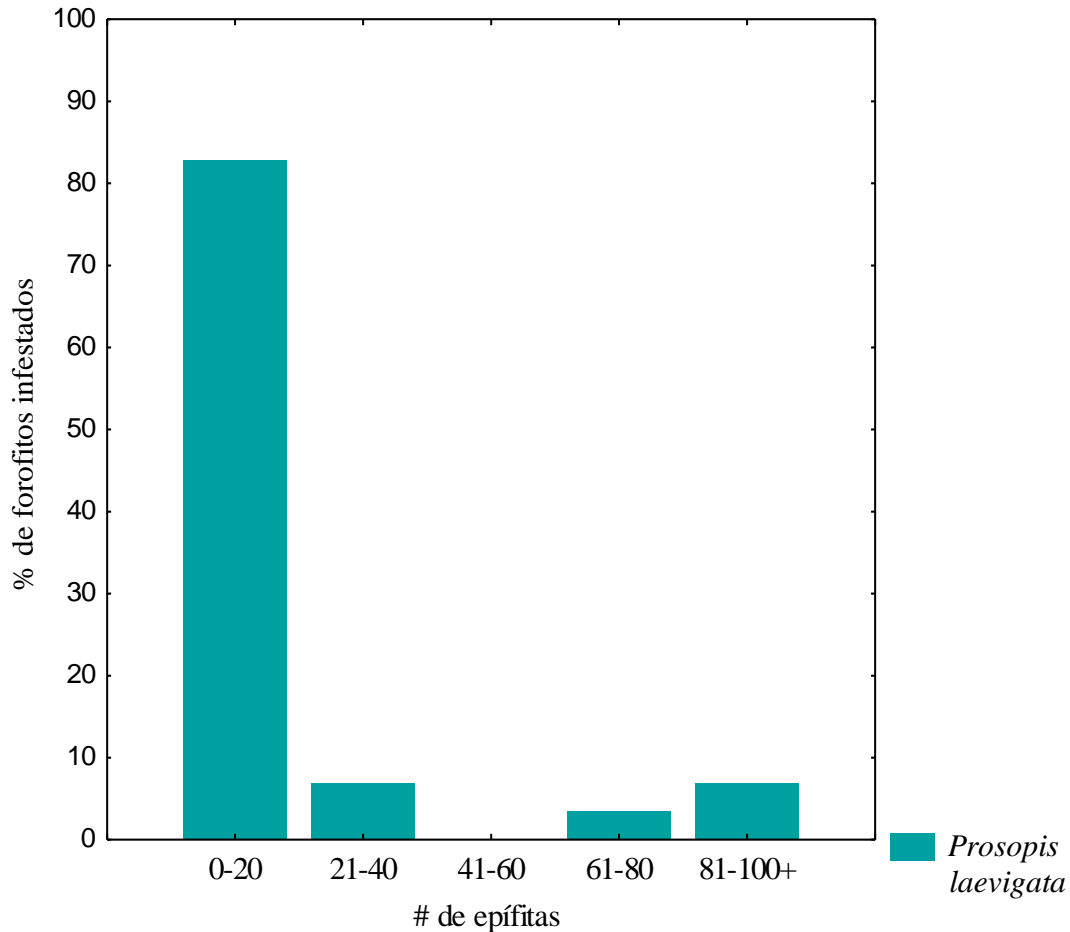


Figura 21. Grado de infestación de *Tillandsia recurvata* [I_T] en los 29 individuos de *P. laevigata* censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío.

La infestación fue diferente en las áreas muestreadas, hubo cuadros con mezquites con un I_T mayor que otros (Figura 22); se observó que los cuadros 52 y 64 fueron los de mayor grado de infestación global [I_T] (Figura 22).

Se encontró una correlación directa no significativa entre la densidad de individuos por m^2 y el grado de infestación [I_T] ($r = 0.40$, $g.l = 6$, $P = 0.32$, Anexo 5).

No se encontró correlación significativa entre la altura del forofito y el grado de infestación [I_T] de cada árbol ($r = 0.04$, $g.l = 27$, $P = 0.83$, Anexo 5). Por su parte, se encontró una correlación significativa y positiva entre la cobertura del forofito y el grado de

infestación [I_T] de cada árbol, ($r = 0.52$, $g.l. = 27$, $P = 0.004$, Anexo 5), es decir, si incrementa el grado de infestación en árboles de *P. laevigata* con coberturas amplias.

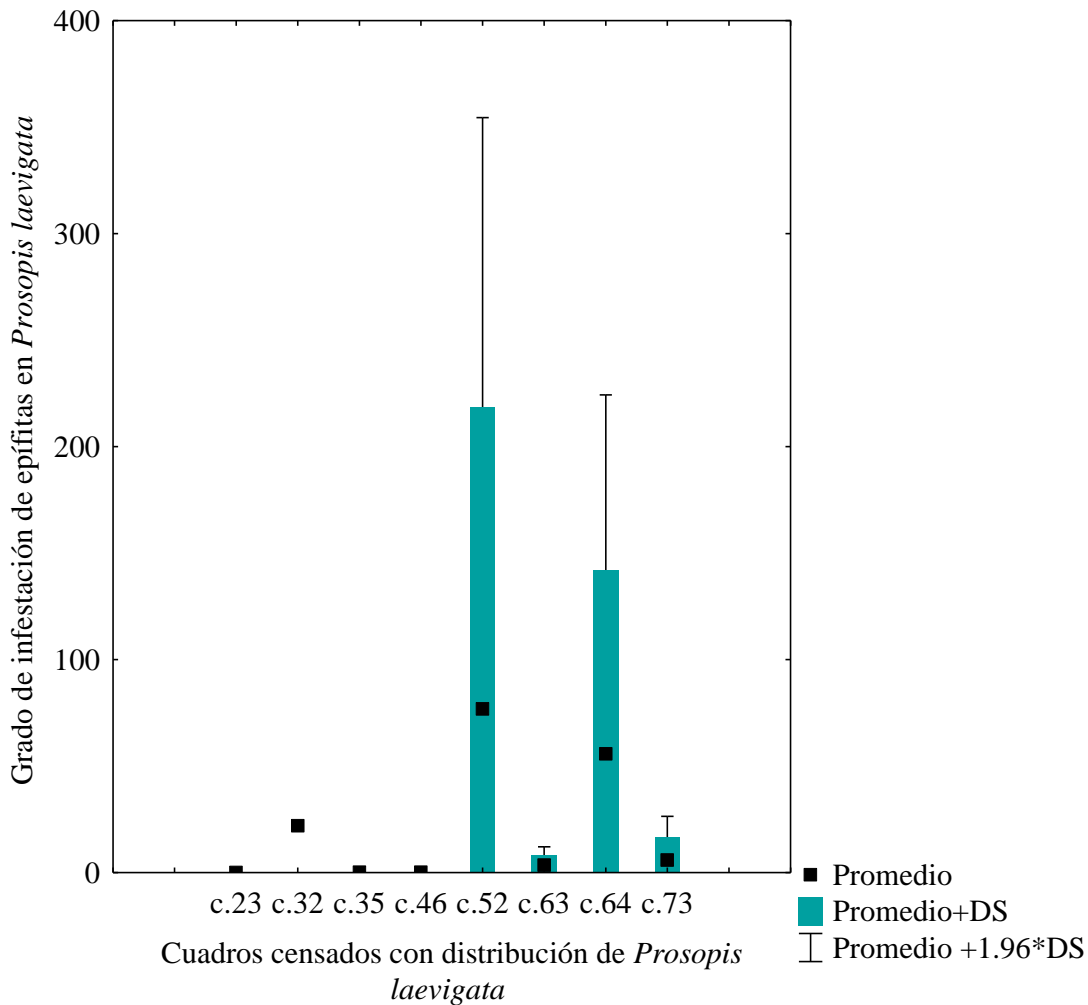


Figura 22. Grado de infestación [I_T] (promedio y desviación estándar) en forofitos de la especie *P. laevigata* en 8 cuadros de 1"× 1" durante el censo de la vegetación en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío.

6.3.3. *Grado de infestación en Opuntia spp.* El grado de infestación de *T. recurvata* encontrados en *Opuntia spp.* (133 forofitos) fueron muy variables; el 90.97% de ellos presentaron I_T de 0-20 epífitas por forofito, el 3.75% tuvieron un I_T entre 21-40 epífitas por forofito, en los rangos del I_T entre 41-60 y 61-80 epífitas se encuentran 1.50% de los forofitos en cada uno, y por último, el 2.25% tuvieron un I_T que va de 81 a más de 100 epífitas por forofito (Figura 23).

El grado de infestación [I_T] en *Opuntia* spp. encontrado en los 17 cuadros censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes fue de $I_T = 162 \pm 35$ epífitas por forofito.

La infestación fue diferente en las áreas muestreadas, hubo cuadros con forofitos con un mayor I_T que otros (Figura 24); se observó que los cuadros 106, 63 y 73 alcanzaron los grados de infestación [I_T] globales más altos (Figura 24).

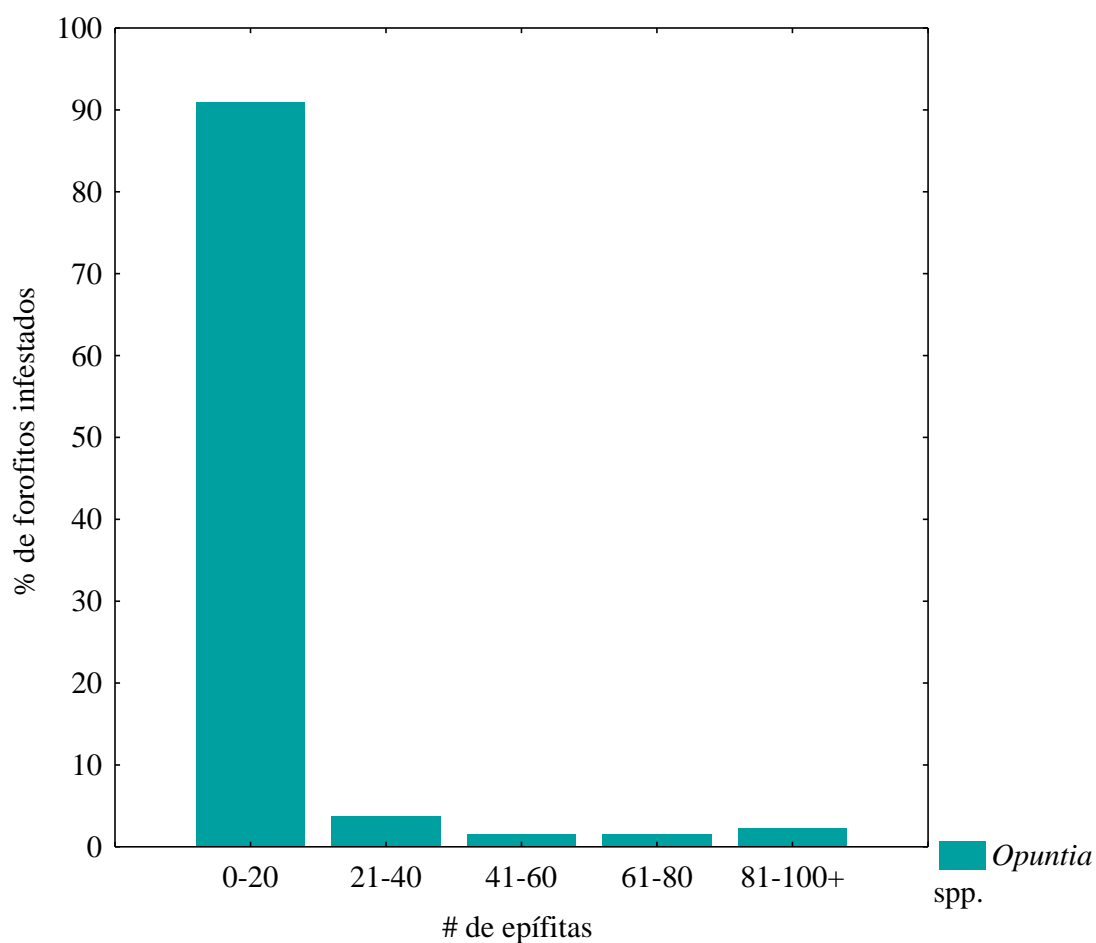


Figura 23. Grado de infestación [I_T] de los 133 individuos de *Opuntia* spp. censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío.

No se encontró correlación significativa entre la densidad de todos los individuos registrados por m^2 y el grado de infestación [I_T] de todos los individuos de *Opuntia* spp. ($r = 0.08$, $g.l. = 15$, $P = 0.74$, Anexo 5).

