

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

ESTUDIO ECOLÓGICO DE LAS PLANTAS PARÁSITAS EN UN MATORRAL

XERÓFILO DE LA COSTA DE SONORA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CON OPCIÓN EN:

RECURSOS NATURALES TERRESTRES

PRESENTA:

THELMA SOFÍA RODRÍGUEZ PACHECO

Hermosillo, Sonora

Octubre, 2014

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Thelma Sofía Rodríguez Pacheco la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Licenciado en Biología con Opción en recursos naturales terrestres.

Nombre

Dr. Francisco Molina Freaner

M.C. Gilberto Solís Garza

Sinodal Secretario

Dra. Corina Hayano

Sinodal

Dra. Reyna A. Castillo Gámez

Suplente

DEDICATORIA

A mis padres y mejores amigos, Elma Pacheco y Raúl Rodríguez, por su amor y apoyo incondicional.

A mi querido abuelito, Manuel Bernardo Pacheco, el hombre más sabio que he tenido la fortuna de conocer. Por sus palabras siempre llenas de conocimiento y ánimo.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Sonora y la Licenciatura en Biología por estos años de aprendizaje personal y profesional.

Al Laboratorio de Ecología Molecular y Funcional del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme realizar mi trabajo de investigación en sus instalaciones.

A mi director de tesis, Dr. Francisco Molina Freaner, por su apoyo a través de esta aventura. Por su paciencia, consejos y sobre todo por siempre tener una actitud positiva ante todo. Muchísimas gracias.

A José Fulgencio Martínez Rodríguez, técnico académico del Laboratorio de Ecología Molecular Funcional del Instituto de Ecología de la UNAM, por su paciencia durante todos mis experimentos y su ayuda.

A Diana Moreno, David Parra, Nacho Machado, Fabi Gandarilla, Dr. Francisco Molina, José Martínez Rodríguez, por toda, y repito toda su inigualable ayuda en campo, midiendo hectárea tras hectárea o buscando parásitas, y por siempre ser tan divertidos.

A los del laboratorio, porque siempre estaban dispuestos a ayudar y divertirse, Andrea, Ruth, Emiliano, Laurita, Jechu.

De igual manera a mi equipo de casi toda la carrera; “El equipo súper wow” (Diana, Nacho, Alejandra, Emiliano), gracias por todas las prácticas, diversiones y pláticas que tuvimos.

Sin dejar de lado a los “biólogos biólogos verdaderos” por todas sus locuras, y ánimo.

A mis mejores amigas, “homies” Brenda Cuevas, Mich Saldaña, Pau Inda y Vera Castillo, gracias por todo, por escuchar mis pláticas de biología aunque no entendieran. Las quiero.

Ash, por soportar todas mis locuras, por tu apoyo incondicional, por dejarme reírme de ti, por todo muchas gracias. Te quiero.

A mis padres, y por siempre estar allí para apoyarme y guiarme sin importar cuál sea mi descabellada decisión. Los quiero mucho.

A mi hermana, Andrea Rodríguez por apoyarme, escucharme a veces, pero sobre todo por hacerme reír y enojar. Te quiero.

Anahí “mofs”, por ser tan extrañamente divertida, y soportar mis locuras, siempre estar allí para apoyarme. Te quiero.

CONTENIDO

FORMATO DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO.....	v
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	4
II.1 Plantas Parásitas	4
II.2. Enfoques en el Estudio de Plantas Parásitas	6
II.3 Estudios de Plantas Parásitas en México	10
II.4 Muérdagos.....	10
III. JUSTIFICACIÓN	18
IV. HIPÓTESIS.....	19
V. OBJETIVO GENERAL.....	20
V.1 Objetivos Específicos.....	20
VI. METODOLOGÍA.....	21
VI.1 Descripción del Área de Estudio	21
VI.2 Determinación de Preferencia de Hospederos.....	22
VI.3 Análisis Estadístico	23
VII. RESULTADOS.....	24
VII.1. Preferencia de Hospederos	24
VII.2. Porcentaje de Parasitismo	25
VII.3. Abundancia de Parásitas.....	25
VII.4. Distribución de Número de Parásitas por Hospedero	26
VII.5. Estructura de Tamaño de los Hospederos	29
VII.6. Distribución de la Altura a la que se Encuentran las Parásitas en los Hospederos ...	31
VII.7. Relación entre Número de Parasitas por Hospedero y la Altura del Hospedero	34
VII.8. Diámetro de los Tallos Parasitados.....	35
VII.9. Estructura de Tamaños de la Planta Parásita	36
VIII. DISCUSIÓN	38
VIII.1. Preferencia de Hospederos.....	38
VIII.2. Porcentaje de Parasitismo	39
VIII.3. Abundancia de Parásitas	39
VIII.4. Distribución del número de parásitas por hospedero	40
VIII.5. Estructura de Tamaño de los Hospederos	41
VIII.6. Distribución de la Altura a la que se Encuentran las Parásitas en los Hospederos ..	42
VIII.7. Relación Entre Número de Parásitas por Hospedero y la Altura del Hospedero	42
VIII.8. Diámetro de los Tallos Parasitados.....	43
VIII.9. Estructura de Tamaños de la Planta parásita	43
IX. CONCLUSIONES	45

X. RECOMENDACIONES	46
XI. LITERATURA CITADA.....	47

LISTA DE TABLAS

Tabla I.	Diversidad de plantas parásitas, con detalles sobre el tipo de parasitismo que presenta, el sistema reproductivo, la polinización y el tipo de dispersión de semillas.	5
Tabla II.	Variación en el número de individuos de las especies arbóreas de la comunidad en las cinco hectáreas estudiadas.	24

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Las relaciones existentes entre los muérdagos (parásitas), hospederos y las aves (vectores), que dispersan sus semillas.	12
Figura 2	<i>Phoradendron californicum</i> infectando a <i>Olneya tesota</i> .	14
Figura 3	<i>Psittacanthus sonorae</i> infectando a <i>Bursera laxiflora</i> .	17
Figura 4	Área de estudio.	22
Figura 5	Número total de hospederos y número de hospederos parasitados registrados en las cinco hectáreas estudiadas.	25
Figura 6	Distribución del número de plantas parásitas (<i>Phoradendron californicum</i> y <i>Psittacanthus sonorae</i>) por hectárea en los cinco cuadros muestreados.	26
Figura 7	Distribución del número de individuos de <i>P. sonorae</i> parasitando a <i>Bursera microphylla</i> .	27
Figura 8	Distribución del número de individuos de <i>P. sonorae</i> en <i>Bursera laxiflora</i> .	28
Figura 9	Distribución del número de plantas de <i>P. californicum</i> en <i>Olneya tesota</i> .	29
Figura 10	Distribución de alturas de los individuos de <i>Bursera microphylla</i> detectados en las cinco hectáreas.	29
Figura 11	Distribución de alturas de los individuos de <i>Bursera laxiflora</i> registrados en las cinco hectáreas muestreadas.	30

Figura 12	Distribución de alturas de los individuos de <i>O. tesota</i> registrados en las cinco hectáreas.	30
Figura 13	Distribución de alturas de <i>P. sonorae</i> en <i>B. microphylla</i> .	31
Figura 14	Distribución de alturas de <i>P. sonorae</i> en <i>B. laxiflora</i> en la población estudiada.	2
Figura 15	Distribución de alturas de <i>P. californicum</i> en <i>O. tesota</i> en la población estudiada.	32
Figura 16.	Distribución de las secciones de la copa de <i>B. microphylla</i> donde parasita <i>P. sonorae</i> .	33
Figura 17.	Distribución de las secciones de la copa de <i>B. laxiflora</i> donde parasita <i>P. sonorae</i> .	33
Figura 18.	Distribución de las secciones de la copa de <i>O. tesota</i> donde parasita <i>P. californicum</i> .	34
Figura 19	Distribución del diámetro de tallos infectados de <i>B. microphylla</i> por <i>P. sonorae</i> .	35
Figura 20.	Distribución del diámetro de tallos infectados de <i>B. laxiflora</i> por <i>P. sonorae</i> .	36
Figura 21.	Distribución del diámetro de las plantas de <i>P. sonorae</i> que parasitan <i>B. microphylla</i> .	37
Figura 22	Distribución del diámetro de <i>P. sonorae</i> que parasitan a <i>B. laxiflora</i> .	37

RESUMEN

Existen muy pocos antecedentes sobre la ecología de plantas parásitas de México en general y del estado de Sonora en particular. Este trabajo tiene como objetivo describir algunos aspectos básicos de la distribución y ecología de dos plantas hemiparásitas de un matorral desértico de la costa del estado de Sonora, cercano a San Carlos, Nuevo Guaymas. En este matorral registramos a *Phoradendron californicum* parasitando a *Olneya tesota* y a *Psittacanthus sonorae* parasitando a dos especies de *Bursera*: *B. microphylla* y *B. laxiflora*. La distribución de plantas parásitas en los tres hospederos fue aglutinada. El porcentaje de parasitismo registrado fue 6% para *B. laxiflora*, 27% para *B. microphylla* y 42% para *O. tesota*. Para el caso de *P. sonorae* parasitando a *B. microphylla*, la carga de parásitas varió de 0 a 40 plantas por hospedero con un promedio de 2.8 ± 3.2 , mientras que en el caso de *B. laxiflora*, la carga de parásitas fluctuó de 0 a 14 con un promedio de 2.4 ± 2.8 . En el caso de *P. californicum* parasitando a *O. tesota* la carga de parásitas varió de 0 a 16, con un promedio de 2 ± 1.73 . La región de la copa donde se distribuyen las parásitas fue en la parte media para *B. microphylla* y *B. laxiflora*, mientras que para *O. tesota* fue en la parte baja. Los diámetros de los tallos parasitados midieron principalmente entre 1 y 3 cm para *B. microphylla* y entre 0.5 y 1 cm para *B. laxiflora*. La distribución de tamaños de las plantas parásitas indica que *P. sonorae* se está regenerando activamente en *B. microphylla* mientras que en *B. laxiflora*, la regeneración no es tan frecuente. Los resultados se comparan con otros estudios sobre la ecología de plantas hemiparásitas.

I. INTRODUCCIÓN

El parasitismo se define como una relación entre dos organismos que conviven, en la que uno obtiene recursos a expensas del otro, captando nutrientes de los tejidos del organismo en el cual habita el hospedero. El parasitismo se encuentra en una amplia gama de organismos, incluyendo desde virus, bacterias e invertebrados pasando por hongos y plantas (Dobson et al., 2008).

Los parásitos se pueden clasificar de acuerdo a su tamaño, en micro y macroparásitos. Los microparásitos incluyen virus, bacterias y protozoos, mientras que los macroparásitos son relativamente grandes, entre los cuales se encuentran hongos, nemátodos, artrópodos y muérdagos (Smith y Smith, 2007).

El hábitat que ocupan los parásitos varía dependiendo de su hospedero; se clasifican de dos maneras en función de si se encuentran dentro del hospedero, denominados endoparásitos o si se encuentran sobre la superficie del hospedero, se conocen como ectoparásitos. Tanto los endoparásitos como los ectoparásitos afectan diferentes órganos y tejidos del hospedero. El modo de transmisión de los parásitos es muy variado ya que dependiendo de qué tipo sea, existen diversas estrategias para propagarse. En términos generales el modo de transmisión puede ser de manera directa o indirecta. Para el primer caso es básicamente la transferencia de un parásito de un hospedero a otro sin la participación de un organismo intermediario. Mientras que para el segundo caso, en la transmisión indirecta, se necesita de un organismo intermediario o vector, como por ejemplo los mosquitos del género *Anopheles* que transmiten a varias especies del protozoario *Plasmodium*, agente causal de la malaria (Smith y Smith, 2007).

Las plantas parásitas representan alrededor del uno por ciento de la flora vascular mundial (Nickrent, 2002). Se estima que existen un total de 4500 especies distribuidas en 280 géneros (Rubiales y Heide-Jørgensen, 2011) para todo el mundo. Las plantas parásitas pueden clasificarse en dos grupos dependiendo de: a) el punto de inserción en el hospedero y b) la presencia o ausencia de clorofila. Dependiendo del punto de inserción, las plantas parásitas se pueden dividir en parásitas de tallo y parásitas de raíz. Para el segundo grupo se dividen en

hemiparásitas u holoparásitas en función de la presencia o ausencia de clorofila. (Musselman y Press, 2004).

Para el caso de México, el número de plantas parásitas es alrededor de 383 especies y tres subespecies, divididas en 40 géneros y 17 familias (Cházaro, 2006). En México, los órdenes Santalales y Scrophulariales, las familias Scrophulariaceae y Viscaceae, y los géneros *Phoradendron*, *Castilleja* y *Cuscuta* son los más diversos. La proporción de parásitas de tallo (aéreas) es equiparable a la de parásitas de raíz. Poco más de dos terceras partes de la flora de parásitas son hemiparásitas y cerca de una tercera parte incluyen holoparásitas (Cházaro, 2006).

Existen diversos enfoques para el estudio de las plantas parásitas. Se pueden dividir en dos principales; el ecológico, el cual se encarga de estudiar la polinización, distribución, el modo de dispersión de la planta parásita, los vectores involucrados y los efectos sobre los hospederos (Nickrent, 2008). El otro enfoque es desde el punto de vista genético, en el cual se puede estudiar su filogeografía, genética de poblaciones, taxonomía y el origen del parasitismo en los diversos linajes de plantas (Zuber, 2009; Nickrent, 2002; Jerome y Ford, 2002; Holzapfel et al., 2002; deVega et al., 2008; Barkman et al., 2007).