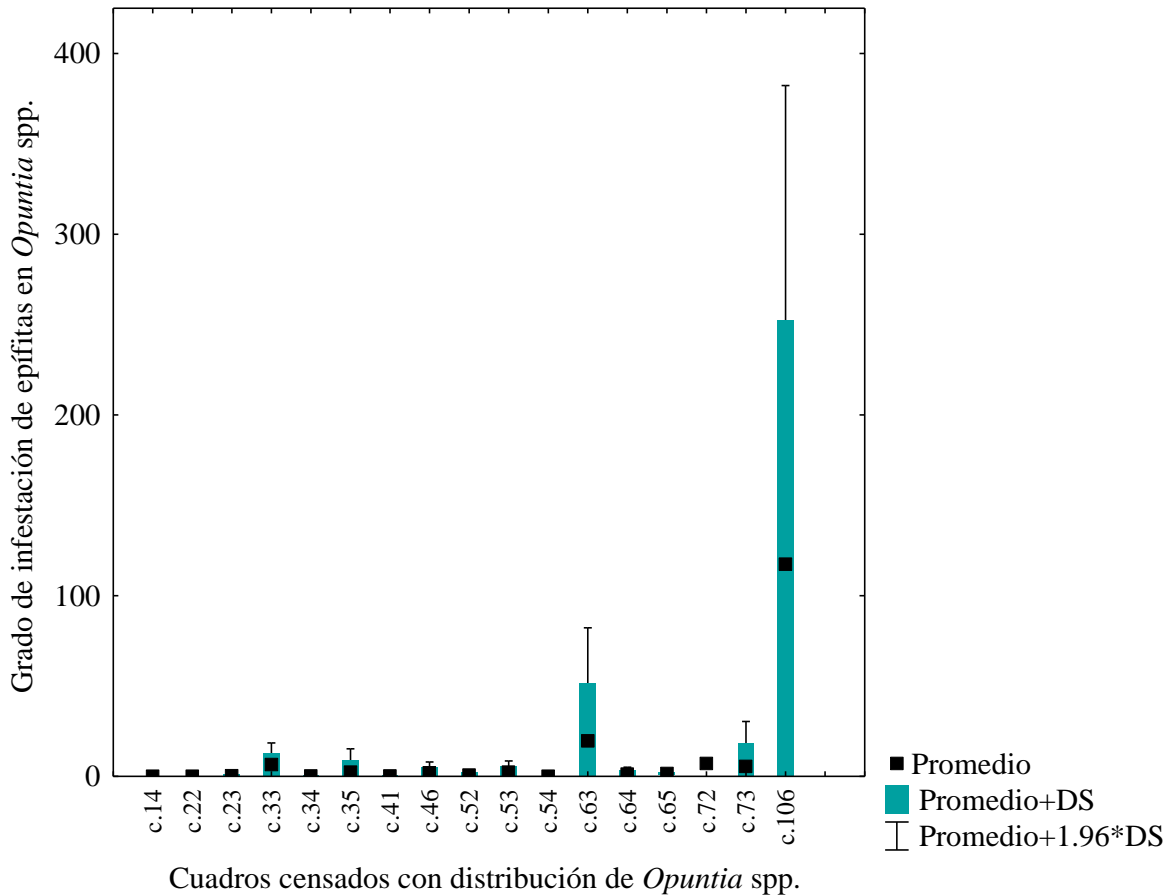


Figura 24. Grado de infestación [I_T] (promedio y desviación estándar) de *Tillandsia recurvata* en forofitos de *Opuntia* spp. en 17 cuadros de 1”× 1” durante el censo de la vegetación en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío.

Se encontró una correlación significativa y positiva entre la altura y el grado de infestación [I_T] de cada *Opuntia* spp. ($r = 0.23$, $g.l. = 131$, $P = 0.006$, Anexo 5). Por su parte, la correlación entre la cobertura y el grado de infestación [I_T] de cada *Opuntia* spp., no fue significativa ($r = 0.04$, $g.l. = 131$, $P = 0.66$, Anexo 5).

6.4. Control de la población de *Tillandsia recurvata*

La muestra de ramas seleccionadas al azar al inicio del estudio, presentó 320 epífitas por rama (D.E. 37.92), y al final del estudio, la misma muestra presentó 206 epífitas por rama (D.E. 51.44).

La población inicial (T0) de *T. recurvata* se redujo en cada tratamiento hasta la última medición (T4) (Figura 25).

La población de *T. recurvata* en las ramas tuvo una mortalidad natural del 42%, (0.42 en proporción en el control; Figura 25). Aunado a ello, la comparación de la proporción de supervivencia y mortalidad entre los tratamientos de control químicos, analizada con el modelo GLIM, mostró un efecto significativo sobre *T. recurvata* ($\chi^2 = 95.87$, *g.l.* = 4, $P < 0.001$, Anexo 6).

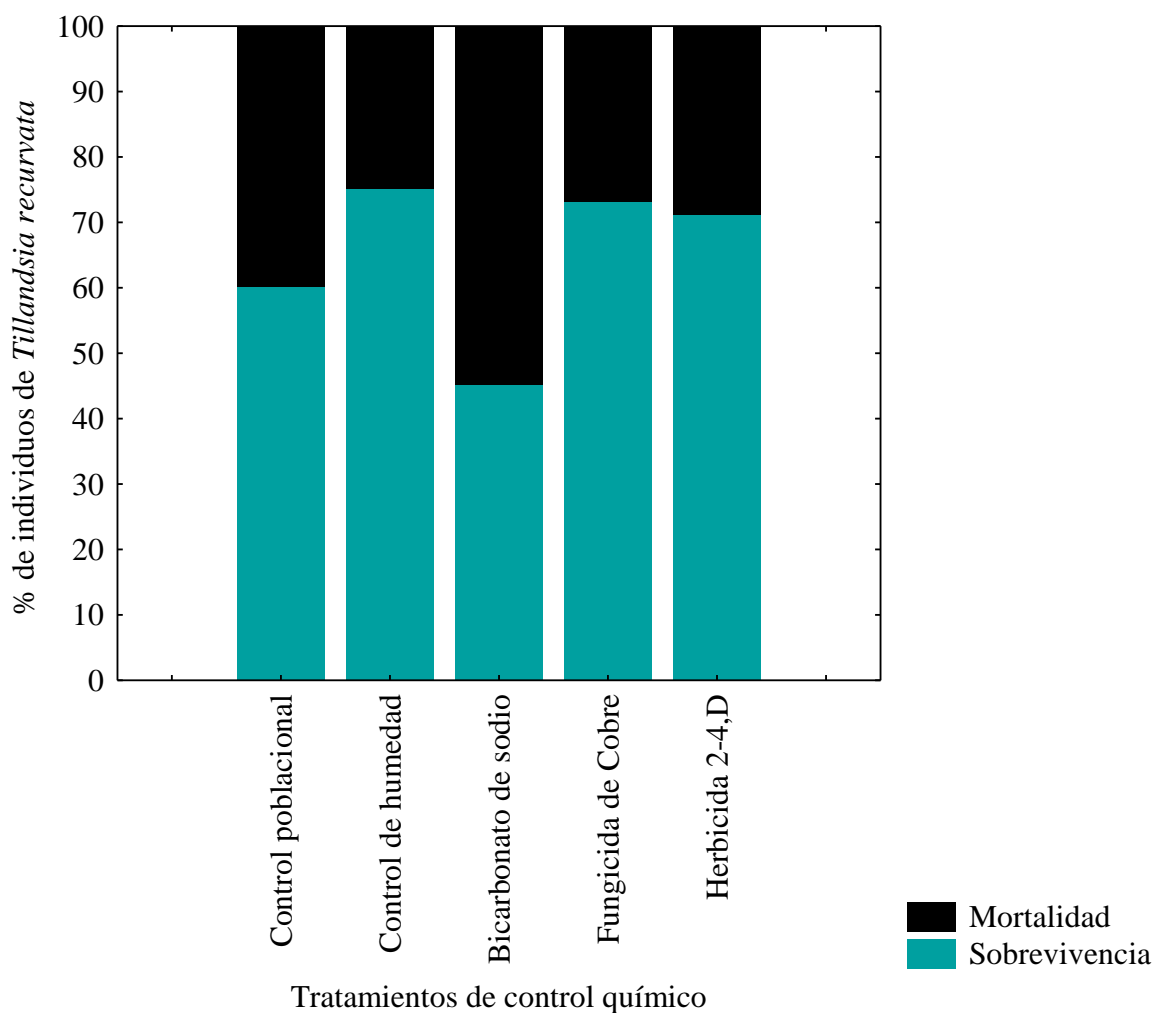


Figura 25. Porcentaje de supervivencia y mortalidad de *T. recurvata* para cada tratamiento de control químico aplicado a los 29 árboles de *Prosopis laevigata*; el color negro indica la mortalidad obtenida para cada tratamiento aplicado a la epífita, el color azul indica la supervivencia obtenida en cada tratamiento aplicado a la epífita. Datos tomados en (17 de marzo al 24 de agosto de 2015) en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío.

El tratamiento control tuvo una proporción de mortalidad mayor que los tratamientos con agroquímicos y con agua ($\chi^2 = 95.87$, $g.l. = 4$, $P < 0.001$, Anexo 6); en la prueba de contrastes, los tratamientos de fungicida y herbicida mostraron una mortalidad baja cercana al 30% (Figura 25), estas mortalidades no difirieron entre sí ($\chi^2 = 0.4$, $g.l. = 1$, $P = 0.52$, Anexo 6), y no difirieron del tratamiento con agua, esto sugiere que las diluciones aplicadas del herbicida y el fungicida aumentaron ligeramente la mortalidad pero no fueron estadísticamente distinguibles de la aplicación de agua ($\chi^2 = 1.5$, $g.l. = 1$, $P = 0.21$, Anexo 6). La mayor proporción mortalidad se registró en el tratamiento de bicarbonato de sodio, alrededor de 60% (Figura 25), este tratamiento redujo a más de la mitad la supervivencia respecto al resto de los tratamientos y el control poblacional, y fue significativamente menor ($\chi^2 = 69.10$, $g.l. = 1$, $P < 0.0001$, Anexo 6).

Durante el desarrollo del experimento del control poblacional de *T. recurvata* se observaron cambios en la coloración de los individuos bajo tratamiento; a continuación se describen y se muestran imágenes de los síntomas observados en las plantas. *T. recurvata* en el tratamiento control, su estado natural, sin aplicación alguna de sustancias, tuvo coloración gris-verdosa, con tricomas brillantes, con este espécimen “sano” se compara la apariencia de los individuos que estuvieron bajo alguno de los tratamientos aplicados (Figura 26). La apariencia de los individuos asperjados con agua, mostró individuos sin cambio, comparados con los del control poblacional (Figura 27). En contraste, la apariencia de los individuos *T. recurvata* asperjados con bicarbonato de sodio, presentaron un cambio de apariencia notable. La mayoría de ellos presentó un color pardo y negro, y algunos presentaron únicamente ese color en las puntas de las hojas (Figura 28). La apariencia de los individuos a los asperjados con fungicida de cobre no cambió (Figura 29), su apariencia es similar a los individuos del control y el tratamiento de aspersión con agua. Finalmente, la apariencia de los individuos asperjados con herbicida no cambió demasiado comparada con la muestra del control poblacional, excepto alguno de ellos en los que las hojas presentaron un mal estado, como si estuvieran aplastadas o retorcidas (Figura 30).



Figura 26. Apariencia de los individuos de *Tillandsia recurvata* del grupo de control poblacional, plantas sanas.



Figura 27. Apariencia de los individuos de *Tillandsia recurvata* del control de humedad.



Figura 28. Apariencia de los individuos de *Tillandsia recurvata* con aplicación de bicarbonato de sodio.



Figura 29. Apariencia de los individuos de *Tillandsia recurvata* con aplicación de fungicida de cobre.



Figura 30. Apariencia de los individuos de *Tillandsia recurvata* con aplicación de herbicida 2,4-D.

7. DISCUSIÓN

7.1. ¿"Elige" *Tillandsia recurvata* a su forofito?

El éxito que *Tillandsia recurvata* presenta como colonizador en los forofitos, de acuerdo con Bernal *et al.*, (2005) y Winkler *et al.*, (2007) está ligado a las características de éstos, como las cortezas rugosas, la amplitud de las copas y el vigor del forofito. En adición, deben ser tomadas en cuenta otras características, como el tipo de vegetación, estructura y composición de esta, pues la frecuencia [IVI] en la que se pueden encontrar todos los individuos de las diferentes especies de esa vegetación puede variar en rodales mezclados (Curtis y McIntosh, 1951).