Para el caso de México, nuestro conocimiento sobre la ecología y genética de este grupo de plantas es muy pobre. Se tiene una idea general sobre el número de especies en el país (Cházaro, 2006); pero nuestro conocimiento sobre su distribución geográfica, sus hospederos, su dispersión, su impacto en los hospederos y sus patrones de variación genética es muy limitado (Linares, 2013). Las plantas parásitas no sólo son interesantes desde el punto de vista evolutivo. También tienen importancia en el ámbito alimenticio, económico, cultural, biológico y agronómico. Algunas especies de plantas parásitas son usadas como alimento por grupos indígenas (Linares, 2013; Felger y Moser, 1985; Nabhan, 1982). En el ámbito agronómico, algunas plantas parásitas ocasionan pérdidas económicas en la agricultura al afectar el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, la FAO ha reportado que *Striga hermonthica* ha afectado los cultivos en África, causando pérdidas de rendimiento hasta del 40% (Rubiales et al., 2011).

Para el caso de Sonora existen 31 especies de plantas parásitas distribuidas en ocho géneros (Cházaro, 2006). Entre las plantas parásitas del estado se encuentran los muérdagos *Psittacanthus sonora* y *Phoradendron californicum*. El presente trabajo pretende contribuir

con conocimiento básico sobre la ecología y distribución de éstas dos especies en un matorral desértico de la costa, en Guaymas, Sonora.

II. ANTECEDENTES

II.1 Plantas Parásitas

Las plantas parásitas explotan otras plantas vasculares para obtener agua y nutrientes por medio de estructuras especializadas denominadas haustorios; una raíz modificada que forma una conexión morfológica y fisiológica entre la planta hospedera y el parásito (Kujit, 1969). Una parte del haustorio, el órgano intrusivo, penetra el tejido de la planta hospedera y establece contacto con el tejido vascular de la misma. Las plantas parásitas usualmente debilitan al hospedero, afectando así su crecimiento, producción de flores y de semillas viables (Press y Phoenix, 2005). Sin embargo, existen otros tipos de parásitas que pueden llegar a matar al hospedero y pueden tener un gran efecto sobre especies de importancia económica (Rubiales et al., 2011).

Varias familias de plantas vasculares han evolucionado a la forma de vida parásita y se han especializado como parásitas de angiospermas y gimnospermas. Las plantas parásitas se dividen en dos tipos dependiendo del grado de dependencia del hospedero: a) Holoparásitas, las que no cuentan con clorofila y son completamente dependientes de la planta hospedera para obtener nutrientes, agua y carbono; b) Hemiparásitas, las cuales son fotosintéticas, algunas tienen un sistema de raíces poco desarrollado, forman conexiones entre las raíces o tallos de otras especies para obtener agua y otros nutrientes de la planta hospedera (Heide-Jørgensen, 2008). Se estima que 20% de las plantas parásitas son holoparásitas y el 80% son hemiparásitas (Musselman y Press, 2004)

La Tabla I muestra la diversidad de familias donde se han registrado plantas parásitas. Así mismo, se muestra el tipo de planta parásita registrada, el órgano parasitado, el sistema reproductivo, el tipo de polinizador y el vector responsable de la dispersión de semillas. La evidencia indica que este grupo de plantas son polinizadas por vectores tanto bióticos como abióticos. De igual forma, las semillas son dispersadas en su gran mayoría por animales; sin embargo se dan casos de dispersión por viento o lluvia.

Tabla I. Diversidad de plantas parásitas, con detalles sobre el tipo de parasitismo que presenta, el sistema reproductivo, la polinización y el tipo de dispersión de semillas (Molau, 1995).
holo: holoparásitas hemi: hemiparásitas pf: hermafroditas do: dioicas mo: monoicas

ORDEN	NÚMERO APROXIMADO DE GÉNEROS/ESPECIES	HOLOPARÁSITAS O HEMIPARÁSITAS	PARÁSITAS DE TALLO O RAÍZ	SISTEMA REPRODUCTIVO	POLINIZACIÓN	DISPERSIÓN
Laurales						
Lauraceae	1/20	Holo	Tallo	pf	?	¿Aves?
<i>Cassytha</i>						
Santalales						
Olacaceae	25/250	Hemi.	Raíz	pf, do	Insectos	Animales
Opiliaceae	8/60	Hemi.	Raíz	pf	?	?
Santalaceae	35/400	Hemi.	Raíz	pf, do	Insectos, aves	Aves, hormigas
Misodendraceae	1/10	Hemi.	Tallo	do, (pf)	?	Viento
Loranthaceae	22/700	Hemi.	Principalmente tallo	pf, do	Aves, insectos	Aves, viento
Viscaceae	7/400	Hemi.	Tallo	mo, do	Insectos, viento	Aves, balístico
Eremolepidaceae	3/12	Hemi.	Tallo	mo, do	Insectos	¿Aves?
Balanophoraceae	18/120	Holo.	Raíz	mo, do	Insectos	Animales, lluvia
Rafflesiales						
Rafflesiaceae	8/500	Holo.	Principalmente raíz	do, mo	Insectos	Animales

Tabla I. Continuación

Mitrastemonaceae	1/5	Holo.	Raíz	pf	Aves	Animales
Hydnoraceae	2/18	Holo.	Raíz	pf	Insectos	Animales
Polygales						
Krameriacae	1/17	Hemi.	Raíz	pf	<i>Abejas Centris</i>	Animales
Solanales						
Cuscutaceae	1/145	Holo.	Tallo	pf	¿Moscas?	?
Lamiales						
Lennoaceae	3/5	Holo.	Raíz	pf	Insectos	?
Scrophulariales						
Scrophulariaceae						
<i>Rhinanthoideae</i>	100/1500*	Hemi/ Holo.	Raíz	pf	Insectos, aves	Viento, animales

II.2. Enfoques en el Estudio de Plantas Parásitas

Como se mencionó anteriormente, los enfoques para el estudio de las plantas parásitas se dividen en ecológicos, dedicados a la ecología de las especies, efectos sobre los hospederos, entre otros, y los relacionados con biología molecular, el enfoque que ha permitido esclarecer las relaciones evolutivas de las plantas parásitas (Nickrent, 1998; dePamphilis, 1997).

II.2.1. Estudios sobre ecología de plantas parásitas

Los estudios ecológicos referentes a plantas parásitas han abordado aspectos tales como: la estructura poblacional tanto de la parásita como del hospedero (Norton, 1997), el efecto que éstas tienen sobre su hospedero (Phoenix y Press, 2005), las interacciones entre hospedero, dispersor y parásita (Aukema y Martínez del Río, 2002a), especificidad de hospedero (Okubamichael, 2011; Norton, 1998), distribución de las plantas parásitas (Norton, 1997), porcentaje de hospederos parasitados (Teodoro et al., 2009), así como su dispersión (Overton, 1994; Aukema, 2003) y polinización (Ramírez y Ornelas, 2010).

Destacan entre los estudios aquellos referentes al impacto que tienen las plantas parásitas en sus hospederos, sobre todo porque afectan a especies de importancia forestal, como las coníferas. Por ejemplo, los muérdagos enanos (una de las parásitas que más afectan los árboles comerciales) pueden reducir el crecimiento del abeto de Douglas hasta un 65% (Mathiasen et al., 1990). Por otra parte, el género *Psittacanthus* afecta a pinos, y los daños causados incluyen reducciones en la producción de conos, la viabilidad de las semillas y el incremento del diámetro del hospedero (Vázquez-Collazo y Pérez-Chávez, 1982, 1985).

Además de las coníferas, las plantas parásitas afectan a muchas especies de angiospermas; sus efectos incluyen la reducción del tamaño, vigor, fructificación y producción de semillas. Además los árboles que se encuentran severamente infectados tienen predisposición a ser infectados por otros agentes patógenos y el ataque de insectos, lo cual contribuye a la muerte prematura del hospedero (Vázquez-Collazo y Geils, 2002).

Los efectos provocados por las plantas parásitas a los hospederos varían dependiendo de la habilidad que tengan las parásitas para obtener nutrientes y agua de sus hospederos (Mathiasen et al., 2008). Los efectos pueden ser de índole fisiológico, pudiendo así reducir la eficiencia fotosintética y alterar las tasas de respiración del hospedero (Watling y Press, 2001; Arruda et al., 2012).

El impacto de los muérdagos en una comunidad puede ser mayor si las especies que se encuentran mayormente parasitadas son dominantes, ya que permite a los competidores inferiores seguir persistiendo por medio de competencia reducida (Press y Phoenix, 2005). Pennings y Callaway (1996) han demostrado que *Cuscuta salina* tiene preferencia por *Salicornia virginica*. Debido a que este hospedero es la especie dominante de la comunidad, su supresión en áreas donde *C. salina* es abundante, facilita la expansión de especies

subordinadas como *Limonium californicum*, lo cual a su vez incrementa la diversidad en la comunidad (Pennings y Callaway, 1996).

En este trabajo se estudiarán varios aspectos ecológicos sobre dos especies de plantas parásitas: *Psittacanthus sonora* y *Phoradendron californicum*. Los antecedentes de esta sección cubren aspectos tales como el porcentaje de hospederos parasitados, la carga promedio de parásitas por hospedero, la relación existente entre el número promedio de parásitas y el tamaño o altura del hospedero, la altura a la que se encuentran las parásitas y el diámetro del tallo que parasitan.

Con respecto al número de plantas parásitas por hospedero así como el porcentaje parasitado, Aukema y Martínez del Río (2002a) han estudiado la relación existente entre el toji (*Phoradendron californicum*) y el mezquite (*Prosopis velutina*) en el estado de Arizona. Estos autores reportan que tan sólo el 28% de los mezquites se encontraban parasitados en una población de Arizona. Los hospederos infectados tenían un promedio de 1.8 parásitas por hospedero, siendo el número máximo de 54 parásitas por planta. Por otra parte, para una comunidad vegetal del Cerrado de Brasil, *Psittacanthus robustus* parasita a *Vochysia thrysoidea* (Vochysiaceae), donde se encontró que un 29.6% de los hospederos se encuentran parasitados. Para esta especie, el número de parásitas por hospedero oscilaba entre 1 a 12 y los hospederos que tenían más parásitas fueron los de mayor altura (Teodoro et al., 2009). Un estudio realizado en el desierto de Kalahari en Sudáfrica en donde se encuentra la parásita *Viscum rotundifolium* en *Ehretia rigida* (Boraginaceae), reporta que el promedio de parásitas era de 2.36 por hospedero. En este caso los hospederos parasitados no fueron los de mayor altura (Okubamichael, 2011). En varios estudios se ha evaluado el porcentaje de hospederos parasitados y los datos muestran que la mayoría de las plantas hospederas no se encuentran parasitadas (Norton, 1997; Overton, 1994; Aukema, 2004).

En cuanto a la preferencia por hospederos, en Arizona, *Phoradendron californicum* se encontró que tenía mayor preferencia por *Olneya tesota* que por *Prosopis velutina*, a pesar de que era menos abundante, teniendo mayor carga de parásitas (Aukema y Martínez del Río, 2002a). Como en la mayoría de las plantas parásitas, la distribución de estos muérdagos sobre sus hospederos fue de tipo aglutinada (Aukema, 2004). Es decir, la mayoría de los hospederos no están parasitados y el parasitismo se concentra en una fracción pequeña de hospederos. Varios estudios han reportado que las parásitas *Phoradendron californicum* y *Psittacanthus*

sonorae se distribuyen en forma de parches, ocasionando que existan muchas parásitas en un solo hospedero o en ciertos sitios (Aukema y Martínez del Río, 2002a; Overton, 1994). La distribución del número de parásitas por hospedero es generalmente aglutinada. Los estudios sobre la interacción entre los vectores y las plantas parásitas han intentado relacionar los patrones de dispersión que tienen las aves que consumen sus frutos y la distribución de la parásita. Es por esta razón que el comportamiento de los dispersores tiene una fuerte influencia sobre la distribución de las parásitas, ya que prefieren perchar sobre árboles que ya tienen muérdagos para así alimentarse (Overton, 1994).

Varios estudios han intentado explorar la relación entre el tamaño del hospedero y la carga de parásitas (Norton, 1997; Teodoro et al., 2009; Overton, 1994). En algunos casos se ha encontrado una relación significativa entre el tamaño del hospedero y la carga de la planta parásita, ya que por lo general la carga de parásitas por hospedero incrementa conforme aumenta la altura del hospedero. Esta asociación es posible que se deba a los patrones de dispersión de los vectores. Un estudio realizado en el Parque Nacional Fray Jorge en Chile, reporta que la planta parásita *Tristerix aphyllus* (Loranthaceae) parasitó con mayor frecuencia a los individuos de *Eulychnia acida* (Cactaceae) que tenían mayor altura. De igual manera la probabilidad de que un hospedero esté infectado incrementa con la altura de éste (Martínez del Río y Silva, 1996). Teodoro et al. (2009) reporta que los hospederos con mayor grado de infección fueron los de mayor altura, ya que la mayoría de las parásitas se encontraron a alturas iguales o mayores a los 6.5 metros de altura del hospedero (Teodoro et al., 2009). Por otra parte, se registró que para *Phoradendron californicum*, la frecuencia de parásitas se incrementó conforme aumentaba la altura de sus hospederos, en este caso, mezquites (Aukema y Martínez del Río, 2002a). Sin embargo, Norton (1997) reporta que el grado de infección de un hospedero y su altura no necesariamente tienen una relación significativa, esto se puede deber al patrón de dispersión que tengan las aves y que no perchen exclusivamente en árboles más altos sino al azar.

Por último, Teodoro et al. (2009) menciona en su estudio que la mayor parte de las parásitas (61%) las parásitas se localizan con mayor frecuencia en la parte más alta del dosel del hospedero.

II.3 Estudios de Plantas Parásitas en México

Para el caso de México, las plantas parásitas representan el 1.73% del total de las especies de plantas vasculares que existen en México, divididas en 17 familias y 40 géneros (Cházaro, 2006). En México, la mayoría de los estudios sobre plantas parásitas abordan problemas tales como su frecuencia en las floras regionales (Cházaro, 2006), la producción de néctar y la polinización de sus flores (Ramírez y Ornelas, 2007), biología reproductiva (Azpeitia y Lara, 2006), la germinación de sus semillas (Ramírez y Ornelas, 2009), así como monografías sobre géneros específicos (Kujit, 2009).

Los estudios sobre genética de poblaciones de plantas parásitas son más limitados; Existen dos estudios de genética de poblaciones; uno para *Bdallophyton bambusarum* Cytinaceae (García-Franco et al., 1998), y el otro de *Pholisma culiacanum* (Linares, 2013). También existe otro referente a la sistemática del género *Bdallophytum* (Alvarado-Cárdenas, 2009).

II.4 Muérdagos

El término muérdago es el nombre común que se usa para referirse a hemiparásitas de tallos en México. Las características más importantes que definen a un muérdago son: a) se ubican filogenéticamente únicamente dentro del orden Santalales, b) se insertan al tallo del hospedero y c) todos son hemiparásitas obligadas; es decir los nutrientes y agua los obtienen por medio de su haustorio (Ehleringer y Marshall, 1995; Lamont, 1983).

Si bien existen otras plantas parásitas que cuentan con las características anteriormente mencionadas como *Cuscuta*, que se adhieren al tallo de los hospederos, o géneros como *Tripodanthus*, que se adhiere tanto a tallo como raíz, no son considerados muérdagos puesto que no cumplen con las características de encontrarse dentro del orden Santalales o ser exclusivamente hemiparásitas de tallo (Mathiasen et al., 2008)

Los muérdagos son un grupo polifilético de plantas que cuenta con 1300 especies y se encuentran distribuidas en cinco familias: Loranthaceae, la más numerosa, cuenta con el

mayor número de géneros de muérdagos; las otras familias son Viscaceae, Misodendronaceae, Eremolepidaceae y Santalaceae (Restrepo et al., 2002). Este modo de vida ha evolucionado independientemente al menos cinco veces (Nickrent, 2001).

La mayoría de los muérdagos necesitan de animales para polinizarlos y dispersar sus semillas, lo cual crea un amplio rango de interacciones muérdago – animal (Watson, 2001). Por esta razón los muérdagos tienen importancia ecológica debido a las relaciones existentes entre los hospederos a los que parasitan y las aves encargadas de dispersar sus semillas (Calder, 1983; Hawksworth, 1983; Kuijt, 1969; Reid, 1989; Aukema y Martínez del Rio, 2002b).

En la figura 1 se muestra un esquema que representa las principales interacciones que se establecen entre los muérdagos, los hospederos y los vectores que dispersan a los muérdagos. El muérdago establece una relación parásita con el hospedero y una relación mutualista con las aves que consumen sus frutos y dispersan sus semillas. En el mutualismo de dispersión de semillas, un agente dispersor es más probable que proporcione transporte para la semilla a un sitio donde la probabilidad de supervivencia sea mayor comparada a la semilla que no fue transportada (Larson, 1996). Por otro lado, el agente dispersor obtiene nutrientes de los frutos, de los tejidos que cubren la semilla (Larson, 1996).

Existen varios estudios sobre las aves frugívoras que dispersan las semillas de las plantas parásitas. El sistema digestivo de estas aves está modificado para no triturar las semillas en las mollejas, el tiempo de permanencia de las semillas en el tracto digestivo es generalmente corto y la digestión de los nutrientes que rodean a las semillas es eficiente (Jordano, 2000).

Las aves encargadas de dispersar las semillas de los muérdagos se dividen en dos tipos: especialistas y generalistas. El dispersor más común de las semillas de *Phorandendron californicum* es la ave especialista *Phainopepla nitens*. Se conoce que esta especie puede consumir hasta 1100 frutos de éste muérdago. Una adaptación que tiene esta especie es que su molleja no llega a moler el fruto y de esta manera el tiempo de digestión es menor. Pasando las semillas por el tracto digestivo en un tiempo de entre 12 a 45 minutos (Walsberg, 1975). Esta estrategia de no moler las semillas presenta una ventaja para esta ave especialista dado que mantiene las semillas intactas permitiéndoles pasar viables por el tracto digestivo y reduce el tiempo de procesamiento de la comida para el ave (Jordano, 2000).

Para el caso de *P. sonoreae*, Overton (1994) determinó que las aves frugívoras que consumen sus frutos son divididas en otras dos categorías además de las anteriormente mencionadas (especialistas o generalistas) en función de la distancia de dispersión de semillas. En el primer grupo se encuentran las aves que en cierta manera limpian los frutos; quitándoles la pulpa cerca de la planta madre. Debido a este comportamiento, la mayoría de las semillas son dispersadas en o muy cerca del de la planta madre. Ejemplos de estas aves son *Carpodacus mexicanus*, *Aphelocoma coerulescens* y *Cardinalis cardinalis*. En cambio en la otra categoría las aves dispersan las semillas lejos de la planta madre, como *Mimus polyglottos* que pasa los frutos y regurgita las semillas, o *Phainopepla nitens* que pasa los frutos y defeca las semillas (Overton, 1994).

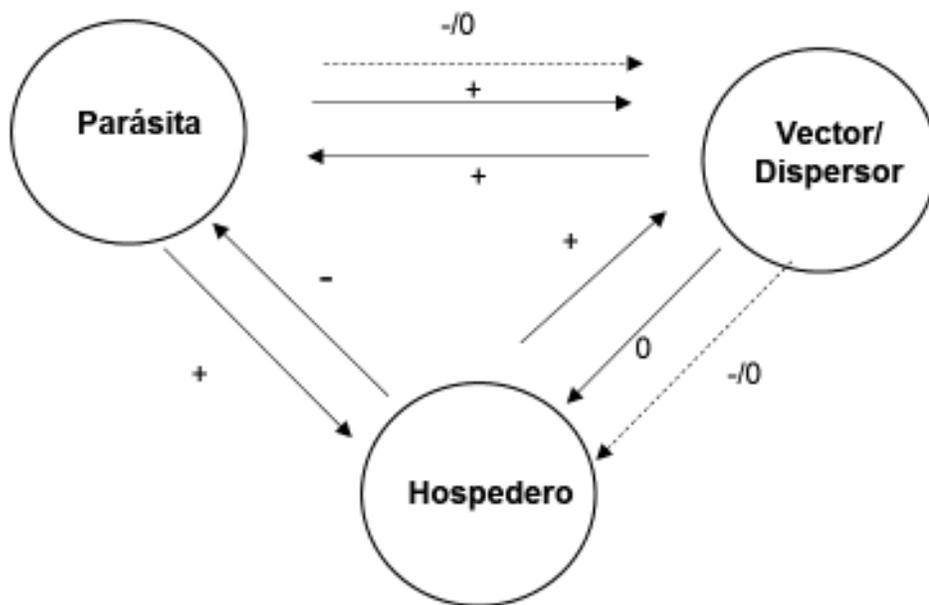


Figura 1. Las relaciones existentes entre los muérdagos (parásitas), hospederos y las aves (vectores) que dispersan sus semillas. Las líneas negras indican la dirección de la interacción entre los participantes, y los símbolos sobre las flechas indican si la interacción es benéfica (+), perjudicial (-) o neutral (0). Las líneas punteadas indican interacciones en las que la mayoría de otros parásitos difieren de los muérdagos. Fuente: Aukema y Martínez del Río, 2002a.

Una característica muy importante de este grupo, es la presencia de una sustancia pegajosa, denominada viscina ("pegamento de aves") que recubre a las semillas de los muérdagos. Esta sustancia permite a los frutos adherirse a las ramas después de ser

depositados por el ave que defecó allí. Una vez que se encuentran en un hospedero apropiado, la semilla germina y se forma el haustorio mediante el cual se conectan al sistema vascular del hospedero, absorbiendo así los nutrientes (Aukema, 2003).

II.4.1. *Phoradendron*

Dentro de la familia Viscaceae, el género *Phoradendron* es el más diverso, con 234 especies (Kujit, 2001). Este género se encuentra únicamente en el continente Americano, distribuyéndose desde el sur de Estados Unidos hasta Brasil excepto en las montañas Andinas (Jorgensen, 2008).

Este género agrupa muérdagos perennes, monoicos o dioicos, con hojas en pares y simples. Usualmente son de tamaño pequeño a mediano. Las flores son unisexuales, sésiles, de color verde o amarillento. En cuanto al fruto, éste es una baya blanquecina, ovoide o globosa, con 1 semilla rodeada por una capa de viscina (Gómez-Sánchez y Sanchez, 2011).

Para el caso de México se tienen registradas 37 especies de *Phoradendron*, siendo el género de plantas parásitas más diverso en nuestro país. Presenta un rango de altitud desde cerca del nivel del mar hasta los 3500 m.s.n.m., concentrándose principalmente entre los 500 y 2500 msnm y de manera predominante de los 1000 a 2000 m de altitud (Cházaro, 2006).

II.4.1.1. *Phoradendron californicum*

Esta planta hemiparásita conocida como toji o muérdago del desierto, se distribuye en los Estados Unidos y en México, desde el condado de Inyo en California, el noreste del condado de Mojave en Arizona, en buena parte del estado de Sonora y en el centro de Baja California (Shreve y Wiggins, 1964). Infecta principalmente a leguminosas (Fabaceae), incluyendo árboles y arbustos desde el suroeste de Estados Unidos al centro de México (Aukema y Martínez del Río, 2002a).

En el desierto Sonorense se encuentra parasitando a Mezquite (*Prosopis velutina*), palo verde (*Parkinsonia microphyllum*), palo fierro (*Olneya tesota*), uña de gato (*Acacia gregii*), y vinorama (*A. constricta*) (Aukema, 2003).

Los frutos de este muérdago maduran en noviembre y son consumidos por aves tanto generalistas como especialistas. Entre las aves pertenecientes al primer grupo se encuentran: *Lophortyx gambelii* y *Oreoscoptes montanus*, mientras que dentro de los especialistas está *Phainopepla nitens* (Larson, 1996).



Figura 2. *Phoradendron californicum* infectando a *Olneya tesota*

Existe una relación muy estrecha entre *P. californicum* y su dispersor, *P. nitens*, dado que el ave tiene el hábito de consumir los frutos que comienzan a madurar en Noviembre y se encuentran disponibles hasta Abril, digerirlos y defecar las semillas en ramas donde percha. Sin embargo el ave no depende exclusivamente de los frutos de la especie parásita lo cual es evidente dado que *P. nittens* habita en zonas dónde la parásita no está presente (Larson, 1996).

En cuanto a la morfología de esta especie, sus hojas son muy reducidas, las ramas de color verde son las encargadas de llevar a cabo la fotosíntesis. Las flores son de un color entre verde y amarillo, la antesis ocurre de Octubre a Marzo. Los frutos son rojos o rosa claro cuando están maduros, contienen muchas semillas pequeñas, de un diámetro de 2.6 a 5.7 mm. (Glazner et al., 1986; Jorgensen, 2008).

II.4.2. *Psittacanthus*

El género *Psittacanthus* pertenece a la familia Loranthaceae, el cual es endémico al Nuevo Mundo, y cuenta con un número aproximado de 119 especies (Kujit, 2009). Tiene un amplio rango altitudinal que va desde el nivel del mar como en el caso de *Psittacanthus sonora* hasta los 3000 msnm como en el caso de *P. macranthereus*, en Sinaloa (Kujit, 2009). De acuerdo a Kuijt (1969) existen 11 especies de *Psittacanthus* para México (Cházaro, 2006).

Dentro de este género de muérdagos se han realizado estudios sobre todo de las especies que afectan a pinos o encinos, a los cuales extraen nutrientes y en algunos casos les pueden ocasionar la muerte. Las especies más importantes son *Psittacanthus angustifolius* que se distribuye en Centro América y México, la cual afecta a miles de hectáreas de pinos y de cítricos y en ocasiones puede llegar a matar a los hospederos (López de Buen y Ornelas, 1999).

Más de 50 géneros de angiospermas y coníferas se han reportado como hospederos de *Psittacanthus* en México (Vázquez-Collazo y Geils, 2002). La importancia de estas plantas se debe a que en la mayoría de los casos éstas tienen un efecto dañino sobre los hospederos. Debido a que los haustorios de una infección de *Psittacanthus* crean un crecimiento distorsionado del tallo del hospedero, esta estructura se utiliza como decoración y en algunos casos como medicina (Cházaro et al., 1992). Las plantas de este género también son importantes ya que son una fuente de néctar y frutas para numerosas especies de aves (Freeman et al., 1985; López de Buen y Ornelas, 1999).

En cuanto a estudios realizados en nuestro país sobre la biología y ecología de plantas parásitas y los hospederos a los que atacan, los trabajos existentes son muy limitados y a excepción de unos cuantos trabajos relacionados con la biología de la especie, como el de

Ramírez y Ornelas (2010) en el que se evaluó la polinización y producción de néctar de *Psittacanthus schiedanus*, u otro en el cual se estudió la germinación de las semillas de esta misma especie (Ramírez y Ornelas, 2009). Prácticamente no existen estudios sobre ecología y genética de este grupo de plantas.

II.4.2.1. *Psittacanthus sonora*

La planta parásita *Psittacanthus sonora*, comúnmente se le conoce como Toji o chupones. (William, 2012). Es una planta hemiparásita, es decir fotosintetiza; sin embargo necesita tomar los nutrientes de la planta hospedera, por medio de un haustorio que forma al adherirse a la planta hospedera. Morfológicamente, es una planta que tiene tallos generalmente de 10 a 40 centímetros de largo. Las flores son tubulares, de color rojo, que se pueden encontrar de Octubre a Diciembre (William, 2012). Nuestro conocimiento sobre la polinización de las flores y la dispersión de los frutos de *P. sonora* es muy limitado. Sin embargo se ha documentado que sus frutos son consumidos y dispersados por una gran variedad de aves frugívoras como *Phainopepla nitens*, *Myiarchus cinerascens* y *Bombycilla cedrorum* (Overton, 1994).



Figura 3. *Psittacanthus sonorae* infectando a *B. microphylla*

La parásita *Psittacanthus sonorae* tiene especificidad por el género *Bursera*. En la mayoría de las colectas realizadas se ha visto que se encuentra principalmente en *Bursera microphylla* (William, 2012). De igual manera se tienen registrados como hospederos a *Bursera microphylla* y *B. hindisiana* en el Norte de Baja California (Overton, 1994).