La incidencia de la epífita en toda la vegetación leñosa censada se encontró en una relación 1 a 4 (Cuadro 1), es decir, un cuarto de la especies registradas se encuentran infestadas por *T. recurvata*, que a su vez, presentaron IVI altos (Anexo 4). La mayoría de estas especies pertenecen a la Familia Fabaceae y Cactaceae (Cuadro 1, y Figuras 15-16), cuyas características en general es ser leñosas, tanto arbóreas, arbustivas o sufrútices, además, desarrollan cortezas rugosas (Hutchinson, 1973; Bravo-Hollis, 1978; Rzedowski y Rzedowski, 1979; McVaugh, 1989; Martínez, 1994), estas son algunas de las características que propician el establecimiento de la epífita (Bernal *et al.*, 2005; Winkler *et al.*, 2007). Por su parte, en individuos muy pequeños no se registró presencia alguna de la epífita (Cuadro 1 y Figura 18). Los 5 forofitos sobre los que la epífita tuvo mayor éxito como colonizador en este trabajo (*Opuntia* spp., *Mimosa aculeaticarpa*, *Prosopis laevigata*, *Acacia* spp., *Cylindropuntia* spp. (Anexo 3)) se encuentran circunscritos en estas dos familias, entre ellos las dos especies de interés (Figuras 15-16). Este Top 5 de forofitos (sección 6.2), fue dilucidado gracias al valor del residuo estandarizado de cada especie (Anexo 3), el cual muestra en estas cinco especies, que están siendo colonizadas más de lo que se esperaría por azar.

En este trabajo, el forofito de mayor oferta para *T. recurvata* fue *Opuntia* spp.; este forofito presentó el IVI más alto de toda la vegetación leñosa censada en el Jardín Botánico (Anexo 4) y se observó la incidencia de la epífita en un cuarto de sus individuos totales (25.19%), comparada con el resto de los forofitos (Figura 19). Puesto que *Opuntia* spp. es

una de las especies de interés, se realizaron correlaciones entre algunas variables para dilucidar la razón del éxito de la epífita sobre este género; se correlacionó el I_T contra la altura y cobertura de los forofitos, así mismo contra la densidad de la vegetación leñosa en general de cada cuadro en el que se distribuye *Opuntia* spp. (Anexo5), y solo la altura mostró significancia en este análisis. La premisa explicativa de este resultado es la siguiente: posiblemente sea necesario distinguir entre especies, pues los forofitos de este género, pueden tener múltiples características y hábitos, en muchas ocasiones, fuera del contexto que se establece para forofitos de *T. recurvata* comunes referidos en la literatura, tales como *P. laevigata* y *Acacia* spp. (Cascante-Marín *et al.*, 2006; Winkler *et al.*, 2007), sin embargo, las observaciones de campo indican que las *Opuntia* spp. colonizadas por *T. recurvata* presentan cortezas muy rugosas en la parte basal o “tronco” tal como ocurre con las especies *O. streptacantha*, aunado a ello, esta especie presenta grandes alturas en el Jardín Botánico (4-5 metros, correspondiendo con la descripción de la especie que hace Bravo-Hollis (1978)) comparada con el resto de las especies de este género; la presencia de *T. recurvata* sobre *Opuntia* spp. se observó únicamente en el tronco, nunca en las partes lisas o cladodios. Por lo tanto, durante su dispersión anemocórica, las semillas de *T. recurvata* encuentran el lugar adecuado para establecerse.

Los siguientes tres forofitos más adecuados para la incidencia de la epífita (*M. aculeaticarpa*, *P. laevigata*, *Acacia* spp.) forman parte de la familia Fabaceae (Figura 15), y todas comparten características en común (*e.g.* copas frondosas, coberturas amplias y troncos con cortezas rugosas), adecuadas para la colonización y supervivencia de *T. recurvata* (Bernal *et al.*, 2005; Cascante-Marín *et al.*, 2006; Winkler *et al.*, 2007).

M. aculeaticarpa, es el segundo forofito idóneo para el establecimiento de *T. recurvata*, el *IVI* de esta especie se coloca entre los más altos de toda la vegetación del Jardín Botánico (Anexo 4) presentó una incidencia de la epífita en casi la mitad de sus individuos totales (44.54%, Figura 15).

P. laevigata ocupa el tercer lugar de los mejores forofitos para la epífita, debido sobre todo por el valor del residuo estandarizado obtenido en el análisis de las especies con la tabla de contingencia (Sección 6.2 y Anexo 3), además, por la alta incidencia registrada del total de sus individuos (82.85%, Figura 19), pues su *IVI* fue el más bajo de las especies

adecuadas para *T. recurvata* (Anexo 4). Puesto que *P. laevigata* es uno de los géneros de interés, se trató de dilucidar cuales eran los factores que influyen en estos resultados, para lo cual se realizaron correlaciones entre el I_T contra la altura y cobertura de los forofitos, así como contra la densidad de la vegetación leñosa en general de cada cuadro en el que se distribuye *P. laevigata* (Anexo 5), de los cuales sólo la cobertura de estos forofitos mostró una relación directa y significativa contra el I_T obtenido en esta especie (Anexo 5), lo cual coincide con lo propuesto por Bernal *et al.*, (2005) para este mismo forofito, es decir, se observó mayor incidencia y un I_T más alto en los forofitos con mayor amplitud de cobertura, pues *T. recurvata* tiene mayores oportunidades para establecerse por la creación de diversos microclimas (Hernández-Rosas, 2003; Escutia-Sánchez, 2009) y hay más tiempo para que crezca la población de la epífita (Benzing, 1990; Caldiz *et al.*, 1993; Hernández-Rosas, 2003; Cascante-Marín *et al.*, 2006; Winkler *et al.*, 2007; Escutia-Sánchez, 2009). Sin embargo, dado lo difícil de disociar el efecto del tamaño del forofito y el tiempo de expansión de la población de la epífita, es una variable que debe tomarse en cuenta en estudios futuros.

El género *Acacia* spp. ocupa el cuarto sitio entre los mejores forofitos. Presentó el segundo *IVI* más alto de toda la vegetación (Anexo 4) pero queda en cuarto lugar debido al valor de su residuo estandarizado (Sección 6.2 y Anexo 3) y a la baja incidencia de la epífita sobre sus individuos (13.47% del total de sus individuos registrados, Figura 15) comparada con el resto de las especies presentadas como mejores forofitos de la epífita (Sección 6.2).

El último género idóneo para el establecimiento de *T. recurvata* es *Cylindropuntia* spp. Su valor de *IVI* se encuentra entre los más altos de toda la vegetación (Anexo 4). A pesar de que su *IVI* es más alto que el de *P. laevigata*, el valor de su residuo estandarizado (Anexo 3) y la incidencia (27.28% de sus individuos en total registrados, Figura 16), fueron bajos comparados con el resto. Y como ocurrió con *Opuntia* spp., las epífitas se encontraron solo en la parte rugosa. Dado esto, la interrogante aquí es ¿porqué con un *IVI* elevado, la incidencia de la epífita fue tan bajo? Se sabe que las características que propician el establecimiento y éxito de la epífita son la corteza fisurada, la alta complejidad arquitectónica del forofito y la amplitud en la copa; estas características propician el

establecimiento exitoso de las semillas, otorgan mayor sustrato aprovechable y mejores condiciones para la supervivencia, respectivamente (Bernal et al., 2005; Cascante-Marín et al., 2006; Winkler et al., 2007; Escutia-Sánchez, 2009). En contexto, de todas las características señaladas anteriormente, los individuos de *Cylindropuntia* spp. solamente poseen la corteza fisurada, pues su tronco y algunas ramas son leñosas (Aguilar-Dorantes, 2005), en adición, la cobertura de los individuos de este género registrados en el censo es pequeña comparada con otros forofitos registrados (Cuadro 2), por lo que la oferta de sustrato disponible para establecimiento de las semillas de *T. recurvata* es menor que en el resto de los forofitos del *top 5*.

7.2. Relación entre la incidencia, severidad, I_T y la densidad de la vegetación

Los cuadros con la incidencia más alta de *T. recurvata* en toda la vegetación leñosa fueron el 52, 73 y 63 (Figura 14); estos fueron algunos de los cuadros en los que se registró mayor densidad de la cubierta vegetal (3.7 ind/m^2), y en donde se localizan los forofitos con los I_T más altos tanto en *P. laevigata* como en *Opuntia* spp. (Figura 21 y 23), sin embargo, el porcentaje de individuos con nivel alto de severidad no fue importante, pues la mayoría se encuentra en el nivel bajo (Figura 13) y no hubo correlación significativa entre el I_T y la densidad en ninguno de los casos (Anexo 5). Por otro lado, en los cuadros con menor densidad de cubierta vegetal (densidad de 0.1 ind/m^2) y hay mayor espacio entre los individuos que la conforman, la incidencia de la epífita fue mucho menor (Figura 14).

Los cuadros con mayor densidad de vegetación y con mayor incidencia de la epífita, se encuentran localizados en las cercanías de la entrada del Jardín Botánico (cerca del cuadro 152, Figura 12), de los invernaderos, así mismo, se encuentran circundados por los caminos de acceso al área silvestre del jardín. En otras palabras, estos cuadros se encuentran más cerca de las zonas perturbadas del Jardín Botánico, por lo tanto, esto podría estar propiciando la incidencia de la epífita en mayor frecuencia; en estas zonas hay menos área verde que en la zona salvaje, por lo que la concentración de CO_2 atmosférico podría ser mayor (Henry y Heinke, 1999); las plantas CAM, como *T. recurvata* son capaces de fijar de grandes cantidades de CO_2 (Bernal et al., 2005; Benz y Martin, 2006; Smith y Smith, 2007; Escutia Sánchez, 2009; González Medrano, 2012; Cach-Peréz et al., 2014) por ello, al estar expuestas a estas condiciones, se ven beneficiadas a través del acelerado

crecimiento y elongación de rizoides, así como en el aumento de su biomasa (Lou y Nobel, 1993; Drennan y Nobel, 1996; Fernández-Monteiro *et al.*, 2014).

Una perspectiva global nos indicaría que el Cambio Climático y el aumento de CO₂ por contaminación atmosférica, tendrían un efecto positivo para esta planta, por lo tanto “la invasión de *T. recurvata*” tendría un alcance aún más amplio, puesto que las epífitas de amplia distribución geográfica poseen mayores posibilidades de sobrevivir ante el cambio climático (Cach-Pérez *et al.*, 2014) y justo esta característica posee la distribución de *T. recurvata* (Martínez y Matuda, 1979); además, es capaz de colonizar sobre diversos forofitos, incluso hospederos inertes, se beneficia con altos niveles de CO₂ (Claver *et al.*, 1983; Fernández-Monteiro *et al.*, 2009; Wester y Zotz, 2010) y pueden adaptarse y cambiar su modo de dispersión de acuerdo con sus necesidades ecológicas (Cach-Pérez *et al.*, 2014).

7.3. ¿Es necesario controlar a *Tillandsia recurvata*? Relación entre la incidencia y la severidad

La incidencia se encontró en un cuarto de la vegetación leñosa censada, (Cuadro 1), es decir, una parte importante de la vegetación se encuentra infestada por la epífita; cuando la incidencia de los problemas fitosanitarios se registra en niveles altos, se recomienda el diseño de métodos de control, así como la dedicación a estudios para determinar las causas del problema (Cadena-Hinojosa *et al.*, 2003).

Por otro lado, la severidad registrada en la vegetación leñosa censada, se concentró en el nivel bajo con más de la mitad de los individuos censados (Figura 13). Sin embargo, el progreso de las fitoepidemias es constante; comienzan con grados de infestación y niveles de severidad bajos y pocas plantas se encuentran infectadas, luego con el tiempo la severidad, la incidencia y el grado de infestación van aumentando (ASP, 2017). En el cuadro 1 se observa una incidencia de la epífita importante, por ello, se puede suponer que el problema en el Jardín ha superado las fases primarias de la fitoepidemia, pues a pesar de que la severidad aún no es grave, se ha observado el incremento constante de la infestación por la epífita a través del tiempo, en forma empírica notificado por el Ing. Emiliano Sánchez, y durante el experimento de control químico de este trabajo, pues hubo reclutamiento de plántulas de *T. recurvata* en cada muestra de ramas tratadas (Anexo 7).