Su distribución se da a lo largo de la costa suroeste de Sonora y sobre la costa sureste de Baja California. En el estado de Sonora se distribuye desde Guaymas, cerca del Cañón El Nacapule, pasando por Ciudad Obregón, Navojoa, Huatabampo y Álamos. Por otra parte, en el estado de Baja California Norte desde Bahía de los Ángeles, y en Baja California Sur con poblaciones dispersas en La Paz y hasta Cabo San Lucas (William, 2012).

III. JUSTIFICACIÓN

Los estudios sobre plantas parásitas en México en general y en el estado de Sonora en particular, son muy pocos. Dado que se conoce muy poco sobre su importancia, éste trabajo contribuirá al conocimiento de este grupo de plantas, generando información básica sobre la ecología y la distribución de dos especies hemiparásitas importantes en el Desierto Sonorense, *Psittacanthus sonorae* y *Phoradendron californicum*, en un matorral desértico de la costa, en San Carlos, Municipio de Guaymas, Sonora.

IV. HIPÓTESIS

Dados los antecedentes de distribución de otras plantas parásitas, se espera encontrar una distribución aglutinada de *Psittacanthus sonora* y *Phoradendron californicum*, donde la mayoría de los hospederos no estén parasitados y el parasitismo se concentra en pocos individuos los cuales serán arboles más altos, de copa más grande, y tendrán una carga grande de parásitas.

V. OBJETIVO GENERAL

Describir la distribución de *Psittacanthus sonorae* y *Phoradendron californicum* en un matorral desértico de la costa de Sonora, en San Carlos, Sonora.

V.1 Objetivos Específicos

Describir los hospederos utilizados por las plantas parásitas *P. sonorae* y *P. californicum*.

Evaluar el porcentaje de parasitismo entre los hospederos potenciales en la comunidad vegetal.

Describir la distribución de la carga de parásitas entre las plantas hospederas de la comunidad.

Describir la distribución de la altura del hospedero donde infectan las plantas parásitas.

Describir la distribución del diámetro de los tallos de los hospederos parasitados por *P. sonorae*.

VI. METODOLOGÍA

VI.1 Descripción del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicada cerca del Cañón de Nacapule, por el camino que lleva de San Carlos al Cañón. Las coordenadas geográficas del sitio de estudio son: 28°00.030'N; 111° 02.829'W, con una altitud sobre el nivel del mar de 76 m. El clima del área es seco (subtipo muy seco cálido BW(h')w), con lluvias de verano y de invierno (García, 1997a). El promedio de temperatura es de 24°C (García, 1997b) mientras que el promedio de precipitación es 250 mm (García, 1997c).

El área de estudio se encuentra dentro de la subdivisión de la costa central del Golfo del Desierto Sonorense (Shreve y Wiggins, 1966). La flora y vegetación del Cañón de Nacapule han sido descritas anteriormente (Felger, 1999). En el área de estudio la vegetación es similar al cañón sólo que en este caso se trata de vegetación asociada a bajadas y planicies. Las principales especies de árboles de este sitio son *Bursera microphylla*, *Bursera laxiflora*, *Olneya tesota* y *Prosopis velutina*.



Figura 4. Área de estudio. Ubicada en el camino que lleva de San Carlos al Cañón del Nacapule, en Guaymas, Sonora. Las líneas rojas muestran las unidades de muestreo de una hectárea que se utilizaron y los números de color, el número del cuadrante

VI.2 Determinación de Preferencia de Hospederos

Para realizar el muestreo se delimitó un transecto de cinco cuadros de una hectárea cada uno, en un matorral desértico de la costa, cercano al Cañón del Nacapule (ver Figura 2). Como se puede ver en la Figura 2, tres cuadros se delimitaron en un área y dos más en un área cercana, separadas entre sí por 300 metros. Una exploración previa del área de estudio nos permitió conocer que las plantas parásitas de esta comunidad solo afectan a especies arbóreas. Por esta razón, en cada cuadro se registraron todos los árboles presentes y se determinó su identidad y el número de individuos por hectárea. Para cada árbol registrado se determinó si estaba parasitado y la especie de planta parásita que tenía.

Para todos los hospederos, se encontraran parasitados o no, se midió su altura (en m). Sólo para el caso de los hospederos parasitados se hicieron las siguientes mediciones: altura del hospedero, la altura a la que se encuentra cada parásita en el hospedero, el tamaño de cada planta parásita y por último el diámetro (en cm) de la rama que se encuentra parasitando; esta

última medida sólo se tomó para los hospederos de *P. sonoreae*, debido a la dificultad de tomar esta medición para *Olneya tesota* ya que presentaba muchas espinas por lo que era muy difícil tomar todas las mediciones necesarias.

Para estas mediciones se utilizó una varilla telescópica con capacidad de 15 metros para determinar la altura del hospedero y la altura a la que se encuentra la parásita, un flexómetro para medir el tamaño de las plantas parásitas y un vernier para medir el diámetro de la rama donde la parásita se conecta al hospedero. Este procedimiento también requirió de una escalera para alcanzar las parásitas que se encuentran a más de 2 m de altura.

VI.3 Análisis Estadístico

Para los diversos parámetros de los hospederos y las plantas parásitas, se calcularon las medias y la desviación estándar, utilizando el programa Excel 2013, R, y Sigma Plot. De igual forma, la variación de estos parámetros se describió usando histogramas de frecuencia. Para evaluar si existía o no una relación significativa entre la carga de parásitas y el tamaño del hospedero se hizo una prueba de regresión lineal entre ambos parámetros. La significancia de la relación se evaluó a través de un análisis de varianza.

Para describir la abundancia de hospederos, se calculó el promedio y la desviación estándar. Posteriormente se elaboraron histogramas de frecuencias.

Para evaluar el porcentaje de parasitismo entre los hospederos en la comunidad vegetal, se dividió el número de hospederos parasitados entre el número total de hospederos en la comunidad.

Para describir la distribución de la carga de parásitas entre las plantas hospederas, se dividió la copa en cuatro secciones a diferente altura. Estas secciones corresponden a cuatro categorías: 0-25%, la cual representa la sección más baja o cercana al suelo, 25-50%, 50-75% y 75-100%, la cual representa la sección más alta de la copa. De esta manera se describió la distribución, tomando en cuenta la altura a la que estaban las parásitas y se calculó en qué sección del hospedero se encontraron.

Para describir la distribución del diámetro de los tallos de los hospederos parasitados por *P. sonoreae* se realizó un histograma de frecuencias, en milímetros.

VII. RESULTADOS

VII.1. Preferencia de Hospederos

Las especies arbóreas o de porte alto de la comunidad vegetal estudiada fueron *Bursera microphylla*, *B. laxiflora*, *Olneya tesota*, *Forchhammeria watsonii*, *Guaiacum coulteri*, *Fouquieria macdougalli* y *Jatropha cordata* (Tabla 1). Las especies más abundantes fueron *Bursera microphylla* y *Bursera laxiflora* con un promedio (\pm una desviación estándar) de 26.8 ± 17.5 y 37.8 ± 17.8 individuos por hectárea, respectivamente. En cambio, *Fouquieria macdougalli* y *Jatropha cordata* fueron las especies menos abundantes con promedios de 1 ± 1.7 y 2.2 ± 3.3 individuos por hectárea. La tabla 1 muestra la variación del número de individuos por hectárea de las especies que potencialmente pueden ser hospederas de plantas parásitas en esta comunidad.

En las cinco hectáreas estudiadas sólo se registraron dos especies de plantas parásitas: *Psittacantus sonora* y *Phorandendron californicum*. *P. sonora* se registró parasitando solo a dos especies: *Bursera microphylla* y *Bursera laxiflora*. En el caso de *P. californicum*, solo se le registró parasitando a *Olneya tesota*.

Tabla II. Variación en el número de individuos de las especies arbóreas de la comunidad en las cinco hectáreas estudiadas.

ESPECIES ARBÓREAS	Ha. 1	Ha. 2	Ha. 3	Ha. 4	Ha. 5	PROMEDIO HOSPEDEROS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
<i>Bursera microphylla</i>	25	31	5	53	20	26.8	17.5
<i>Bursera laxiflora</i>	33	69	33	24	30	37.8	17.82
<i>Olneya tesota</i>	5	1	5	3	5	3.8	1.78
<i>Forchhammeria watsonii</i>	5	0	5	0	3	2.6	2.5
<i>Guaiacum coulteri</i>	3	0	6	4	6	3.8	2.48
<i>Fouquieria mcdougalli</i>	0	0	1	4	0	1	1.73
<i>Jatropha cordata</i>	0	0	1	2	8	2.2	3.34

VII.2. Porcentaje de Parasitismo

A pesar de ser el hospedero menos abundante, *O. tesota* presentó el mayor porcentaje de parasitismo (42%) por *P. californicum*. En contraste, el hospedero más abundante, *B. laxiflora*, presentó un porcentaje relativamente bajo (6%) de parasitismo por *P. sonorae*. Para el caso de *B. microphylla*, el porcentaje de parasitismo por *P. sonorae* fue de 27%. (Fig. 5)

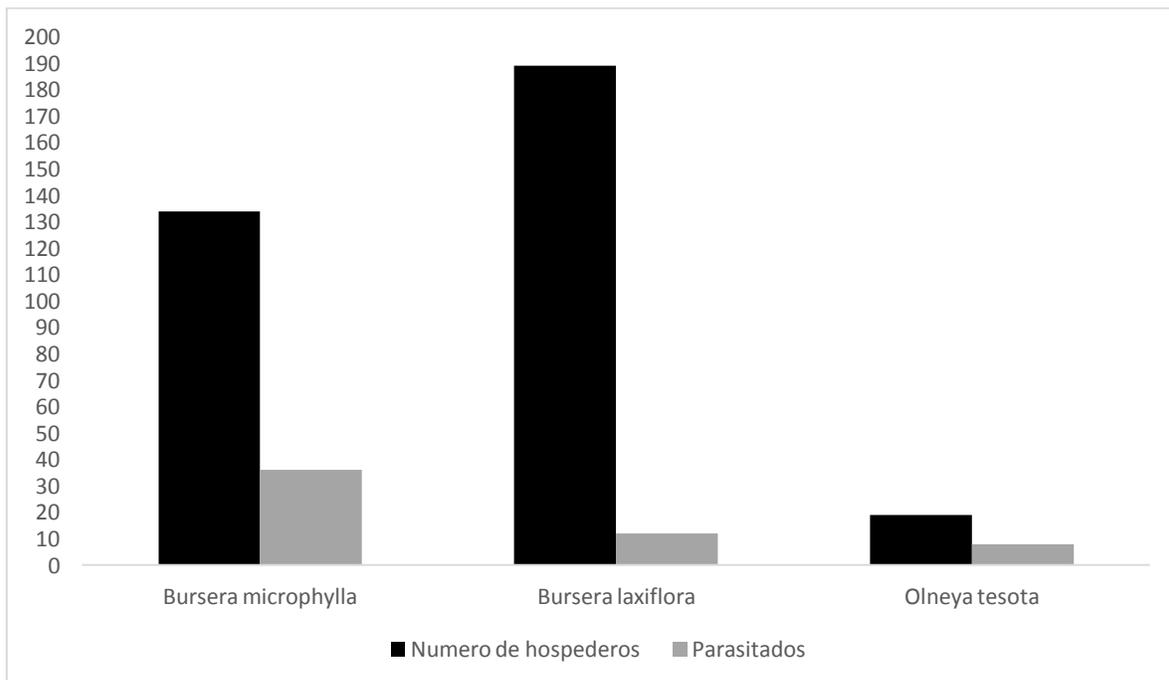


Figura 5. Número total de hospederos y número de hospederos parasitados registrados en las cinco hectáreas estudiadas

VII.3. Abundancia de Parásitas

El número de plantas parásitas registradas a partir del muestreo realizado en las cinco hectáreas muestra que la hectárea con mayor abundancia de plantas parásitas fue la cuarta hectárea, mientras que la que tuvo menos fue la tercera (Fig. 6). Para el caso de *P. sonorae*, el promedio y desviación estándar de la abundancia en las cinco hectáreas fue de 93.6 ± 60.5 plantas por

hectárea, mientras que para *P. californicum* la abundancia fue de 9 ± 8.1 .

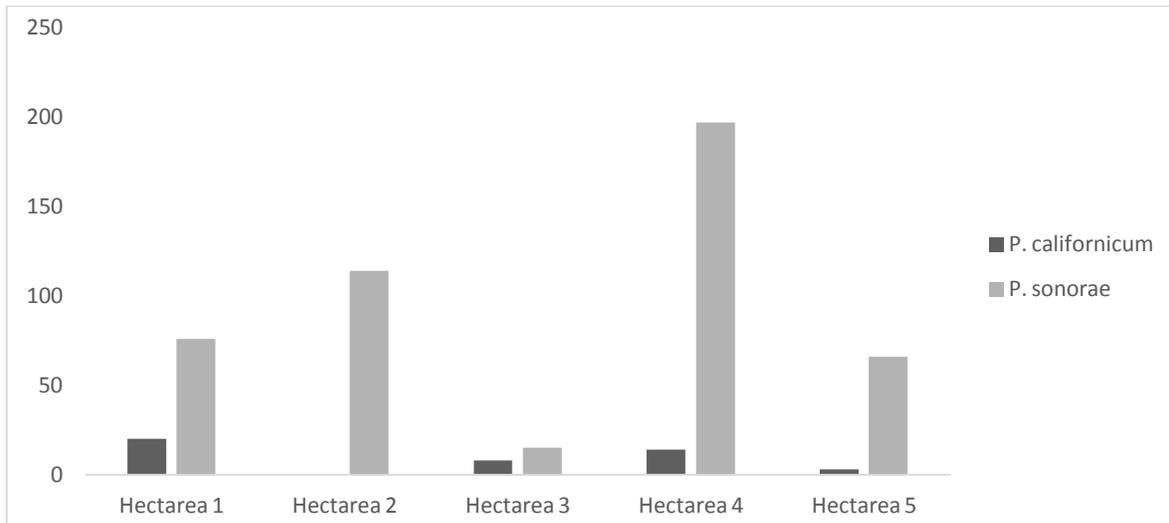


Figura 6. Distribución del número de plantas parásitas (*Phoradendron californicum* y *Psittacanthus sonorae*) por hectárea en los cinco cuadros muestreados. De color gris se muestra la abundancia de *P. sonorae* mientras que de color gris oscuro se muestra los individuos de *P. californicum*.

VII.4. Distribución de Número de Parásitas por Hospedero

La distribución del número de plantas parásitas de *Psittacanthus sonorae* en *Bursera microp-hylla* se muestra en la figura 7. Los datos muestran que tiene una distribución aglutinada, donde la mayoría de los hospederos (73%) no tienen plantas parásitas y sólo una fracción de la población (27%) está parasitada. En el caso de los hospederos parasitados, el número de plantas parásitas varió de 1 hasta 40 con un promedio de parásitas de 2.8 ± 3.2 parásitas por hospedero.

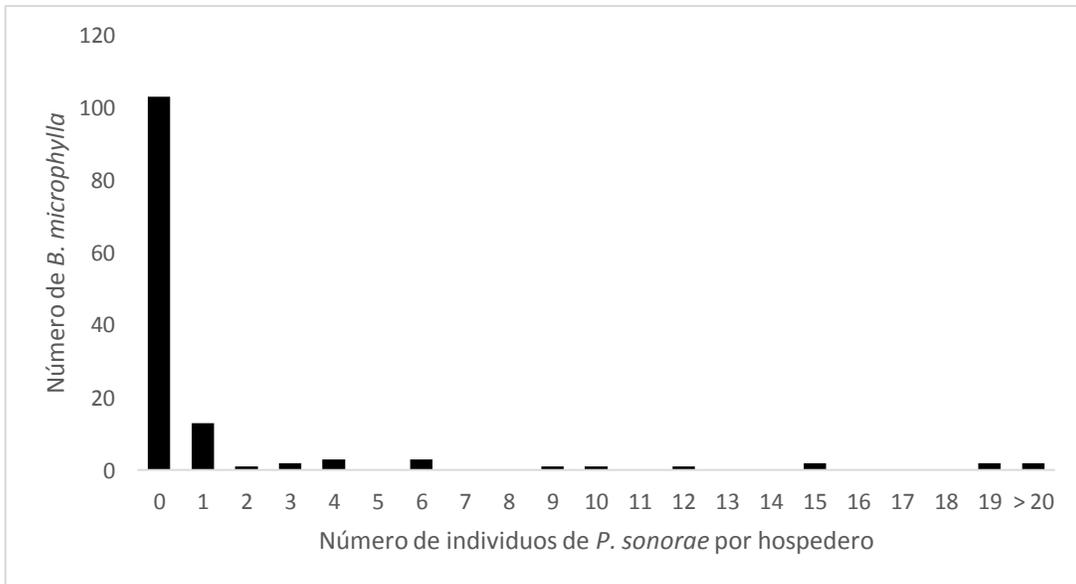


Figura 7. Distribución del número de individuos de *P. sonora* parasitando a *Bursera microphylla*.

La mayoría de los hospederos no se encontraban parasitados, pues la mayoría de los árboles de *B. microphylla* tenían 0 parásitos. En cambio algunos hospederos llegaron a tener más de 20 individuos de la planta parásita en un solo hospedero.

En el caso del número de plantas parásitas de *P. sonora* en *Bursera laxiflora*, la distribución es similar (Fig 8). Los datos también muestran una distribución aglutinada, donde la mayoría (94%) de los hospederos no están parasitados y solo una pequeña fracción (6%) están parasitados. Para los hospederos parasitados, el número de parásitos varió de 1 a 14, con un promedio de 2.7 ± 2.8 parásitos por hospedero.

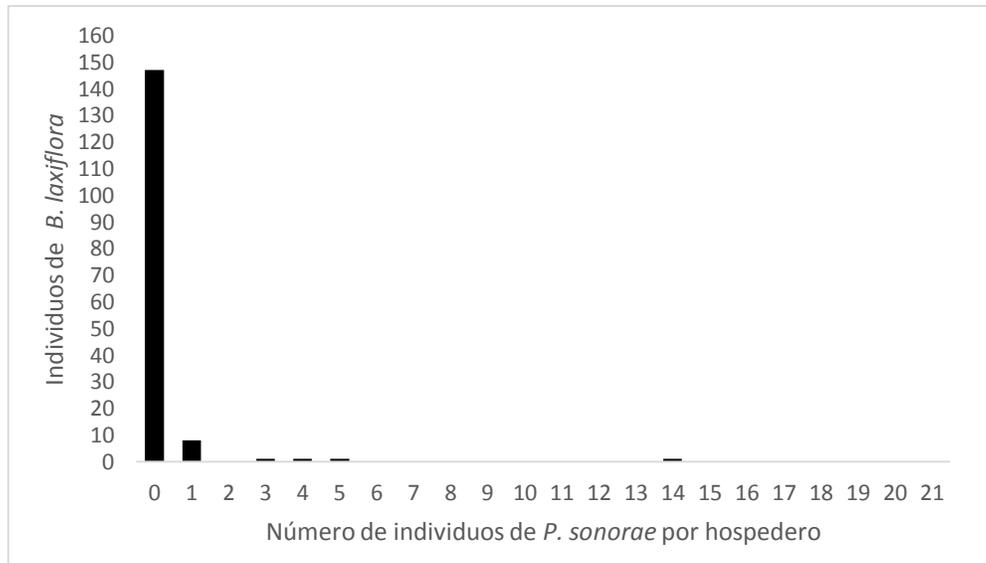


Figura 8. Distribución del número de individuos de *P. sonoreae* en *Busera laxiflora*. Distribución del número de individuos de *P. sonoreae* en *Busera laxiflora*. La gran mayoría de los hospederos no se encontraban parasitados; sólo en dos hospederos se registraron 14 plantas parásitas.

Para el caso del número de plantas de *Phoradendron californicum* parasitando a *Oleaya tesota*, la distribución también parece ser aglutinada (Fig. 9), aunque el tamaño de muestra no fue del todo bueno. En este caso, cerca del 58% de los hospederos no estaban parasitados, mientras que el 42% de los hospederos si estaban parasitados, con un número de parásitas de 1 a 6 con un promedio de 5.8 ± 4.4 parásitas por hospedero. La mayoría de hospederos no estaban parasitados; sólo siete hospederos estaban parasitados.

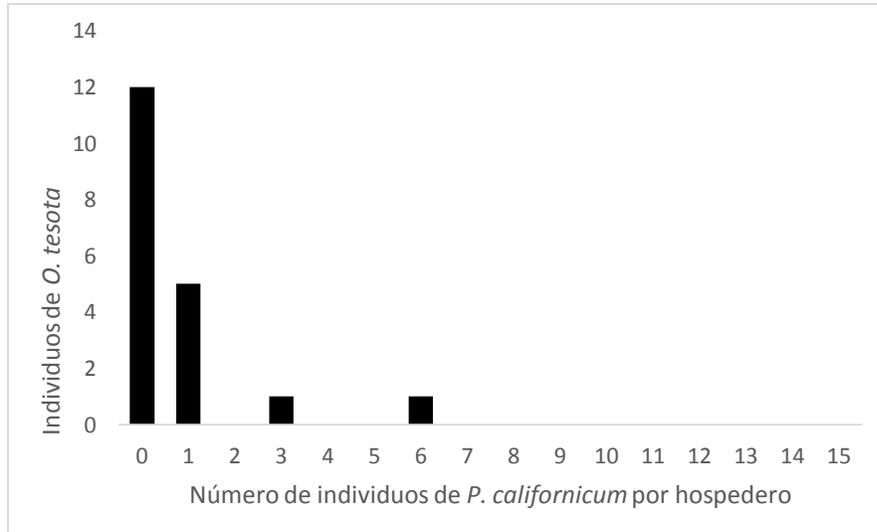


Figura 9. Distribución del número de individuos de *P. californicum* en *Olneya tesota*.

VII.5. Estructura de Tamaño de los Hospederos

La distribución de alturas en la población de *B. microphylla* se muestra en la figura 8. Los datos muestran que la mayoría (69%) de los individuos están entre los 2 y 4 metros de altura. Se registraron pocos individuos menores de un metro y mayores de 5 metros de altura (Fig. 10)

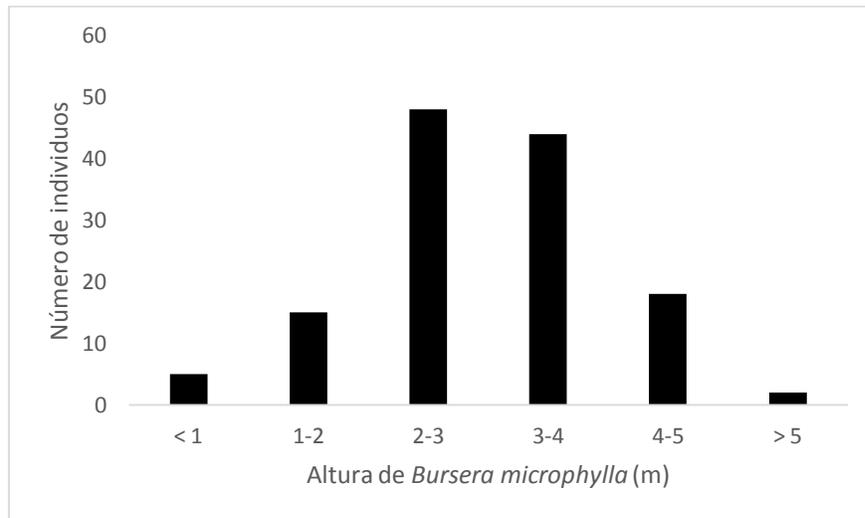


Figura 10. Distribución de alturas de los individuos de *Bursera microphylla* detectados en las cinco hectáreas.

La distribución de tamaños de la población de *Bursera laxiflora* se muestra en la figura 11. En este caso la categoría de individuos entre 2 y 3 metros fue la más frecuente. Se registraron muy pocos individuos menores de un metro y mayores de 5 metros de altura (Fig 11).

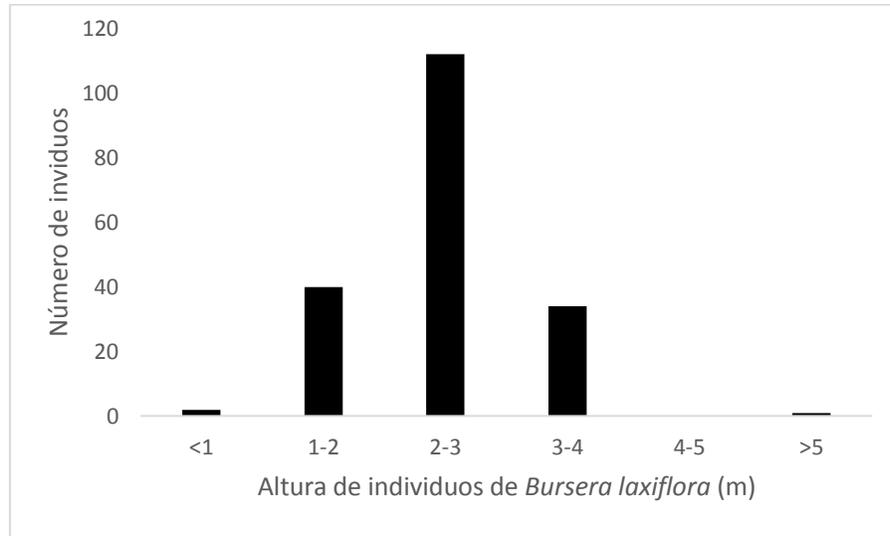


Figura 11. Distribución de alturas de los individuos de *Bursera laxiflora* detectados en las cinco hectáreas.

La distribución de tamaños de la población de *Olneya tesota* se muestra en la figura 12. Aunque el tamaño de muestra fue menor, los datos muestran que los individuos entre 3 y 4 metros de altura son los más frecuentes.

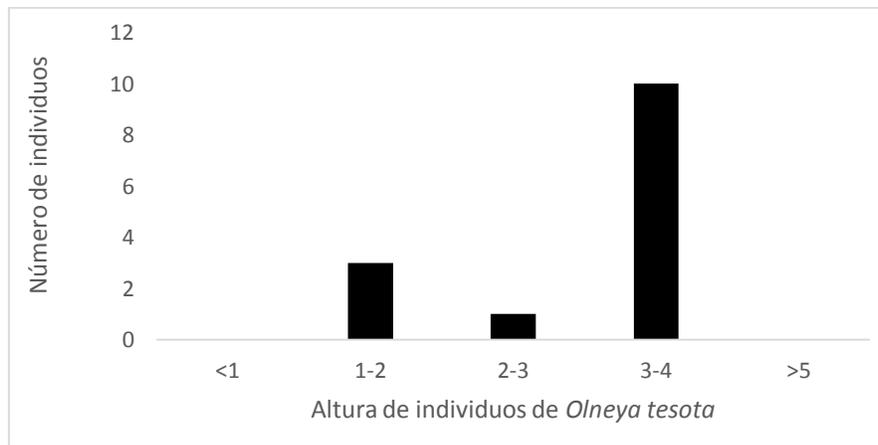


Figura 12. Distribución de alturas de los individuos de *O. tesota* registrados en las cinco hectáreas muestreadas

VII.6. Distribución de la Altura a la que se Encuentran las Parásitas en los Hospederos

La distribución de las alturas a las que parasita *P. sonora* a *B. microphylla* se muestra en la Figura 13. Los datos muestran que la mayoría (93%) de las parásitas se localizan entre los 3 y 5 metros de altura de la copa en esta población de *B. microphylla*.