La infestación cualitativa y cuantitativa de *T. recurvata* ha sido reportada en altos grados (Caldiz *et al.*, 1993; Lowman *et al.*, 1999; Bernal *et al.*, 2005; Castellanos-Vargas *et al.*, 2009), como ocurrió en este trabajo; en varios de esos reportes se acentúa el efecto negativo de las epífitas sobre sus forofitos como reportan Páez-Gerardo *et al.*, (2005), Aguilar-Rodríguez *et al.*, (2007) y Castellanos-Vargas *et al.*, (2009), por ello, se deben efectuar planes de manejo de estas poblaciones para evitar el deterioro de los forofitos y por ende, de los ecosistemas o plantaciones de interés económico.

7.4. Efectividad de los tratamientos para el control de *Tillandsia recurvata*

La selección de las ramas de cada *P. laevigata* para el experimento de control químico se hizo de manera aleatoria, en consecuencia la muestra de *T. recurvata* obtenida por cada rama y para cada árbol fue muy distinta, habiendo desde muestras de tres individuos hasta más de 80; de tal forma que la proporción de sobrevivencia-muerte ante cada tratamientos fue una forma viable para establecer comparaciones.

La mortalidad de la epífita observada de forma natural en el sitio de estudio fue elevada (0.42%, Figura 25) comparada con otro trabajo, en el que reportan menos de 0.3% de mortalidad natural de esta especie (Lowman *et al.*, 1999). Las causas de mortalidad reportadas para *T. recurvata* de manera natural son la herbivoría (Pett-Ridge y Silver, 2002), la caída por gravedad debido al excesivo tamaño de la epífita y pobre sistema de anclaje (Pett-Ridge y Silver, 2002), el arrancamiento de la epífita por el viento (Lowman *et al.*, 1999) y la caída de ramas o árboles (Pett-Ridge y Silver, 2002).

T. recurvata registró un alto porcentaje de mortalidad a través del tiempo. Esto se atribuye a que no tiene raíces verdaderas para absorber nutrientes del substrato y carece de haustorios auxiliares para tomar recursos de sus forofitos, por ello se ha clasificado como una epífita atmosférica pues solo puede absorber nutrientes del aire (Benzing, 1990). Por ello, ha desarrollado adaptaciones tales como la succulencia, el metabolismo CAM y los tricomas sobre las hojas, para sobrevivir en ambientes áridos; todas estas adaptaciones son útiles para la absorción, ahorro y buen aprovechamiento del agua y humedad disponibles en el ambiente (Benzing, 1990; Smith y Smith, 2007; Ceja-Romero *et al.*, 2008). El efecto de la aplicación de agua sobre las epífitas produjo beneficios para la epífita, superando al

efecto que podría ejercer el agua captada de manera natural por precipitación y humedad (parte del tratamiento se llevó a cabo en la época de lluvias). Dicha situación, podría influir en la baja mortalidad de la especie en este experimento, tanto para el control de humedad como para los tratamientos con agroquímicos (Figura 25 y Anexo 6), pues en estos últimos se observó más efecto a causa del agua que por la sustancia disuelta.

El tratamiento con bicarbonato de sodio fue el más efectivo para la controlar la densidad de la población de *T. recurvata*, pues sobrevivió menos de la mitad (Figura 25 y Anexo 6). El aumento en la mortalidad que se registró con la aplicación del bicarbonato puede tener varias explicaciones. Por un lado, el experimento de control se llevó a cabo en un lapso que comprendió la primavera-verano del año 2015, época que recomienda Torres-Espinosa (2012) para obtener mejores resultados; reporta una efectividad del 60% (cercana a lo que se obtuvo en este trabajo), sin embargo, no explica el mecanismo de acción del bicarbonato de sodio en *T. recurvata* para surtir tales efectos.

Los individuos de *T. recurvata*, bajo el efecto del bicarbonato de sodio, cambiaron totalmente de apariencia, tornándose de un color pardusco y al tacto las hojas estaban rígidas y crépiticas (Figura 28). La explicación de este resultado se atribuye a dos razones; 1) Las plantas epífitas atmosféricas como *T. recurvata*, absorben el agua y la humedad de forma excesiva y muy rápida (*com. pers.* Malda-Barrera) a través de los tricomas que se encuentran en sus hojas y la almacenan (Benzing, 1990), 2) La apertura y cierre de los estomas de las hojas es una adaptación que presentan las plantas que se distribuyen en zonas áridas (Taiz y Zeiger, 2006); este mecanismo se debe a un gradiente de iones de potasio y cloro en las células guarda (células que rodean a los estomas y se encargan del movimiento de éstos) (Assman, 1993; Nilson y Assman, 2007); puesto que existe una alta afinidad de transporte entre el potasio y el sodio, al haber una alta concentración de iones de sodio en las hojas, la incorporación de los iones de potasio se ve inhibida (Taiz y Zeiger, 2006), por ello, la planta comienza a presentar un déficit hídrico en las células del mesófilo y por tanto, a disminuir su actividad fotosintética (Taiz y Zeiger, 2006).

Entonces, tomando en cuenta los dos puntos anteriores, al rociar a la epífita con la solución de bicarbonato de sodio, ésta la absorbe de manera inmediata y la almacena, entonces el bicarbonato comienza a actuar dentro de la planta: sustituye a los iones de

potasio por los de sodio, provocando una falla en el mecanismo de apertura y cierre de los estomas, y al estar expuesta a condiciones áridas, la epífita de inmediato se deshidrata, en consecuencia, su actividad fotosintética disminuye, provocando la apariencia descrita de la planta (Figura 28) y finalmente, su muerte. Sin embargo, no se afirma que sea efectivo en su totalidad, pues es necesaria la observación del efecto del bicarbonato aplicado a *T. recurvata* en distintos contextos, por ejemplo, en distintos tipos de forofitos infestados (distintos a *P. laevigata*), así como en los distintos tipos de ambiente, pues en el caso del trabajo de Torres-Espinosa (2012), el control de *T. recurvata* fue realizado en *Pinus cembroides* en un bosque de Coahuila, clima y forofito totalmente distintos a los empleados en éste trabajo, además, comprobar su efectividad en distintas épocas del año. Por último pero no menos importante, comprobar de manera directa la reacción fisiológica y estomática de *T. recurvata* en presencia de bicarbonato de sodio pues no se comprobó de manera experimental en este trabajo.

El herbicida y el fungicida, por su parte, tuvieron un bajo porcentaje de mortalidad comparado con el control y el bicarbonato de sodio (Figura 25). Las causas de su bajo rendimiento, tampoco fueron medias a nivel fisiológico. Posiblemente se requieran experimentos controlados con otras marcas de estos productos, o con dosis más altas para el uso de los agroquímicos empleados en éste trabajo, porque no hay una dosis recomendada para plantas epífitas o de metabolismo CAM; el herbicida 2,4-D está indicado como un herbicida sistémico para controlar malezas de hoja ancha o en su mayoría gramíneas (Rosales-Robles y Esqueda-Esquivel, 2016), sin embargo, Caldiz y Beltrano (1989) y Bartoli *et al.*, (1993) indican la efectividad exitosa de herbicidas de la misma familia que el 2,4-D para controlar a la epífita. El fungicida a base de cobre normalmente es empleado como repelente contra hongos patógenos, así como caracoles y babosas (Capinera y Dickens, 2016), sin embargo, Crow (2000) indica que *T. recurvata* se intoxica bajo la aplicación de éste agroquímico. Sin embargo, las observaciones en este trabajo fueron distintas a pesar de que se aplicó en la temporada recomendada por el autor (marzo-abril). Esto es atribuible a que Crow (2000) usó un fungicida llamado Kocide®, entretanto, en este trabajo se usó uno llamado Cupravit®, del cual se aplicaron las concentraciones recomendadas en el empaque, por consiguiente, esto pudo ser distinto de las que se recomiendan para Kocide®, o la efectividad de la fórmula del producto mismo. Por tanto,

el fungicida de cobre definitivamente no tuvo efecto al ser aplicado en la población de la epífita; *T. recurvata* no presentó cambio alguno de apariencia (Figura 29) y la mortalidad fue baja (Figura 25); no es efectivo para epífitas de esta especie, como propone Crow (2000).

Los individuos de *T. recurvata* tratados con herbicida 2,4-D no presentaron las mortalidades esperadas (Figura 25) y no mostraron cambio tan notorio en apariencia (Figura 30) como sucedió con el bicarbonato de sodio (Figura 28), solo algunos individuos presentaron un poco de dureza y un leve retorcimiento de las puntas de las hojas (Figura 30), similar a lo planteado con respecto al modo de acción de este herbicida (Rosales-Robles y Esqueda-Esquivel, 2016); la dureza podría resultar de la lignificación como parte del mecanismo de defensa puesto en marcha por *T. recurvata* (Machado-Assefh *et al.*, 2013) y el retorcimiento de la hoja, por la alteración en la regulación de la división y elongación celular que provoca el 2,4-D (Rosales-Robles y Esqueda-Esquivel, 2016); en este caso, el mecanismo de defensa no fue tóxico para la epífita, como ocurrió al contacto con el bicarbonato de sodio, más bien este mecanismo de defensa fue leve, sirviéndole de protección contra el herbicida, por lo tanto, significa que este tratamiento no es efectivo pues genera resistencia en la planta epífita, y el problema se volverá mayor con el tiempo.

7.5. Estrategias para el control de *Tillandsia recurvata*

El control de la población de *T. recurvata* debe contemplar los riesgos de recolonización de los forofitos, pues en este trabajo se observó que se produjo nuevo establecimiento de plántulas (Anexo 7), por lo tanto, se concluye que los tratamientos empleados no previenen la recolonización. En este sentido, debe buscarse la reducción de fuentes de propágulos; el establecimiento de *T. recurvata* puede verse afectado por diversos factores: 1) las corrientes de viento tienen un efecto positivo puesto que las semillas son anemocoras, por ello son impulsadas fácilmente (Hutchinson, 1973; García, 1991; Ceja-Romero *et al.*, 2008), 2) la dispersión de las semillas afecta positivamente, pues se sabe que en esta epífita, la dispersión ocurre de manera muy intensa, por ello la población es muy estable (Ramírez-Padilla, 2008), 3) el tipo de hospedero puede afectar positivamente cuando los forofitos tienen copas frondosas y amplias, así como arquitecturas complejas y cortezas fisuradas (Lowman *et al.*, 1999; Hernández-Rosas, 2003; Bernal *et al.*, 2005; Cascante-Marín *et al.*,

2006; Winkler *et al.*, 2007; Escutia-Sánchez, 2009; Montes-Recinas *et al.*, 2012). El control debe ejercerse antes de la reproducción y liberación de propágulos de la epífita, es decir, entre octubre y enero, meses antes de que la epífita comience a florecer (finales de abril, *obs. pers.*).

Un plan adecuado sería el manejo diferencial de los forofitos potencialmente adecuados para la epífita, en el que se implemente la reducción de los puntos de máximo contagio, es decir, las zonas de mayor incidencia de la epífita, con métodos manuales o químicos; así mismo establecer un programa de podas selectivas de saneamiento, en el que se eliminen las ramas muertas, mal formadas o dañadas (CONAFOR, 2007; Torres-Espinosa, 2012), así como el entresacado de las copas para permitir que corra mejor el viento y eliminar las condiciones, como la alta humedad propiciada por los microclimas en la copa que favorecen el establecimiento de la epífita (Escutia-Sánchez, 2009; Castellanos-Vargas, *com. pers.*).

En cuanto al manejo de problemas fitosanitarios con sustancias químicas, en el catálogo de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) 2004 se presentan los agroquímicos permitidos y regulados para su uso en México, este catálogo incluye los agroquímicos usados en este trabajo (2,4-D y oxiclورو de cobre), no obstante, son químicos que tienen diversos efectos negativos en el ambiente, sobre todo para cuerpos de agua y la fauna de ellos, o lugares en donde los mantos freáticos no se encuentran muy profundos (INECC, 2004); ambos interrumpen o disminuyen la eficiencia de los ciclos de los nutrientes por afectar a los macro y microorganismos del suelo (Quan-Ying *et al.*, 2009); en concentraciones altas, el fungicida provoca la disminución de porosidad y aireación del suelo, por la muerte de las lombrices que son sensibles a este metal, y por tanto también disminuye la superficie de producción del suelo (Norgrove, 2007); mientras que el herbicida a altas concentraciones afecta a poblaciones de abejas, importantes polinizadores, y a diversas plantas de importancia económica como el jitomate y algodón (INECC, 2004).