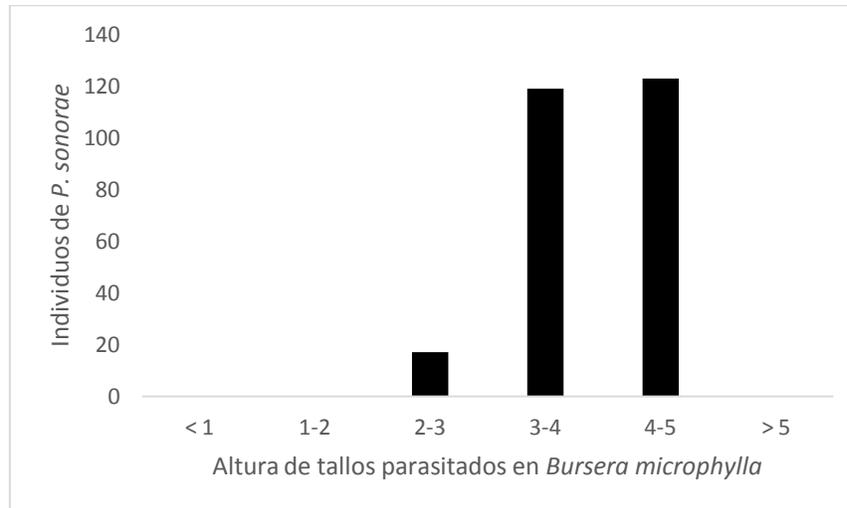


Figura 13. Distribución de alturas de *P. sonora* en *B. microphylla*. La mayoría de las parásitas se encontraron en el rango entre 3 y 5 m metros de altura.

En el caso de *P. sonora* parasitando a *Bursera laxiflora*, los datos (Fig. 14) muestran que todos los individuos se encuentran entre 2 a 4 m de la copa del hospedero, y el 51% de ellos entre 2 a 3 m

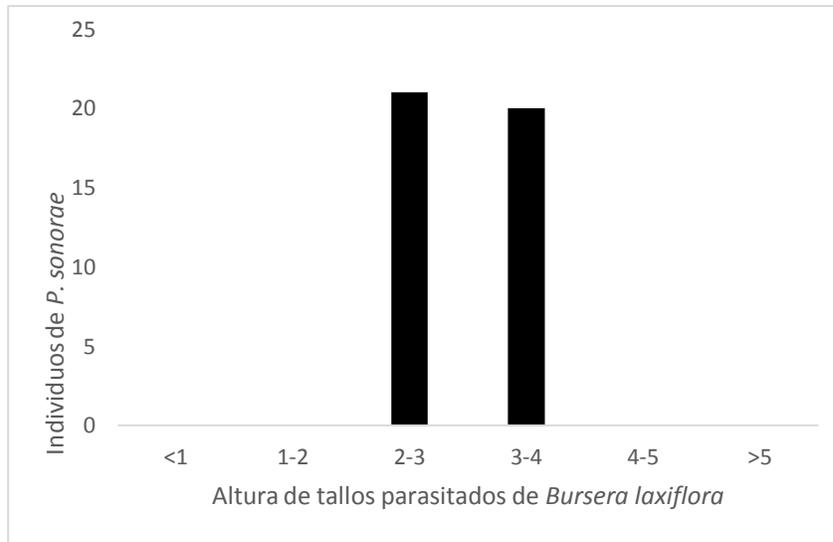


Figura 14. Distribución de alturas de *P. sonoreae* en *B. laxiflora* en la población estudiada.

En el caso de *P. californicum* parasitando a *Olneya tesota*, los datos (Fig. 15) muestran que la mayoría de las parásitas se ubican entre 2 y 3 metros de la copa del hospedero.

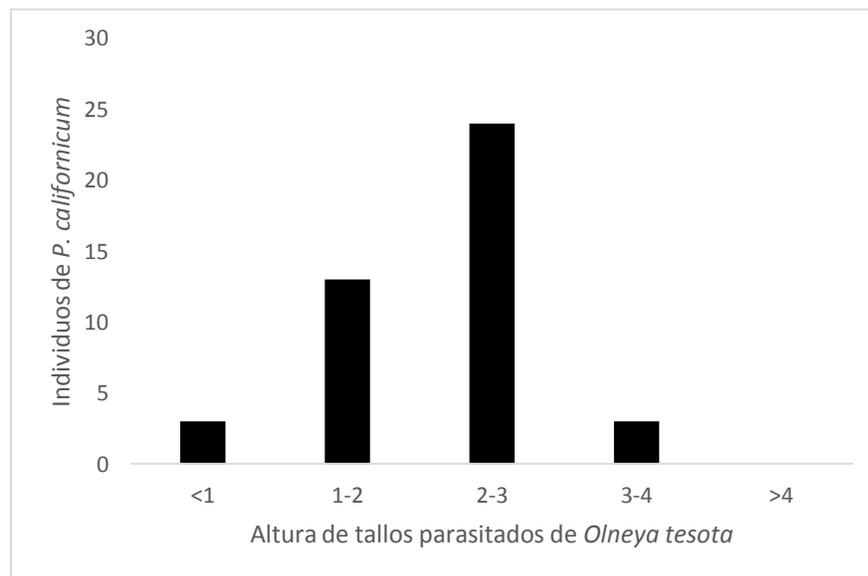


Figura 15. Distribución de alturas de *P. californicum* en *O. tesota* en la población estudiada.

Con respecto a la sección de la copa donde se ubican las parásitas, el 49% de los individuos de *P. sonoreae* que parasitan a *B. microphylla* se encontraron en la sección entre el 50-75% de la copa del hospedero, lo cual nos muestra que esta parásita se encuentra con mayor frecuencia en las parte media de la copa del hospedero. En la Fig. 16, se muestra qué sección

de la copa del árbol se encuentra más parasitada.

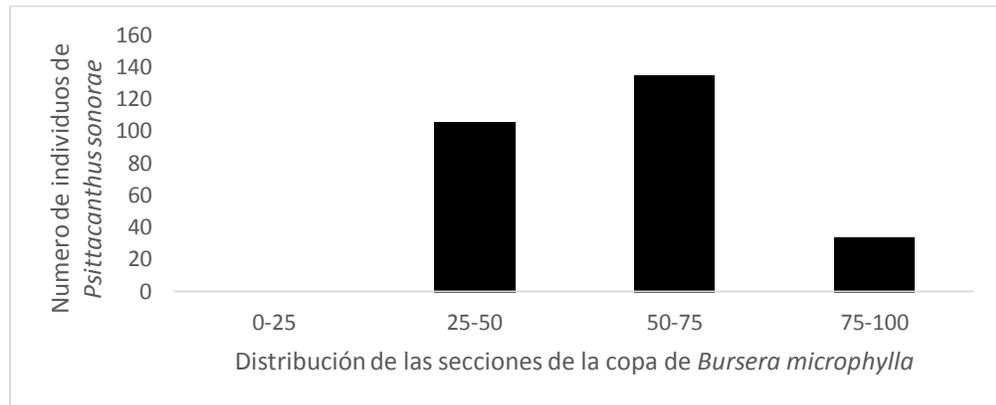


Figura 16. Distribución de las secciones de la copa de *B. microphylla* donde parasita *P. sonoreae*.

Los datos son el número de individuos de plantas parásitas por sección de altura del hospedero.

Por otra parte, el 45% de los individuos de *P. sonoreae* que parasitaban a *B. laxiflora* se encontraron a la misma sección de altura que el hospedero anterior, en el sector de 50-75% de la copa del hospedero. Sin embargo a diferencia del otro hospedero, en este caso tuvieron mayor preferencia por las partes más altas de la copa del hospedero. En la Fig. 17, se muestra qué sección de la copa del árbol se encuentra más parasitada. Los datos son el número de plantas parásitas por sección de altura del hospedero.

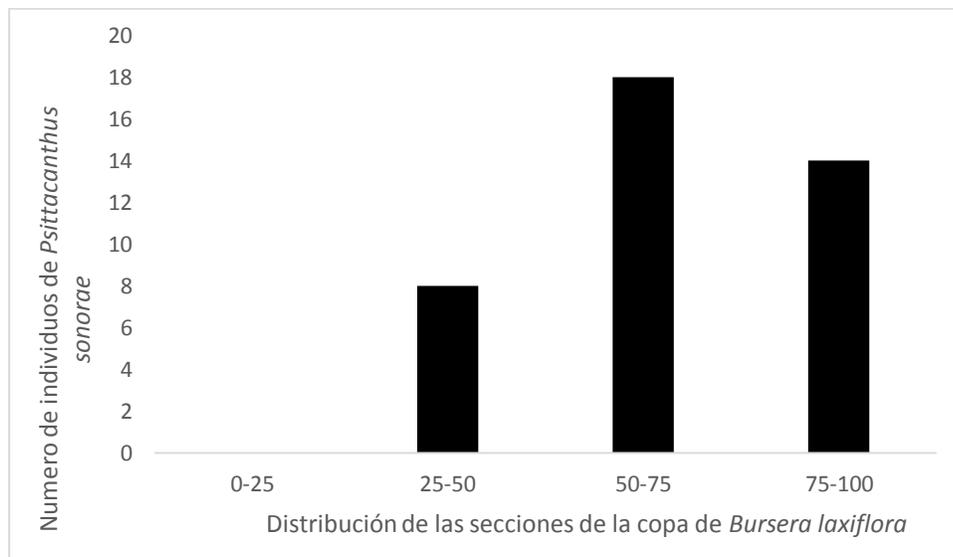


Figura 17. Distribución de las secciones de la copa de *B. laxiflora* por *P. sonoreae*.

A diferencia de los otros hospederos, en *O. tesota* la mayoría de los individuos de *P.*

californicum (61%) se encontraron en la parte media de la copa del hospedero, en la sección entre el 25 – 50% de la copa. En la Fig. 18 se muestra qué sección de la copa del árbol se encuentra más parasitada.

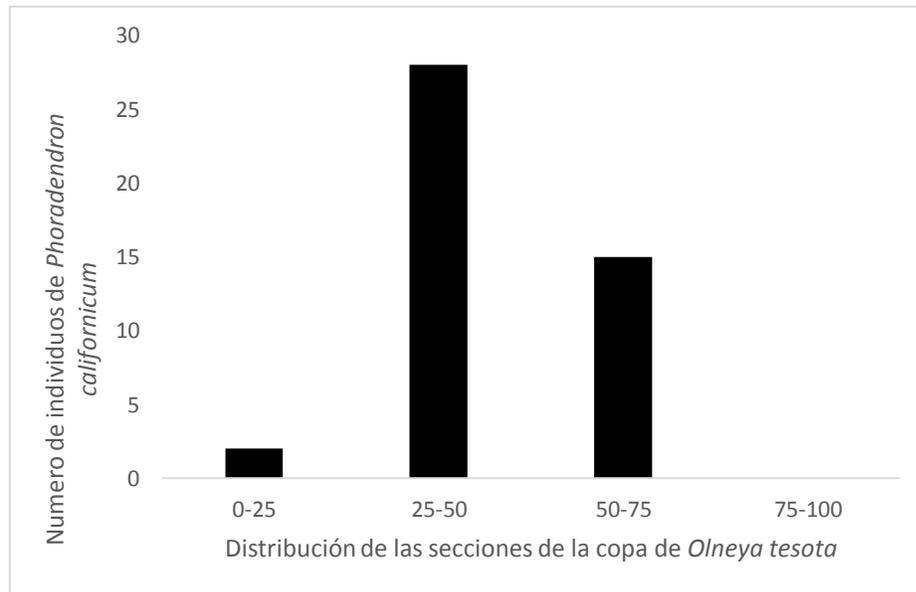


Figura 18. Distribución de las secciones de la copa de *O. tesota* por *P. californicum*. Los datos son el número de plantas parásitas por sección de altura del hospedero.

VII.7. Relación entre Número de Parasitas por Hospedero y la Altura del Hospedero

La relación entre el número de parásitas de *P. sonora* y la altura de su hospedero, *B. microphylla*, no mostró una relación significativa. A pesar de que el número de parásitas por hospedero parecía incrementar conforme incrementaba la altura de éste, en el análisis estadístico se mostró que no existe una relación significativa, entre el número de individuos de *P. sonora* y la altura de *B. microphylla* ($F = 2.56$ y $p = 0.11$).

El mismo caso ocurrió para *B. laxiflora* en donde después de hacer el análisis estadístico se demostró que no existe una relación significativa entre el número de individuos de *P. sonora* y la altura de *B. laxiflora* ($F = 4.18$ y $p = 0.07$).

Este análisis no se realizó entre el número de individuos de *P. californicum* y *O. tesota*

debido al reducido número de individuos que se muestrearon.

VII.8. Diámetro de los Tallos Parasitados

La distribución del diámetro de los tallos de *Bursera microphylla* parasitados por *P. sonora* se muestran en la figura 19. Los datos muestran que la mayoría (60%) de los individuos de *P. sonora* parasitan tallos que miden entre 10 y 30 mm de diámetro.

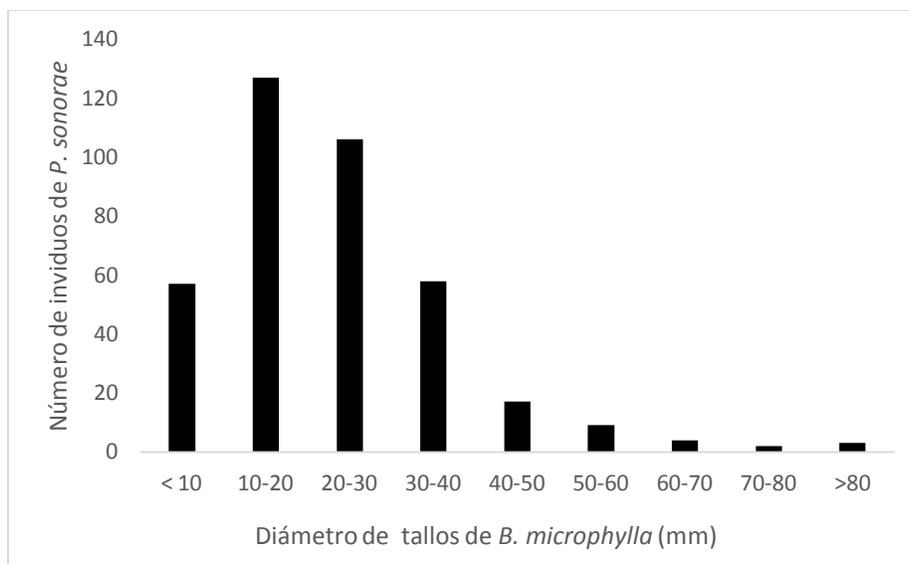


Figura 19. Distribución del diámetro de tallos infectados de *B. microphylla* por *P. sonora*

En el caso de los tallos infectados de *Bursera laxiflora*, los datos (Fig. 20) muestran que la mayoría (40%) de los individuos de *P. sonora* parasitan tallos de menos de 10 mm de diámetro.

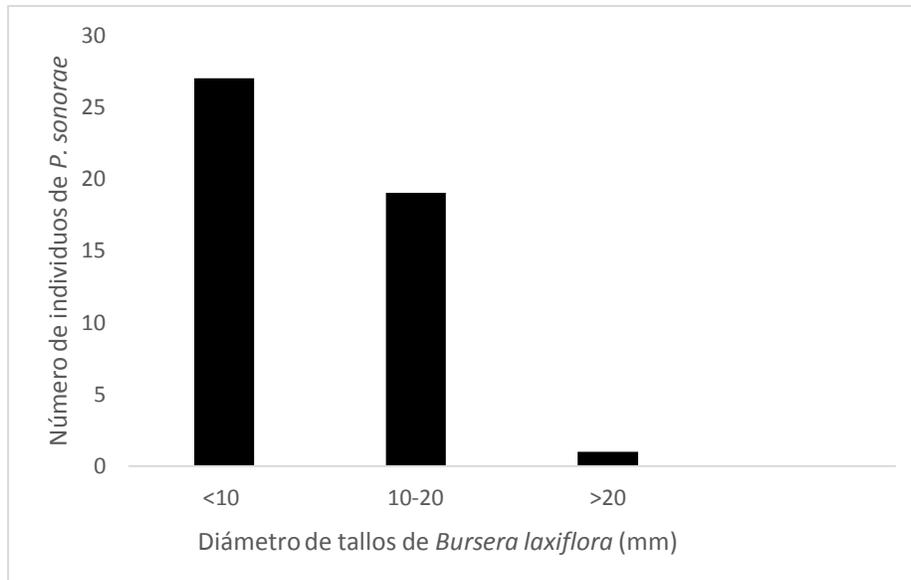


Figura 20 Distribución del diámetro de tallos infectados de *B. laxiflora* por *P. sonorae*

VII.9. Estructura de Tamaños de la Planta Parásita

El diámetro de los individuos de la planta parásita, *P. sonorae*, se usó como estimador del tamaño. La figura 22 muestra la distribución del diámetro de las plantas de *P. sonorae* que parasitan a *B. microphylla*. Los datos muestran una estructura poblacional donde las categorías de tamaño más frecuentes están entre 10 y 25 cm de diámetro. Los datos también muestran que la población se está regenerando ya que hay un número considerable de individuos con diámetro menor de 5 cm, es decir individuos jóvenes. Los individuos más grandes de *P. sonorae* registrados parasitando a *B. microphylla* fueron mayores de 60 cm (Fig. 21).

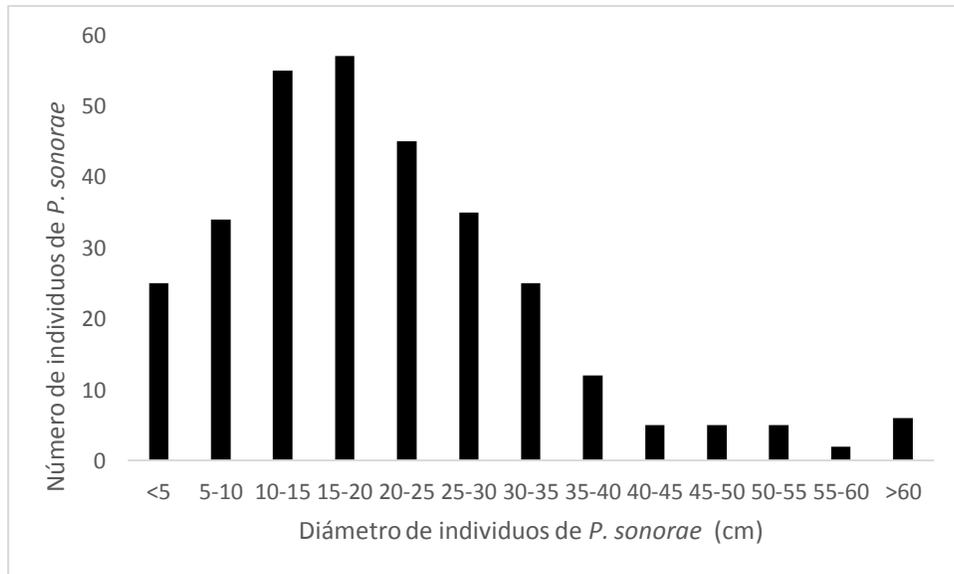


Figura 21. Distribución del diámetro de las plantas de *P. sonora* que parasitan *B. microphylla*.

En el caso de los individuos de *P. sonora* que parasitan a *Bursera laxiflora*, los datos (Fig. 22) muestran una estructura de tamaño donde las categorías más frecuentes están entre 15 y 20 cm. En este caso el número de individuos jóvenes es más bajo y quizás refleje que la regeneración es menor en *B. laxiflora* que en *B. microphylla*.

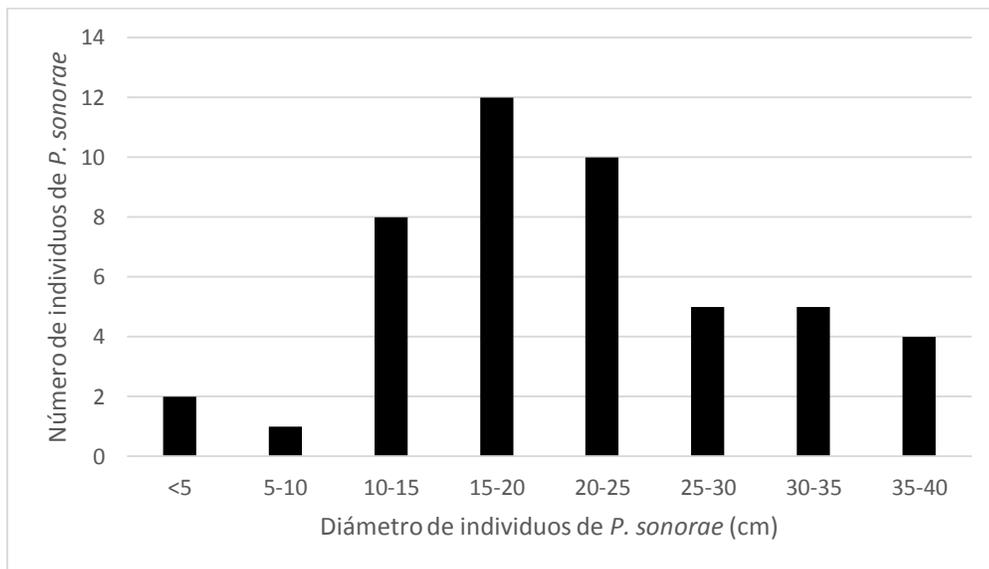


Figura 22. Distribución del diámetro de *P. sonora* que parasitan a *B. laxiflora*

VIII. DISCUSIÓN

En este trabajo hemos registrado dos especies de plantas parásitas en tres hospederos de un matorral de la costa central del Golfo cercano a San Carlos, Sonora. La distribución de las plantas parásitas fue aglutinada e infectaron principalmente a tallos de entre 1 y 3 cm de diámetro ubicados alrededor de la parte media superior de la copa de los hospederos. El hospedero con mayor grado de parasitismo fue *O. tesota* con un 42 %, mientras que el hospedero menos parasitado (6%) fue *B. laxiflora*. Los datos se discutirán siguiendo el mismo orden utilizado en la sección de resultados.

VIII.1. Preferencia de Hospederos

La especie parásita *Psittacanthus sonorae*, se registró parasitando a *Bursera microphylla* y *Bursera laxiflora* en el área de estudio. Para esta especie parásita, los estudios previos ya habían documentado a *B. microphylla* como hospedero (Overton, 1994). En la península de Baja California, Overton (1994) documentó que *P. sonorae* tiene la misma sobrevivencia al infectar a *B. microphylla* y *B. hindsiana*. En cambio en nuestro sitio de estudio, nuestros datos parecen sugerir que esta especie parásita tiene mayor éxito infectando a *B. microphylla* que a *B. laxiflora*.

La otra especie parásita, *Phoradendron californicum*, se registró parasitando solo a *Olneya tesota*. Esta última especie parásita ha sido registrada en un amplio rango de hospederos en el desierto Sonorense (Larson, 1996). Esto se puede deber a que en la comunidad estudiada sólo existe uno de sus hospederos. En los arroyos cercanos al sitio de estudio se pudo observar a esta parásita infectando a *Prosopis velutina* (Obs. Personal). Esto nos puede indicar que el patrón de parasitismo puede depender del contexto de la composición florística de la comunidad vegetal.

VIII.2. Porcentaje de Parasitismo

En la comunidad vegetal estudiada registramos variación en el porcentaje de hospederos parasitados. Para el caso de *B. microphylla* y *B. laxiflora*, las dos especies parasitadas por *P. sonorae*, los porcentajes de parasitismo fueron 27% y 6% respectivamente. En contraste, a pesar de tener menor abundancia en la comunidad, el porcentaje de parasitismo en *O. tesota* por parte de *P. californicum* fue de 42%. Estos valores de parasitismo caen dentro del rango de variación o son ligeramente superiores a los documentados para otras especies de plantas hospederas.

Por ejemplo, *P. californicum* ha sido registrada parasitando al 28% de los individuos de *Prosopis velutina* en una población de Arizona (Aukema y Martinez del Rio, 2002a). Para el caso de la parásita *Viscum rotundifolium*, que infecta a *Ehretia rigida*, se han documentado valores que fluctúan entre 21 y 34% (Okubamichael, 2011). Para la parásita *Psittacanthus robustus*, el porcentaje de parasitismo en *Vochysia thyrosoidea*, fue de 29.6% (Teodoro et al., 2009).

VIII.3. Abundancia de Parásitas

El número de plantas parásitas por hectárea registrada en este estudio fue de 93.6 para *P. sonorae* parasitando a *B. microphylla* y *B. laxiflora* y 3.8 para *P. californicum* parasitando a *O. tesota*. Estas diferencias en abundancia quizás reflejen las diferencias en la abundancia de posibles hospederos. Por ejemplo, el número de individuos por hectárea de *B. microphylla* y *B. laxiflora* en la comunidad fue de 26.8 y 37.8 plantas, mientras que el número de individuos de *O. tesota* fue sólo de 9 plantas.

La abundancia de parásitas en la comunidad estudiada cae dentro del rango de variación que ha sido registrada en otros estudios. Por ejemplo, Teodoro et al. (2013) realizó un estudio usando tres unidades de muestreo (2.8 hectáreas cada una) estimando la abundancia de *Psittacanthus robustus* y registró desde 18 hasta 89 individuos por hectárea con una carga de 1 a 12 parásitas por hospedero.

VIII.4. Distribución del número de parásitas por hospedero

Como en otros estudios sobre plantas parásitas (Norton, 1997; Aukema y Martínez del Río, 2002a; Aukema y Martínez del Río, 2002b; Overton, 1994), el número de plantas parásitas por hospedero en las tres especies de hospederos registrados en este trabajo, tuvo una distribución aglutinada (ver figuras 5, 6 y 7). La distribución aglutinada puede deberse a las preferencias de las aves dispersoras de las plantas parásitas, que usualmente perchan y defecan en hospederos ya infectados y, de esta forma concentran el parasitismo en pocos individuos (Overton, 1994). Esto implica que solo una fracción de los hospederos son afectados por las plantas parásitas y que el resto de la población no está afectada. Varios estudios (Overton, 1994; Aukema, 2003; Norton, 1998) han propuesto que el parasitismo es una interacción biótica que actúa como una fuerza selectiva que afecta y posiblemente elimina a los individuos más débiles o susceptibles del hospedero.

Algo interesante que observamos en el caso de *P. sonorae* y *B. microphylla* es que dos individuos de *B. microphylla* tenían un alto número de parásitas (> 40), en los que al parecer su modo de defensa contra la planta parásita era deshacerse de las ramas que se encontraban infectadas. Esta concentración de muchas parásitas en un hospedero puede reflejar que quizás fueron más susceptibles a la parásita que los demás hospederos y ese mecanismo observado puede disminuir posiblemente la carga de parásitas.

De los individuos parasitados de *B. microphylla*, la carga promedio de parásitas por hospedero fue de 2.8, con un rango de variación de 1 a 40 por planta. En el caso de *B. laxiflora*, la carga promedio de parásitas fue de 2.75, con un rango de variación de 1 a 14 por planta, mientras que en el caso de *O. tesota*, la carga promedio fue de 2, con un rango de variación de 1 a 16 parásitas por planta. Estos valores promedio de parásitas por hospedero caen dentro del rango de variación que ha sido documentado en otros estudios de plantas parásitas.

Por ejemplo, para el caso de *Prosopis velutina* se registró un promedio de 1.8 individuos de *P. californicum* por hospedero (Aukema y Martínez del Río, 2002b). En *Vochysia thyrsoidea* se encontraron de 1 a 12 individuos de *P. robustus* por hospedero (Teodoro et al., 2009). 2.3 parásitas por hospedero para *Ehretia rigida* (Okubamichael, 2011). Al igual que en los estudios previos las parásitas tienen una distribución aglutinada; es decir, la gran mayoría

de los hospederos no se encuentran parasitados y las parásitas se concentran en pocos hospederos.