Diversos autores proponen utilizar sustancias “amigables con el ambiente” para el control de especies invasoras en ambientes acuáticos y terrestres, dado que no es conveniente agravar los problemas ambientales (McCann *et al.*, 2013). Así se recomienda

el uso de cloro, ácido acético, bicarbonato de sodio, sal, entre otros, como sustancias de menor impacto sobre el ambiente o la biodiversidad a la cual no se quiere dañar, como sucede con los insecticidas, herbicidas y fungicidas (McCann *et al.*, 2013). Sin embargo, aunque el impacto ambiental sea menor, no significa que sea nulo, por ello, para cualquier sustancia se deben de tener medidas de seguridad, planes de manejo adecuados y responsables, para que sea en verdad “un tratamiento de menor impacto”. El bicarbonato de sodio se recomienda usar de la siguiente manera: 1) debe aplicarse en época de secas para que no sea lavado con las lluvias y caiga al suelo 2) la solución debe aplicarse sin generar escurrimientos y/o aplicaciones excesivas, pues se sabe que la sodicidad en los suelos provoca la pérdida de sus propiedades físicas, generan problemas de estrés hídrico para las plantas, alcalinidad del medio y acumulación de micronutrientes tóxicos (Reyes-Matamoros *et al.*, 2002).

Dicho esto, una opción real para controlar *T. recurvata* es la aspersión con bicarbonato de sodio (de manera adecuada y cuidadosa) a pesar de que no es 100% eficaz, un programa adecuado puede reducir la población de esta epífita hasta una densidad deseada sin un costo ambiental.

8. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con esta investigación, permitieron formular las siguientes conclusiones:

1. En la zona silvestre del Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío existe una alta diversidad de especies leñosas perennes (37 especies), y de acuerdo con el Valor de Importancia de cada especie [IVI], en este sitio predominan *Opuntia* spp., *Acacia* spp., y *Mimosa aculeaticarpa*.
2. La incidencia de *Tillandsia recurvata* abarca un cuarto del total de la vegetación leñosa censada (27%, n = 1709), el 78% de ellos se encuentra circundado en el nivel bajo de severidad. La mayoría de estos forofitos pertenecen a la Familia Fabaceae y Cactaceae.
3. El Valor de Importancia de las especies leñosas del Jardín Botánico y las características morfológicas de los forofitos, son factores importantes para poder establecer en cuáles se facilita la colonización de *T. recurvata*. Esta epífita tiene mayor incidencia en forofitos de cortezas rugosas o fisuradas.
4. *T. recurvata* mostró mayor éxito como colonizador en forofitos como *Opuntia* spp., *M. aculeaticarpa*, *Prosopis laevigata*, *Acacia* spp. y *Cylindropuntia* spp.
5. La incidencia de *T. recurvata* para *P. laevigata* se estimó en un 83% del total de individuos de esta especie (n = 35); el 94% de estos forofitos presentan un nivel bajo de severidad y el grado de infestación estimado para *P. laevigata* en todos los cuadros censados fue 164 epífitas por forofito. Por su parte, la incidencia de *T. recurvata* sobre *Opuntia* spp. alcanzó el 25% del total de los individuos de este género (n = 133), el 79% de estos presentó un nivel bajo de severidad y el grado de infestación en todos los cuadros censados fue 162 epífitas por forofito.
6. El grado de infestación tuvo una correlación positiva y significativa con la cobertura de *P. laevigata*. Mientras que en *Opuntia* spp. el grado de infestación tuvo una correlación positiva y significativa con la altura de los individuos.
7. La alta incidencia de *T. recurvata* está vinculada a 4 factores: la alta densidad de la cubierta vegetal de los cuadros censados, los altos Valores de Importancia de las especies, las características morfológicas de cada forofito y la cercanía de los sitios

censados a la zona perturbada del Jardín Botánico (contacto humano), en donde posiblemente la concentración de CO₂ atmosférico es alta, con el cual la epífita presenta crecimiento acelerado y aumento de su biomasa.

8. En el Jardín Botánico, existe una gran cantidad de forofitos potencialmente adecuados para el epífita, y en conjunto con la dispersión anemocórica de la semilla, se está volviendo fitoepidemia y debe ser controlada.
9. La mortalidad de *T. recurvata* fue baja tanto para el control de humedad como para los agroquímicos (30%).
10. Los tratamientos con herbicida y fungicida, tuvieron bajas mortalidades comparables con la de la población del control de agua (30%). No se recomienda su uso por su baja eficiencia y porque son sustancias nocivas para el ambiente y pueden dañar especies que no son el objetivo.
11. El tratamiento con bicarbonato de sodio mostró la mayor efectividad como control químico de la población de *T. recurvata*, mostrando un alto porcentaje de mortalidad (60%), sin embargo, no funciona como preventivo contra el desarrollo de nuevas plántulas.
12. El bicarbonato de sodio es un candidato adecuado para el control de *T. recurvata*, es económico y su toxicidad es menor a las de los agroquímicos, sin embargo, se debe aplicar con el debido cuidado y bajo un manejo adecuado, para no causar sodicidad en el suelo. El mecanismo de acción no se determinó, pero es posible que el sodio provoque un fallo en el mecanismo de apertura y cierre de los estomas en las hojas, por ello, la epífita sufre un déficit hídrico ante las condiciones áridas a las que se encuentra sometida en el Jardín Botánico, hasta que muere.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Dorantes, K.M. (2005). *Cylindropuntia imbricata*. *Cactáceas y suculentas mexicanas* **3**(50), 68-96.
- Aguilar-Rodríguez, S.; Terrazas, T.; Aguirre-León, E.; Huidobro-Salas, M.E. (2007). Modificaciones en la corteza de *Prosopis laevigata* por el establecimiento de *Tillandsia recurvata*. *Bol. Soc. Bot. Méx* **81**, 27-35.
- Alatorre-Rosas, R.; Bravo-Mojica, H.; Leyva-Vásquez, J.L.; Huerta de la Peña, A. (2016). Manejo integrado de plagas. Sagarpa. *Sistema de agronegocios agrícolas*, ficha técnica. Recuperado de:
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf>
Consultado en 03/20/2016 14:13 h.
- American Phytopathological Society, ASP. (2017). Epidemiología de las Enfermedades de las Plantas. Recuperado de:
<http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/Epidemiologia/Pages/default.aspx>
Consultado 02/02/2017 04:00 h.
- Arcos-González, P. (2005). *Capítulo 29. Gestión y control de emergencias epidémicas de PVD*. En Estébanez-Estébanez, P.; Lebas, J.; Matala-Kabangu, T.; López-Zuriaga, C.; Tortosa, J.; Gómez del Prado, J.; Seuquillo, F.; Ibañez, A.; Díaz-Olalla, J.; Garay-Amores, J.; Cruz-Sánchez, T.; Calvo-García, J.; Regidor, E.; Aranaz, J.; Vitaller, J.; Villamediana, M.; Quiroga-Giráldez, I.; Arcos-González, P.; Torrús-Tendero, P.; Corachán, M.; Bornay-Linares, F.; Díez-Ruiz-Navarro, M.; del Amo-Valero, J.; Quintana-Tríos, O.; Pellicer-Lorca, J.; Contreras-Soro, M.; Solar, J.; Navarro, L.; de Onís, M.; Parent, M.; Torres-Cantero, A.; Cabrera, J.; Monsalve, R.; Pascual-Díaz, J. (2005). *Medicina Humanitaria*. España; Díaz de Santos, 506 pp.
- Arriola-Padilla, V.J.; Velasco-Bautista, E.; Hernández-Tejeda, T.; González-Hernández, A.; Romero-Sánchez, M.E. (2013). Los muérdagos verdaderos del arbolado de la Ciudad de México. *Rev. Mex. de Ciencias Forestales* **4**(19), 34-45.

- Assman, S.M. (1993). Signal transduction in guard cells. *Annu. Rev. Cell. Biol.* **9**, 345-375. En Kirkham, M.B. (2011). *Impacts on soil and plant water relations*. Estados Unidos de América; Imprenta CRC del Grupo Taylor y Francis, 399 pp.
- Balmelli, G.; Simeto, S.; Martínez, G.; Torres, D.; Pérez, C.; Fros, D.; Betancur, O. (2009). *Incidencia y severidad de enfermedades y plagas en plantaciones jóvenes de Eucalyptus globulus en las regiones sureste y litoral oeste de Uruguay*. Jornada Técnica "Protección Forestal". Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA, Uruguay, 51-65. Recuperado de: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2342/1/14432251110143531.pdf> Consultado 14/06/2017 15:56 h.
- Bartoli, C.G.; Beltrano, J.; Fernández, L.V.; Caldiz, D.O. (1993). Control of the epiphytic weeds *Tillandsia recurvata* and *Tillandsia aëranthos* with different herbicides. *Forest ecology and management* **59**, 289-294.
- Begon, M.; Riba-Rovira, Harper, J.; Salvador, R. (1988). *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Barcelona, España; Omega, 900 pp.
- Benz, B.W.; Martin, C.E. (2006). Foliar trichomes, boundary layers, and gas exchange in 12 species of epiphytic *Tillandsia* (Bromeliaceae). *Plant physiology* **163**, 648-656.
- Benzing, D.H. (1990). *Vascular epiphytes: general biology and related biota*. Cambridge, Reino Unido; Cambridge University Press, 354 pp.
- Bernal, R.; Valverde, T.; Hernández-Rosas, L. (2005). Habitat preference of the epiphyte *Tillandsia recurvata* (Bromeliaceae) in a semi-desert environment in Central Mexico. *Canadian Journal of Botany* **83**, 1238-1246.
- Bravo-Hollis, H. (1978). *Las cactáceas de México Volumen 1*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México; Dirección General de Publicaciones, 743 pp.
- Butrón-Hernández, M. (2011). Evaluación de Esterón 47*M y 2,4-D Amina, para el control de *Tillandsia recurvata* L. en *Pinus cembroides* Zucc. en el ejido Cuauhtémoc,

- Saltillo, Coahuila. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Cach-Pérez, M.J.; Andrade, J.L.; Reyes-García, C. (2014). La susceptibilidad de las Bromeliaceae epífitas al cambio climático. *Botanical Sciences* **92**, 157-168.
- Cadena-Hinojosa, M.A.; Guzmán-Plazola, R.; Díaz-Valasis, M.; Zavala-Quintana, T. E.; Magaña-Torres, O. S.; Almeyda-León, I. H.; López-Salgado, H.; Rivera-Peña, A.; Rubio-Covarrubias, O. (2003). Distribución, incidencia y severidad del pardeamiento y la brotación anormal de los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en valles altos y sierras de los estados de México. *Revista Mexicana de Fitopatología* **3**(21), 248-259.
- Caldiz, D.O.; Beltrano, J. (1989). Control of the epiphytic weeds *Tillandsia recurvata* and *T. aëranthos* whit Simazine. *Forest ecology and management* **28**, 153-159.
- Caldiz, D.O.; Beltrano, J.; Fernández, L.V.; Andía, I. (1993). Survey of *Tillandsia recurvata* L.: preference, abundance and its significance for natural forests. *Forest Ecology and Management* **57**, 161-168
- Campbell, N.; Reece, J. (2005). *Biología*. (Séptima edición). Madrid, España; Médica Panamericana, 1392 pp.
- Capinera, J.L.; Dickens, K. (2016). Some effects of copper-based fungicides on plant-feeding terrestrial molluscs: A role for repellents in mollusc management. *Crop protection* **83**, 76-82.
- Cárdenas, C. (1971) .Observaciones sobre la tiña (*Tillandsia recurvata* L.) y su control por herbicidas. *Rev. Fac. Agron. Univ. Cent. Venez.* **4**(2), 43-72.
- Cascante-Marín, A.; Wolf, J.H.D.; Oostermeijer, G.B.; den Nijs, J.C.M.; Sanahuja, O.; Durán-Apuy, A. (2006). Epiphytic bromeliad communities in secondary and mature forest in a tropical premontane area. *Basic and applied ecology* **7**, 520-532.

- Castellanos-Vargas, I.; Cano-Santana, Z.; Hernández-López, B. (2009). Efecto de *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae) sobre el éxito reproductivo de *Fouquieria splendens* Engelm. (Fouquieriaceae). *Ciencia Forestal en México* **34**(105), 199-209.
- Ceja-Romero, J.; Espejo-Serna, A.; López-Ferrari, A.R.; Garcíz-Cruz, J.; Mendoza-Ruiz, A.; Pérez-García, B. (2008). Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. *Ciencias* **91**, 36-41.
- Cibrián, D.; Méndez, J.; Campos R.; Yates, H.; Flores, J. (1995). *Insectos forestales de México No. 6*. Universidad Autónoma de Chapingo, México; Comisión Forestal de América del Norte, 453 pp.
- Claver, F.K.; Alaniz, J.R.; Caldiz, D.O. (1983). *Tillandsia spp.*: epiphytic weeds of trees and bushes. *Forest Ecology and Management* **6**, 367-372.
- Comisión Nacional Forestal CONAFOR, Coordinación General de Conservación y Restauración, Gerencia de Sanidad Forestal. (2007). *Manual de sanidad forestal*. México; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, 76 pp.
- Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro CONCyTEQ. (2016). Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes, Ing. Manuel González de Cosío. Recuperado de: <http://concyteq.edu.mx/JB/inicio.html>
Consultado 05/marzo/2016 20:56 h, 24/11/2014 14:17 h, 24/11/2014 4:30 h, 9/03/2012 15:56 h, 09/04/2016 a las 02:04 h.
- Crow, W. Ball Moss. (2000). *Texas Agricultural extension service. The Texas A&M University System*, 4-6.
- Cronquist, A. (1977). *Introducción a la botánica*. (Segunda edición). México; Continental, 848 pp.
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. Nueva York, Estados Unidos de América; Imprenta de la Universidad de Columbia, 1262 pp.

- Curtis, J.T.; McIntosh, R.P. (1951). An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology* **32**, 476-496.
- DeBach, P. (1964). *Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas*. México; Continental, 927 pp.
- Drennan, P.M.; Nobel, S.P. (1996). Temperature influences on root growth for *Encelia farinosa* (Asteraceae), *Pleraphis rigida* (Poaceae) and *Agave deserti* (Agavaceae) under current and doubled carbon dioxide concentrations. *Am. J. Bot.* **83**, 133-139.
- En Kirkham, M.B. (2011). *Impacts on soil and plant water relations*. Estados Unidos de América; Imprenta CRC del Grupo Taylor y Francis 399 pp.
- Escutia-Sánchez, J.A. 2009. Heterogeneidad arquitectónica y microclimática en forofitos y distribución espacial de *Tillandsia recurvata* en un sistema semiárido. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Fernández-Monteiro, J.A.; Zotz, G.; Körner, C. (2009). Tropical epiphytes in a CO₂-rich atmosphere. *Oecologia* **35**, 60-68.
- Fontoura, T.; Vizzoni-Scudeller, V.; Ferreira da Costa, A. (2012). Floristics and environmental factors determining the geographic distribution of epiphytic bromeliads in the brazilian atlantic rain forest. *Flora* **207**, 662-672.
- García, A. (1991). La dispersión de las semillas. *Ciencias* **24**, 1-6.
- Gil-Sánchez, L.; Torre-Antón, M.; Picardo-Nieto, A. (2007). *Atlas forestal de Castilla y León Volumen I*. Valladolid, España; Consejería de medio ambiente, 388 pp.
- Giraldo-Ávila, G. (2003). Manejo integrado de plagas-MIP. Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. Proyecto Comunidades y Cuencas. 19 pp. Recuperado de:
http://teca.fao.org/sites/default/files/technology_files/MANEJO%20INTEGRADO%20DE%20PLAGAS.pdf
Consultado 05/02/2017 13:43 h.

- Gola, G.; Negri, G.; Cappelletti, C. (1959). *Tratado de botánica*. (Segunda edición). España; Labors, 1160 pp.
- González-Medrano, F. (2012). *Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación*. México; Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, INE, 175 pp.
- Granados-Sánchez, D.; López-Ríos, G.F.; Hernández-García, M.A.; Sánchez-González, A. (2003). Ecología de las plantas epífitas. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **9**(2), 101-111.
- Henry, J.G.; Heinke, G.W. (1999). *Ingeniería ambiental*. Prentice Hall; México, 800 pp.
- Hernández-Rosas, L. 2003. Patrón de germinación y establecimiento de plántulas de *Tillandsia recurvata* L.; una contribución al estudio de su dinámica metapoblacional. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F.
- Hutchinson, J. (1973). *The families of flowering plants*. (Tercera edición). Londres, Inglaterra; Imprenta de la Universidad de Oxford,
- Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal INAFED, Secretaría de Gobierno SEGOB. (2010). *Enciclopedia de los estados y delegaciones de México. Estado de Querétaro de Arteaga, Cadereyta de Montes*. Recuperado de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM22queretaro/municipios/22004a.html>
- Consultado 27/07/2016 15:33 h.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC. (2016). Hojas de seguridad, incluidas en el catálogo 2004 de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, y Sustancias Tóxicas CICOPLAFEST.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP. (2007). *Principales plantas parásitas y epífitas e insectos que atacan a los bosques de coníferas del Estado de Nuevo León*. Folleto Técnico Número 36. México.

- Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, INEGI. (2000). Diccionario de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Climáticos (Vectorial). Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/clima/doc/dd_climaticos_1m_250k.pdf
Consultado 02/09/2017 19:53 h.
- Kennet, A.K. (1973). *Quantitative and dynamic plant ecology*. Londres, Inglaterra ;Edward Arnold Ltd, 309 pp.
- Lou, Y.; Nobel, P.S. (1993). Growth characteristics of newly initiated cladodes of *Opuntia ficus-indica* as affected by shading, drought and elevated carbon dioxide. *Physiol. Plant* **87**, 467-474. En Kirkham, M.B. (2011). *Impacts on soil and plant water relations*. Estados Unidos de América; Imprenta CRC del Grupo Taylor y Francis, 399 pp.
- Lowman, M.; Downey, L.; Farres, A.; Mermin, E. (1999). Abundance and mortality of two epiphytic *Tillandsia* (Bromeliaceae) in a Florida Hammock. *Journal of the Bromeliad Society* **49**(1), 25-28.
- Machado-Assefh, C.R.; Collavino, N.G.; Daz, M.; Pocoví, M.I.; Mariotti, J. (2013). La actividad peroxidasa en caña de azúcar (*Saccharum* spp.): evolución temporal de la reacción y su posible rol en la resistencia a la roya marrón (*Puccinia melanocephala*, H&P Sydow). *RIA* **30**(2), 169-175.
- Martínez, M. (1994). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. México; Fondo de Cultura Económica, 1220 pp.
- Martínez-Guevara, A. (2014). Evaluación del método mecánico para el control de *Tillandsia recurvata*, en el ejido Cuauhtémoc, Saltillo, Coahuila. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Martínez, M.; Matuda, E. (1979). *Flora del Estado de México Tomo III*. México; Biblioteca enciclopédica del Estado de México, 74-76, 1547 pp.
- Martínez-Orea, Y.; Castillo-Agüero, S.; Guadarrama-Chávez, P. (2009). La dispersión de frutos y semillas y la dinámica de comunidades. *Ciencias* **96**, 38-41.

- Mazari, M. (2014). Agricultura y contaminación del agua, Rosario Pérez Espejo y Alonso Aguilar (coords.). IIEC-UNAM, 2012. Reseñas. *Revista Latinoamericana de Economía* **45**(177), 199-201.
- McCann, L.D.; Holzer, K.K.; Davidson, I. C.; Ashton, G.V.; Chapman, M.D.; Ruiz, G.M. (2013). Promoting invasive species control and eradication in the sea: Options for managing the tunicate invader *Didemnum vexillum* in Sitka, Alaska. *Marine Pollution Bulletin* **77**, 165-171
- McVaugh, R. (1989). *Flora novo-galiciana: A descriptive account of the vascular plants of western México Volume 15: Bromeliaceae to Discoraceae*. Herbario Ann Arbor de la Universidad de Michigan, Estados Unidos de América; Anderson, W., 398 pp.
- McVaugh, R. (1989). *Flora novo-galiciana: A descriptive account of the vascular plants of western Mexico Volume 5 Leguminosae*. Herbario Ann Arbor de la Universidad de Michigan, Estados Unidos de América; Anderson, W., 786 pp.
- Montaña, C.; Dirzo, R; Flores, A. (1997). Structural parasitism of an epiphytic Bromeliad upon *Cercidium praecox* in an intertropical semiarid ecosystem. *Biotropica* **29**, 517-521.
- Montes-Recinas, S.; Márquez-Guzmán, J.; Orozco-Segovia, A. (2012). Temperature and water requirements for germination and effects of discontinuous hydration on germinated seed survival in *Tillandsia recurvata* L. *Plant Ecol.* **213**, 1069-1079.
- Moron-Torres, D.; Aragonés-Suárez, P.; Ugalde de la Cruz, Y.H.; Sánchez-Martínez, E.; Altamirano-Vázquez, H.; Maruri-Aguilar, B. *Control de Paxtle con bicarbonato de sodio, Manual de Manejo*, en prep.
- Nilson, S.E.; Assman, S.M. (2007). The control of transpiration insights from *Arabidopsis*. *Plant Pysiol* **143** (1), 19-27. En Kirkham, M.B. (2011). *Impacts on soil and plant water relations*. Estados Unidos de América; Imprenta CRC del Grupo Taylor y Francis, 399 pp.

- Norgrove, L. (2007). Effects of different copper fungicide application rates upon earthworm activity and impacts on cocoa yield over four years. *European Journal of Soil Biology* **43**, S303-310.
- Páez-Gerardo, L.E.; Aguilar-Rodríguez, S.; Terrazas, T.; Huidobro-Salas, M.E.; Aguirre-León, E. (2005). Cambios anatómicos en la corteza de *Parkinsonia praecox* (Ruiz et Pavón) Hawkins causados por la epífita *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae). *Bol. Soc. Bot. Méx.* **77**, 59-64.
- Pett-Ridge, J.; Silver, W. (2002). Survival, growth and ecosystem dynamics of displaced Bromeliads in a montane tropical forest. *Biotropica* **34**(2), 211-224.
- Quan-Ying, W.; Dong-Mei, Z.; Long, C. (2009). Microbial and enzyme properties of apple orchard soil as affected by long-term application of copper fungicide. *Soil Biology & Biochemistry* **41**, 1504-1509.
- Queijeiro-Bolaños, M.E.; Cano-Santana, Z. (2015). Dinámica temporal de la infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*) en Zoquiapan (Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl), México. *Ciencia UAT* **9**, 6-14.
- Queijeiro-Bolaños, M.E.; Cano-Santana, Z.; Castellanos-Vargas, I. (2011). Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre *Pinus hartwegii* en el área natural protegida "Zoquiapan y Anexas", Estado de México. *Acta Botánica Mexicana* **96**, 49-57.
- Quiroga-Giráldez, I. (2005). *Capítulo 28. El Sarampión*. En Estébanez-Estébanez, P.; Lebas, J.; Matala-Kabangu, T.; López-Zuriaga, C.; Tortosa, J.; Gómez del Prado, J.; Seuquillo, F.; Ibañez, A.; Díaz-Olalla, J.; Garay-Amores, J.; Cruz-Sánchez, T.; Calvo-García, J.; Regidor, E.; Aranaz, J.; Vitaller, J.; Villamediana, M.; Quiroga-Giráldez, I.; Arcos-González, P.; Torrús-Tendero, P.; Corachán, M.; Bornay-Linares, F.; Díez-Ruiz-Navarro, M.; del Amo-Valero, J.; Quintana-Tríos, O.; Pellicer-Lorca, J.; Contreras-Soro, M.; Solar, J.; Navarro, L.; de Onís, M.; Parent,

- M.; Torres-Cantero, A.; Cabrera, J.; Monsalve, R.; Pascual-Díaz, J. (2005). *Medicina Humanitaria*. España; Díaz de Santos, 506 pp.
- Ramírez-Padilla, C.A. (2008). Análisis de la dispersión de semillas en una metapoblación de la epífita *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae) a través del uso de microsatelites. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Reyes-Matamoros, J.M., Vázquez-Ramírez, R., Trémols-González, A.J. (2002). *Introducción a la Agroquímica*. Puebla, México; Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Dirección General de Fomento Editorial, 75 pp.
- Rosales-Robles, E.; Esqueda-Esquivel, V. (2016). Clasificación y uso de los herbicidas por su modo de acción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria SENASICA. 16 pp. Recuperado de:
www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp%3FIdDocumento%3D19766%26IdUrl%3D31595+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx
Consultado 10/08/2016 20:25 h.
- Ruiz-Cordova, J.P.; Toledo-Hernández, V.H.; Flores-Palacios, A. (2014). The effect of substrate abundance in the vertical stratification of bromeliad epiphytes on a tropical dry forest (Mexico). *Flora* **209**, 375-384.
- Rzedowski, J; Rzedowski, G. (1979). *Flora Fanerogámica del Valle de México Volumen 1*. México D.F.; Continental, 1406 pp.
- Salinas-Quinard, R. (1982). *Enfermedades forestales de México*. Informe presentado en la XV Reunión del grupo de estudio sobre insectos y enfermedades forestales de Acapulco, Gro. *Ciencia Forestal* **35** (7), 21-30.
- Sangüesa-Barreda, G.; Camarero-Martínez, J.J. (2009). Efectos del muérdago y del clima sobre el crecimiento secundario del pino silvestre. Quinto Congreso Forestal Español.

- Scheinvar, L. (2004). *Flora cactológica del estado de Querétaro: diversidad y riqueza*. México; Fondo de cultura económica, 390 pp.
- Smith, T.; Smith, R. (2007). *Ecología*. (Sexta edición). España; Pearson education, 771 pp.
- Southwood, T.R.E. (1978). *Ecological methods*. Londres, Inglaterra; Chapman and Hall, 255 pp.
- Stevens, G. (1987). Lianas as structural parasites: the *Bursera simaruba* example. *Ecology* **68**, 77-81.
- Strasburger, E. (1985). *Tratado de botánica*. (Primera reimpresión). Barcelona, España; Omega, 1098 pp.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal Volumen 2*. (Tercera edición). España; Universitat Jaume, 1338 pp.
- Torres-Espinosa, L.M. (2012). Control de *Tillandsia recurvata* en bosques de Pinus cembroides del estado de Coahuila. Folleto técnico. Sanidad Forestal y Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP, México.
- Torres-Espinosa, L.M.; Flores-Flores, J.D. (2012) Manual de aplicación de productos químicos para el control del heno de mota *Tillandsia recurvata* L. Folleto técnico. Sanidad Forestal y Agrícola. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP. México.
- Valencia-Díaz, S.; Flores-Palacios, A.; Rodríguez-López, V.; Ventura-Zapata, E.; Jiménez, A.R. (2010). Effect of host-bark extracts on seed germination in *Tillandsia recurvata*, an epiphytic bromeliad. *Tropical Ecology* **26**(6), 571-581.
- Wester, S.; Zotz, G. (2010). Growth and survival of *Tillandsia flexuosa* on electrical cables in Panama. *Tropical Ecology* **26**, 123-126.
- Winkler, M.; Hülber, K.; Hietz, P. (2007). Population dynamics of epiphytic bromeliads: Life strategies and role of host branches. *Basic and applied ecology* **8**, 183-196.

- Yang-han, L. (1996). *Capítulo 7 Malezas parasíticas*. En Labrada, R.; Caseley, J.C.; Parker, C. (1996). *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Estudio FAO de producción y protección vegetal 120, Roma, Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura FAO. Recuperado de:
<http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s00.htm#Contents>
Consultado 20/0712:50 h.
- Zarco-Espinosa, V.M.; Voldez-Hernández, J.I.; Ángeles-Pérez, G.; Castillo-Acosta, O. (2010). Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia* **26** (1):1, 1-17.
- Zotz, G. (2005). Differences in vital demographic rates in three populations of the epiphytic bromeliads, *Werauhia sanguinolenta*. *Oecologica* **28**, 306-312.

ANEXO 1

Metadatos: Fecha _____ # de cuadro _____
 Coordenadas (grados, min y seg. latitud y longitud) _____
 Participantes: _____

Registro de planta (#)	Especie o colecta	Eje X (cm)	Eje Y (cm)	Coordenadas geográficas de la planta	Altura de la planta (cm)	Diámetro N-S x E-O (cobertura en cruz, cm)	Presencia de <i>Tillandsia recurvata</i> SI/NO (incidencia)	Niveles de severidad (Bajo, medio, alto)

Figura 31. Formato de captura para el diagnóstico de la infestación y frecuencia.

Datos generales del individuo			Datos generales de la copa del individuo											
Cuadro al que pertenece	# de individuo	Altura (cm)	Dm R1A (mm)	# de T. en R1A	Dm R2A (mm)	# de R2A	Dm R1M (mm)	# de T. en R1M	Dm R2M (mm)	# de T. en R2M	Dm R1B	# de T. en R1B	Dm R2B	# de T. en R2B

Figura 32. Formato de captura para *Prosopis laevigata*.

ESPECIFICACIONES DE LA FIGURA 34: ABREVIACIONES

- Dm R1A = diámetro de la rama 1 en el estrato alto
- # de T. en R1A = número de *T. recurvata* en la rama 1 del estrato alto
- Dm R2A = diámetro de la rama 2 en el estrato alto
- # de T. en R2A = número de *T. recurvata* en la rama 2 del estrato alto
- Dm R1M = diámetro de la rama 1 en el estrato medio
- # de T. en R1M = número de *T. recurvata* en la rama 1 del estrato medio
- Dm R2M = diámetro de la rama 2 en el estrato 2 medio
- # de T. en R2M = número de *T. recurvata* en la rama 2 del estrato medio
- Dm R1B = diámetro de la rama 1 en el estrato bajo
- # de T. en R1B = número de *T. recurvata* en la rama 1 del estrato bajo
- Dm R2B = diámetro de la rama 2 en el estrato bajo
- # de T. en R2B = número de *T. recurvata* en la rama 2 del estrato bajo

Datos generales del individuo			Datos generales de la copa del individuo											
Cuadro al que pertenece	# de individuo	Altura (cm)	# PC en E1A (mm)	# de T. en E1A	# PC en E2A (mm)	# de T. en E2A	# PC en E1M (mm)	# de T. en E1M	# PC en E2M (mm)	# de T. en E2M	# PC en E1B	# de T. en E1B	# PC en E2B	# de T. en E2B

Figura 33. Formato de captura de *Opuntia* spp.

ESPECIFICACIONES DE LA FIGURA 33: ABREVIACIONES

- # PC en E1A = número de pencas en el estrato 1 alto
- # de T. en E1A = número de *T. recurvata* en la rama 1 del estrato alto
- #PC en E2A = número de pencas en el estrato 2 alto
- # de T. en E2A = número de *T. recurvata* en la rama 2 del estrato alto
- # PC en E1M = número de pencas en el estrato 1 medio
- # de T. en E1M = número de *T. recurvata* en la rama 1 del estrato medio
- #PC en E2M = número de pencas en el estrato 2 medio
- # de T. en E2M = número de *T. recurvata* en la rama 2 del estrato medio
- # PC en E1B = número de pencas en el estrato 1 bajo
- # de T. en E1B = número de *T. recurvata* en la rama 1 del estrato bajo
- # PC en E2B = número de pencas en el estrato 2 bajo
- # de T. en E2B= número de *T. recurvata* en la rama 2 del estrato bajo

Cuadro al que pertenece	# de individuo o especie	Clave de la rama	# de Tillandsia	Diametro en cruz de Tillandsia (N-S x E-O)

Figura 34. Formato de captura para *Tillandsia recurvata* y para el control de la población de la epífita sobre *Prosopis laevigata*.

ANEXO 2

Listado de todas las especie leñosas registradas en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío

A

Agavaceae

Agave spp. L.

Yucca sp.

Anacardiaceae

Schinus molle L.

Asteraceae

Archibaccharis serratifolia (Kunth.) S. F. Blake.

Baccharis heterophylla Kunth.

Baccharis sordescens DC.

Brickellia veronisifolia (Kunth.) Gray.

Eupatorium scorodonioides A. Gray.

Perymenium mendezii DC.

Tagetes aff. lucida Cav.

Titonia tubeiformis (Jacq.) Cass.

Trixis angustifolia DC.

C

Cactaceae

Cylindropuntia imbricata (Haw.) F.M. Knuth.

C. leptocaulis (DC.) F.M. Knuth.

Opuntia cantabrigiensis Lynch.

O. robusta Wendland in Pfeiffer.

O. streptacantha Lemaine.

O. tomentosa Salm-Dyck.

E

Euphorbiaceae

Jatropha dioica Sessé.

Ericaceae

Rhododendrum sp. L.

F

Fabaceae

Acacia farnesiana (L.) Willd.

A. schaffneri (S. Watson.) F.J. Herm.

Calliandra humilis Benth.

Dalea bicolor Humb. & Bonpl. Ex Willd.

D. foliolosa (Ait.) Barneby.

Eysenhardtia polystachya (Ort.) Sarg.

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit.

Marina neglecta (B. L. Rob.) Barneby.

M. nutans (cav.) Barneby.

Mimosa aculeaticarpa Ortega.

Prosopis laevigata Humb.et Bonpl. ex Willd.

K

Koeberliniaceae

Koeberlinia spinosa

M

Malvaceae

Sphaeralcea angustifolia (Cav.) G. Don.

O

Oleaceae

Forestiera angustifolia Torr.

R

Rhamnaceae

Condalia sp. Cav.

Karwinskia humboltiana (Schult.) Zucc.

S

Sapindaceae

Dodonea viscosa (L.) Jacq.

Scropulariaceae

Penstemon sp. Schmidel.

Simaroubaceae

Castela tortuosa Liebm.

V

Verbenaceae

Lippia graveolens Kunth.

ANEXO 3

Género o especie	Clave sp.	Frec. Ap.	Cob. Todos	Cob. ES	Cob. DE.	Cob. Prop.	Casos T rec.	Esperados	X ²	Res. Est.	P
<i>Perimenium</i> sp.	33	11	3052.44	1600.72	5309.00	26.98	1	41.79	39.82	0.31	0.0000002
<i>Prosopis laevigata</i>	35	35	3823.44	658.34	4004.56	33.80	29	52.35	10.41	12.99	0.0430369
<i>Condalia</i> sp.	13	15	2294.93	390.53	1512.55	20.29	10	31.42	14.60	4.40	0.002
<i>Yucca</i> sp.	43	29	1246.18	378.93	2040.62	11.01	4	17.06	10.00	2.23	0.009
<i>Castela tortuosa</i>	12	20	1625.03	207.69	928.84	14.36	13	22.25	3.84	9.38	0.27
<i>Karwinska humboldtiana</i>	24	7	669.60	201.91	534.20	5.92	5	9.16	1.89	5.28	0.40
<i>Trixis angustifolia</i>	41	25	833.765	182.25	911.25	7.37	6	11.41	2.57	5.51	0.31
<i>Leucaena leucocephala</i>	26	2	775.28	159.53	225.61	6.85	1	10.61	8.71	0.64	0.01
<i>Marina</i> sp.	28	32	536.56	106.57	665.54	1.03	9	1.60	34.02	-5.55	0.18
<i>Cylindropuntia</i> spp.	14	45	323.05	97.16	651.82	0.62	12	0.96	125.83	-11.13	0.00005
<i>Acacia</i> spp.	1	364	1036.01	79.84	1523.34	2.00	49	3.10	679.08	-25.94	0.000001
<i>Opuntia</i> spp.	31	528	806.76	69.87	1610.23	1.55	133	2.41	7058.99	-83.98	0
<i>Mimosa acualiticarpa</i>	29	384	1138.85	67.55	1323.72	2.20	171	3.41	8236.33	-90.71	0
<i>Dalea</i> spp.	15	82	339.96	41.01	408.09	0.65	2	1.017	0.94	0.07	0.3

Cuadro 2. Tabla de contingencia de forofitos leñosos infestados por *Tillandsia recurvata*, censados en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío.

ESPECIFICACIONES DEL CUADRO 2: ABREVIACIONES

- **Frec. Ap:** Frecuencia de aparición del individuo en el censo.
- **Cob todos:** Cobertura total (cm) de todos los individuos de la especie (indicados en cada celda) en las parcelas censadas en el Jardín Botánico.
- **Cob ES:** Error estandar de la cobertura de los individuos censados.
- **Cob DE:** Desviación estandar de la cobertura de los individuos censados.
- **Cob Prop:** Proporción (%) de la cobertura de la especie en las parcelas censadas en el Jardín Botánico.
- **Casos T.rec:** Número de individuos con presencia de *T. recurvata* en cada especie censada.
- **Rest. Est:** Residuos estandarizados de cada especie.

ANEXO 4

Espece	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Cobertura relativa	IVI
<i>Opuntia</i> spp.	32.3727774	95.4545455	1.95693091	43.2614179
<i>Acacia</i> spp.	22.3175966	72.7272727	2.51301674	32.5192953
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	27.0386266	54.5454545	2.76247302	28.1155181
<i>Cylindropuntia</i> spp.	2.69773145	54.5454545	0.78361932	19.3422684
<i>Prosopis laevigata</i>	2.14592275	40.9090909	9.27435531	17.443123
<i>Castela tortuosa</i>	1.22624157	40.9090909	3.94176062	15.359031
<i>Perymenium mendezii</i>	0.67443286	36.3636364	7.40417682	14.814082
<i>Dalea</i> spp.	0.53317536	36.3636364	0.82463356	12.5738151
<i>Yucca</i> spp.	1.77805028	31.8181818	3.02281731	12.2063498
<i>Schinus molle</i>	0.24524831	9.09090909	26.9781481	12.1047685
<i>Forestiera angustifolia</i>	2.08461067	31.8181818	1.88378718	11.9288599
<i>Condalia</i> spp.	0.88862559	27.2727273	5.56670015	11.2426843
<i>Marina</i> spp.	1.96198651	22.7272727	1.30152557	8.66359493
<i>Trixis angustifolia</i>	1.53280196	18.1818182	2.02242342	7.24568119
<i>Dodonea viscosa</i>	0.30656039	13.6363636	3.23368611	5.72553671
<i>Archibaccharis serratifolia</i>	0.73574494	13.6363636	1.26083726	5.21098195
<i>Lippia graveolens</i>	0.18393624	13.6363636	1.80023081	5.20684356
<i>Baccharis sordesens</i>	0.06131208	13.6363636	1.62094326	5.10620632
<i>Koeberlinia spinosa</i>	0.06131208	4.54545455	9.9035008	4.83675581
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.24524831	9.09090909	3.16318358	4.16644699

<i>Karwinska humboltiana</i>	0.42918455	9.09090909	1.62423001	3.71477455
<i>Eupatorium scorodonioides</i>	0.12262416	4.54545455	3.33869109	2.66892326
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.12262416	4.54545455	1.88057372	2.18288414
<i>Calliandra humilis</i>	0.06131208	4.54545455	1.52577707	2.04418123
<i>Azalea sp.</i>	0.06131208	4.54545455	0.27433467	1.62703377
<i>Brickellia veronisifolia</i>	0.06131208	4.54545455	0.13764361	1.58147008

Cuadro 3. Valor de Importancia de todas las especies leñosas censadas en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes Ing. Manuel González de Cosío. Los datos de presentan ordenados de mayor a menor valor.

ANEXO 5

Resultados de la múltiple regresión

1) Correlación del grado de infestación [vs] la densidad de la vegetación leñosa en los cuadros censados en donde se distribuyen las especies de interés.

Parámetros estimados en *Opuntia* spp.

Términos	Estimados
Variable dependiente	Grado de infestación
Grados de libertad	15
R	0.085221998
R2	0.00726245
R2 ajustada	-0.05892006
F (15)	0.10979
P	0.74503
Error estándar del estimado	28.925

Términos	Beta	Error estándar de Beta	B	Error estándar de B	t (15)	P-nivel
Intercepto	----	----	7.228529	10.5107	0.687731	0.502119
Densidad	0.08522	0.25726	0.234308	0.70732	0.331261	0.74503

Parámetros estimados en *Prosopis laevigata*.

Términos	Estimados
Variable dependiente	Grado de infestación
Grados de libertad	6
R	0.39927154
R2	0.15941776
R2 ajustada	0.01932072
F (6)	1.1379
P	0.32712
Error estándar del estimado	29.371

Términos	Beta	Error estándar de Beta	B	Error estándar de B	t (6)	P-nivel
Intercepto			6.00615	17.10522	0.35113	0.737492
Densidad	0.399272	0.374295	0.943908	0.88486	1.066728	0.327124

2) Correlación del grado de infestación [vs] la altura de las especies de interés.

Parámetros estimados en *Opuntia* spp.

Términos	Estimados
Variable dependiente	Grado de infestación
Grados de libertad	131
R	0.23342
R2	0.05448497
R2 ajustada	0.0472673
F (131)	7.5488
P	0.00685
Error estándar del estimado	3469.5

Términos	Beta	Error estándar de Beta	B	Error estándar de B	t (131)	P-nivel
Intercepto			-1082.96	805.706	-1.34411	0.181236
Altura	0.23342	0.084957	941.52	342.6821	2.74751	0.006851

Parámetros estimados en *Prosopis laevigata*.

Términos	Estimados
Variable dependiente	Grado de infestación
Grados de libertad	27
R	0.03967503
R2	0.00157411
R2 ajustada	-0.0354046
F (27)	0.0425679
P	0.838089
Error estándar del estimado	6513.69798

Términos	Beta	Error estándar de Beta	B	Error estándar de B	t (27)	P-nivel
Intercepto			1525.665	4251.662	0.35884	0.722506
Altura	0.039675	0.192299	324.305	1571.853	0.20632	0.838089

3) Correlación del grado de infestación [vs] la cobertura de las especies de interés.

Parámetros estimados en *Opuntia* spp.

Términos	Estimados
Variable dependiente	Grado de infestación
Grados de libertad	131
R	0.03836
R2	0.0014720
R2 ajustada	-0.006150
F (131)	0.19312
P	0.66106
Error estándar del estimado	3566.2

Términos	Beta	Error estándar de Beta	B	Error estándar de B	t (131)	P-nivel
Intercepto			984.8705	312.2883	3.15372	0.001999
Cobertura	-0.038367	0.087306	-0.003	0.0068	-0.4394	0.661056

Parámetros estimados en *Prosopis laevigata*.

Términos	Estimados
Variable dependiente	Grado de infestación
Grados de libertad	27
R	0.51612606
R2	0.26638611
R2 ajustada	0.23921523
F (27)	9.8041
P	0.00416
Error estándar del estimado	5583.5

Términos	Beta	Error estándar de Beta	B	Error estándar de B	t (27)	P-nivel
Intercepto			-			
Intercepto			899.954	1470.841	-0.6118	0.001999
Cobertura	0.5116126	0.164836	76.452	24.416	3.13115	0.661056

ANEXO 6

Modelo Lineal Generalizado (GLIM)

Respuesta: T4

Distribución: Binomial

Función: Logit

Método de estimación: Máxima posibilidad

Observaciones = 139

Prueba completa del modelo

Modelo	Probabilidad -log	I-D Chi Cuadrada	Grados de libertad	P > Chi Cuadrada
Diferencia	47.9378843	95.8758	4	<.0001*
Completo	302.276724			
Reducido	350.214608			

Bondad de ajuste Estadística	Chi Cuadrada	Grados de libertad	P > Chi Cuadrada
Pearson	318.1884	134	<.0001*
Desviación	368.3555	134	<.0001*

AICc
615.0046

Prueba de efecto

Fuente	Grados de libertad	I-D Chi Cuadrada	P > Chi Cuadrada
Tratamiento	4	95.875769	<.0001*

Parámetros estimados

Términos	Estimado	Error Estándar	D-I Chi Cuadrada	P > Chi Cuadrada
Intercepto	0.6179947	0.054253	136.56011	<.0001*
Tratamiento [agua]	0.504715	0.112434	21.431978	<.0001*
Tratamiento [bicarbonato de sodio]	-0.829304	0.1001976	69.109936	<.0001*
Tratamiento [control]	-0.307275	0.1084197	7.9212067	0.0049*
Tratamiento [fungicida de cobre]	0.3703817	0.1061114	12.648239	0.0004*

Prueba de contrastes

1) Contraste de la sobrevivencia de *Tillandsia recurvata* con aplicación de herbicida contra la sobrevivencia de *Tillandsia recurvata* con aplicación de fungicida

Nivel

Tratamiento [agua]	0.6666666667
Tratamiento[bicarbonato de sodio]	0
Tratamiento [control]	0.3333333333
Tratamiento [fungicida de cobre]	-0.5
Tratamiento [herbicida]	-0.5
Valor	-0.081880188

Nivel	
Error estándar	0.12861813
Chi Cuadrada	0.4052782299
P > Chi Cuadrada	0.5243758714
Probabilidad -Log	.
.	
Grados de libertad	1
I-D Chi Cuadrada	0.4052782299
P > Chi Cuadrada	0.5243758714

2) Contraste de la sobrevivencia de *T. recurvata* con la aplicación de agua contra la sobrevivencia con aplicación de agroquímicos (fungicida y herbicida)

Nivel	
Tratamiento [agua]	1
Tratamiento[bicarbonato de sodio]	0
Tratamiento [control]	0
Tratamiento [fungicida de cobre]	-0.5
Tratamiento [herbicida]	-0.5
Valor	0.1887831513
Error estándar	0.1545656028
Chi Cuadrada	1.5084750633
P > Chi Cuadrada	0.2193719257
Probabilidad -Log	303.03096141

Probabilidad -Log	303.03096141
Grados de libertad	1
I-D Chi Cuadrada	1.5084750633
P > Chi Cuadrada	0.2193719257

3) Contraste de la sobrevivencia de *T. recurvata* con el bicarbonato de sodio contra el resto de los tratamientos

Nivel	
Tratamiento [agua]	-0.25
Tratamiento [bicarbonato de sodio]	1
Tratamiento [control]	-0.25
Tratamiento [fungicida de cobre]	-0.25
Tratamiento [herbicida]	-0.25
Valor	-1.036629769
Error estándar	0.1252470012
Chi Cuadrada	69.109936171
P > Chi Cuadrada	9.312501e-17
Probabilidad -Log	336.83169196

Probabilidad -Log	336.83169196
Grados de libertad	1
I-D Chi Cuadrada	69.109936171
P > Chi Cuadrada	9.312501e-17

ANEXO 7

Rama/ Tiempo	Tratamiento																								
	Control poblacional					Control de humedad					Bicarbonato de sodio					Fungicida de cobre					Herbicida 2,4-D				
	T0	T1	T2	T3	T4	T0	T1	T2	T3	T4	T0	T1	T2	T3	T4	T0	T1	T2	T3	T4	T0	T1	T2	T3	T4
1	6	11	9	9	9	45	99	42	59	61	89	71	1	3	1	33	47	40	33	49	11	14	11	10	12
2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	2	3	2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	3	4	12	10	9	9	12	9	9	6	9	8	7	13	6	7	9	9	6	10	8	15
4	1	1	1	5	1	60	59	46	52	64	1	2	1	1	3	1	1	0	0	0	2	2	2	2	2
5	50	99	28	74	8	13	8	7	7	6	22	16	45	18	13	39	43	32	30	38	63	100	53	71	74
6	24	16	24	31	26	5	5	6	4	4	14	9	9	4	8	44	42	58	29	45	5	5	5	5	5
7	3	3	3	3	3	17	25	18	11	13	3	3	3	4	5	10	14	14	10	7	4	4	4	3	3
8	65	81	70	40	47	16	19	18	18	20	9	11	9	6	2	7	11	10	8	7	6	7	7	4	6
9	8	65	5	4	4	2	2	2	2	2	39	46	43	33	35	13	15	16	15	12	23	22	23	16	14
10	2	2	2	2	2	4	13	13	9	9	4	3	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
11	2	1	2	1	2	9	13	14	10	13	4	3	3	1	1	3	4	3	9	3	7	3	4	0	6
12	29	22	0	0	0	47	16	0	0	0	7	2	4	1	0	20	16	8	14	20	19	13	17	12	13
13	3	6	3	3	6	24	31	30	18	28	17	8	6	5	8	19	17	15	14	14	32	28	23	22	19
14	5	5	3	3	3	9	11	7	5	5	23	26	5	16	7	26	23	25	24	29	7	12	14	12	9
15	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	22	14	10	10	7	23	30	19	18	20	13	14	18	14	15
16	15	11	10	11	11	15	15	10	14	16	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	4	4	5	4	4	5	3	3	3	3	5	4	5	3	4	21	18	17	18	17	24	26	21	18	24
18	23	26	12	14	24	4	6	5	4	3	2	1	1	1	1	5	6	2	3	3	2	3	4	3	5
19	18	15	15	11	16	21	14	10	9	13	5	8	5	4	5	9	13	6	6	6	11	5	3	4	4
20	7	7	9	9	8	20	18	16	19	19	15	7	18	8	6	13	19	17	2	16	7	9	9	9	6
21	6	5	6	6	6	22	28	26	21	25	5	5	2	5	5	9	9	12	8	11	7	6	3	5	5
22	5	5	5	6	5	8	10	7	5	6	3	4	4	2	3	3	7	4	4	6	2	2	1	2	1
23	10	14	4	10	10	13	12	11	10	10	5	4	5	2	2	10	11	8	6	10	7	8	7	5	6
24	6	7	1	5	6	34	38	0	0	0	7	10	6	6	3	9	7	7	5	9	10	10	7	5	4
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	17	14	11	12	29	30	21	21	26	46	46	0	0	0
26	7	9	12	9	9	1	1	4	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
27	1	1	1	1	1	2	5	4	2	3	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	5	5	6	6	5
28	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	1	0	1	5	4	2	4	3	2	1	2	1	3
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	5	4	2	2	3	3	16	3	2	2	1	1	1	1

Cuadro 4. El reclutamiento de plántulas de *Tillandsia recurvata* (sobre las ramas de *P. laevigata*) en el tiempo, registradas en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta de Montes.

NOTAS DEL CUADRO 4:

- La figura muestra los datos tomados desde el tiempo cero establecido (T0), hasta la última medición en el tiempo cuatro (T4); se observa en la cuadrícula el número de individuos de *T. recurvata* contados mes con mes sobre las ramas de los 29 árboles de la muestra, esto para cada tratamiento aplicado.