Las razones a las que se puede deber la distribución aglutinada son varias. Aukema y Martínez del Río (2002b) mencionan que sus resultados son congruentes con la idea de que el comportamiento y forrajeo del ave dispersora genera una distribución agregada en los hospederos. Árboles altos y previamente parasitados reciben una fracción mayor de las semillas. En otros muérdagos se han encontrado patrones similares. Los árboles más grandes reciben mayor cantidad de semillas y también los previamente infectados (Martínez del Río et al., 1996). Otro factor asociado a la distribución aglutinada de las parásitas se debe a la distribución espacial de los hospederos, siendo la distribución espacial el resultado de la dispersión y del éxito de establecimiento de las parásitas (Nathan y Muler Landau, 2000; Herrera et al., 1994; Schupp y Fuentes, 1995). Donde existe una infección inicial se incrementa la posibilidad de que exista más parasitismo en el mismo hospedero; la distribución aglutinada puede ser causada por la limitación de dispersión de semillas y resultar en altas tasas de auto infección.

VIII.5. Estructura de Tamaño de los Hospederos

Como en otras especies perennes del desierto (Aukema y Martínez del Río, 2002c), la estructura poblacional de los tres árboles hospederos de las parásitas de la comunidad estuvo caracterizada por pocos individuos juveniles y dominada por categorías intermedias de tamaño. En el caso de *B. microphylla*, la mayoría de los individuos median entre 2 y 4 metros, para *B. laxiflora* entre 2 y 3 metros mientras que para *O. tesota* la mayoría median entre 3 y 4 metros. Esta estructura es común para árboles del desierto y revela relativamente poca regeneración reciente para estas tres especies (Spurrier y Smith, 2006).

VIII.6. Distribución de la Altura a la que se Encuentran las Parásitas en los Hospederos

La altura en la copa de los hospederos donde se registraron las plantas parásitas fue principalmente entre los 3 y 4 metros para el caso de *P. sonora* en *B. microphylla*, entre 2 y 3 metros para el caso de *P. sonora* en *B. laxiflora* y *P. californicum* en *O. tesota*. Las causas de esta distribución en la copa de los árboles es probable que se deba al comportamiento del dispersor de semillas (Overton, 1994). Es probable que las alturas donde se encuentran las plantas parásitas se deban a que en esas alturas son donde se localizan las ramas de tamaño adecuado para perchar, defecar y depositar las semillas en el hospedero (Norton, 1998).

En otras especies se ha documentado que las plantas parásitas se distribuyen en alturas similares de la copa. Por ejemplo, Teodoro et al. (2009) documentó que el mayor número de parásitas de *Psittacanthus robustus* se encontró por arriba de los 6 metros de altura en los individuos de *Vochysia thyrsoidea*. Los hospederos más altos fueron los que se encontraron más parasitados; de igual manera la mayoría de las parásitas se encontraron en las secciones más altas de la copa de los hospederos.

VIII.7. Relación Entre Número de Parásitas por Hospedero y la Altura del Hospedero

En cuanto a la relación entre el número de plantas parásitas por hospedero y la altura del hospedero, se encontró que no existe una relación significativa en ambos hospederos. La explicación quizás se deba a que los dispersores en esta área de estudio no tienen preferencia por perchar en hospederos más grandes. Los estudios previos muestran variación en esta relación; casos donde existe una clara relación entre tamaño y número de parásitas y otros casos donde no se ha registrado una relación significativa (Aukema, 2001). Por ejemplo, en *O. tesota* y *C. microphyllum* se ha documentado una relación significativa mientras que en *A. constricta* no es significativa la relación (Aukema, 2001).

VIII.8. Diámetro de los Tallos Parasitados

La gran mayoría de los tallos parasitados de *B. microphylla* por *P. sonorae* miden de 1 a 3 cm de diámetro. En cambio los tallos parasitados más frecuentemente de *B. laxiflora* miden menos de 1 cm de diámetro. El tamaño de los tallos parasitados refleja varios procesos. Por un lado, el diámetro refleja el tamaño y resistencia mecánica del tallo suficiente para sostener el peso de los dispersores. También puede reflejar la superficie suficiente del tallo para que las semillas puedan depositarse efectivamente y germinar con éxito. Tallos muy pequeños pueden no resistir el peso de los dispersores o tener una superficie insuficiente para la deposición de las semillas. Tallos muy grandes pueden dificultar la percha o la deposición de las semillas (Jordano, 2000).

VIII.9. Estructura de Tamaños de la Planta Parásita

Los resultados sobre la estructura de tamaños de la misma especie en dos hospederos diferentes revelan patrones contrastantes. Por un lado, *P. sonorae* en *B. microphylla* muestra un rango más amplio de categorías de tamaño. En este caso, los datos parecen indicar que existe buena regeneración de *P. sonorae* en *B. microphylla* y quizás indique que el desempeño de la planta parásita en este hospedero es adecuado. En cambio, esta misma planta parásita (*P. sonorae*) mostró menor abundancia y una estructura de tamaños con menor frecuencia de juveniles en *B. laxiflora*. Este patrón quizás indique que la regeneración y el desempeño de esta parásita en *B. laxiflora* es menor que en *B. microphylla*. En el caso de *P. californicum* en *O. tesota*, aunque el tamaño de muestra fue menor, los datos también indican evidencia de menor regeneración.

Estas diferencias en regeneración se pueden deber a procesos como la preferencia del dispersor por perchar en diferentes hospederos y también se puede deber a la diferente susceptibilidad del hospedero a las parásitas (Aukema, 2001). Debido a diferencias morfológicas y fisiológicas entre los hospederos, el establecimiento y persistencia de los muérdagos pueden

variar dependiendo de las especies (Hoffman et al., 1986; Yan, 1993; Thomson y Mahall, 1983).

Los estudios experimentales sobre el éxito en la germinación y el establecimiento de plantas parásitas en diferentes hospederos muestran que existen diferencias en la resistencia de los hospederos a la infección (Aukema, 2001). De manera similar el establecimiento de plantas parásitas no sólo depende de la dispersión y deposición de semillas en las ramas sino de la capacidad para sobrevivir en el hospedero (Aukema, 2001).

Los datos de este trabajo sobre la estructura poblacional de las especies parásitas de la comunidad caen dentro del rango de variación que se ha documentado para otras parásitas. Por ejemplo, en el caso de *P. robustus* la distribución de tamaños indica buena regeneración (Teodoro et al., 2009) mientras que en el caso de *Peraxilla colensoi* la mayor parte de los individuos fueron de categorías intermedias y hubo poca regeneración (Norton, 1997). Los patrones de regeneración en plantas parásitas se ven influenciados por varios factores (Dawson et al., 1990). Por ejemplo en el caso de *Phoradendron juniperium*, existen menos individuos pequeños y menor regeneración cuando hay olas intensas de frío, influyendo así en la sobrevivencia de las parásitas (Dawson et al., 1990).

IX. CONCLUSIONES

En las cinco hectáreas estudiadas de un matorral desértico de la costa de Sonora, cercano al Cañón de Nacapule en San Carlos, Sonora, sólo se registraron dos especies de plantas parásitas: *Psittacantus sonorae* parasitando a *Bursera microphylla* y *Bursera laxiflora* y *Phorandendron californicum* parasitando a *Olneya tesota*. La abundancia de *P. sonorae* fue de 93.6 ± 60.5 plantas por hectárea, mientras que para *P. californicum* la abundancia fue de 9 ± 8.1 plantas por hectárea.

El porcentaje de hospederos parasitados fue: 27% para *B. microphylla*, 6% para *B. laxiflora* y 42% para *O. tesota*, el cual presentó el mayor porcentaje de hospederos parasitados. La distribución de estos muérdagos en los hospederos fue aglutinada, en donde la gran mayoría de los hospederos no se encontraban parasitados.

La altura a la que se encontraron las plantas parásitas en los hospederos varió dependiendo de la especie de hospedero. Para el caso de *B. microphylla* la mayoría de las parásitas infectaron al hospedero entre los 3 y 5 metros de la copa. En *B. laxiflora* se encontraron parasitando entre 2 y 3 metros. Por último para *O. tesota* los individuos de *P. californicum* se encontraban entre 2 y 3 metros de altura. *P. sonorae* tuvo preferencia por la parte media superior de la copa del hospedero, en la región del 50 al 75 % de la altura de la copa, al igual que en *B. laxiflora*. Para el caso de *O. tesota*, la mayoría (61%) de los individuos se encontró en la región del 25 a 50% de la altura del hospedero.

El diámetro de los tallos parasitados fue diferente para cada hospedero; en el caso de *B. microphylla* la mayoría de las parásitas se encuentran en tallos de 1 a 3 centímetros de diámetro. En cambio para *B. laxiflora* se encuentran con mayor frecuencia en tallos de 0.5 a 1 centímetro.

X. RECOMENDACIONES

En vista de que los estudios sobre plantas parásitas en el estado de Sonora son escasos, se recomienda realizar estudios sobre la distribución y abundancia de plantas parásitas en otras comunidades costeras donde se ha registrado a *P. sonorae*.

Dado que es probable que la distribución de las plantas parásitas estudiadas en este trabajo se deba principalmente a los patrones de forrajeo de los dispersores, se recomienda estudiar el comportamiento de los dispersores de los frutos de las dos especies: *P. sonorae* y *P. californicum*.

P. californicum tiene un amplio rango de hospederos. Se recomienda estudiar a esta especie en comunidades donde existan otros hospederos potenciales como mezquites o palo verdes, para evaluar su distribución.

Se conoce muy poco sobre el papel que tienen los muérdagos en la comunidad. Se recomienda estudiar el impacto que tienen los muérdagos del desierto en diferentes aspectos del desempeño de los hospederos de la comunidad.

XI. LITERATURA CITADA

- Alvarado-Cárdenas, L.O. 2009. Sistemática del género *Bdallophytu* (Cytinaceae). *Acta Botánica Mexicana* 87: 1-21.
- Arruda, R., R.F., Fadini, L.N. Carvalho, K. Del-Claro y F.A. Moura. 2012. Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of Brazilian ecosystems. *Acta Botanica Brasilica* 26: 264-274.
- Aukema, J. 2001. Dispersal and spatial distribution of the desert mistletoe, *Phoradendron californicum*, at multiple scales: patterns, processes and mechanisms. Tesis de Doctorado Universidad de Arizona. Tucson, Arizona, Estados Unidos de América.
- Aukema, J. 2002. Variation in mistletoe seed deposition: effects of intra- and interspecific host characteristics. *Ecography* 25: 139–144.
- Aukema, J. 2003. Vectors, viscin, and Viscaceae: mistletoes as parasites, mutualists, and resources. *Frontiers in Ecology and Environment* 1: 212-219.
- Aukema, J. 2004. Distribution and dispersal of desert mistletoe is scale-dependent, hierarchically nested. *Ecography* 27:137-144.
- Aukema, J. y C. Martínez del Río. 2002a. Where does a fruit-eating bird deposit mistletoe seeds? Seed deposition patterns and an experiment. *Ecology* 83: 3489–3496.
- Aukema, J. y C. Martínez del Río. 2002b. Mistletoes as parasites and seed-dispersing birds as disease vectors: current understanding, challenges and opportunities. *Ecography* 25: 139–44.
- Aukema, J. y C. Martínez del Río. 2002c. Mistletoes as parasites and seed-dispersing birds as disease vectors: current understanding, challenges, and opportunities. 99-110 p. En: Levey D. J, W. R. Silva, y M. Galetti (Eds.), *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*, CAB International, Wallingford, Reino Unido.
- Azpeitia, F. y C. Lara. 2006. Reproductive biology and pollination of the parasitic plant *Psittacanthus calyculatus* (Loranthaceae) in central Mexico. *Journal of the Torrey Botanical Society* 166: 429-438.

- Barkman, T.J., J.R. McNeal y S.H. Lim. 2007. Mitochondrial DNA suggests at least 11 origins of parasitism in angiosperms and reveals genomic chimerism in parasitic plants. *BMC Evolutionary Biology* 7:1-15.
- Calder, M. y P. Bernardt. 1983. *The Biology of Mistletoes*. Academy Press, Sidney, Australia.
- Cházaro, M. 2006. *Las Plantas Parasitas de México: Florística y Fitogeografía*. Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara. Departamento de Botánica y Zoología.
- Cházaro M., F. Huerta, R. Patiño y Sánchez R. 1992. Los muérdagos (Loranthaceae) de Jalisco, parásitas poco conocidas. *Ciencia y Desarrollo*. 17(102): 70–85.
- Chu, M. y G. E. Walsberg. 1999. *Phainopepla* (*Phainopepla nitens*). En: A. Poole and F. B. Gill, (Eds.), *The Birds of North America*, Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos de América.
- Dawson, T.E., E.J. King y J.R. Ehleringer. 1990. Age structure of *Phoradendron juniperinum* (Viscaceae), a xylem-tapping mistletoe: inferences from a non-destructive morphological index of age. *American Journal of Botany* 77: 573-583.
- dePamphilis, C.W., D.Y. Nelson, y A.D. Wolfe. 1997. Evolution of plastid gene *rps2* in a lineage of hemiparasitic and holoparasitic plants: Many losses of photosynthetic and complex patterns of rate variation. *Proceeding of the National Academy of Sciences* 94: 7367-7372.
- deVega, C., R. Berjano, M. Arista P.L. Ortiz, T. Salvador y T.F. Stuessy. 2008. Genetic races associated with the genera and sections of host species in the holoparasitic plant *Cytinus* (Cytinaceae) in the Western Mediterranean basin. *New Phytologist* 178; 875-887.
- Dobson, A., Lafferty D.K., A.M. Kuris, R.F. Hechinger y W. Jetz. 2008. Hommage to Linnaeus: How many parasites? How many hosts? *Proceeding of the National Academy of Sciences* 105: 11482-11489.
- Ehleringer, J. R. y J. D. Marshall, 1995. Water relations. 125-140 p. En: Press, M. C. y Graves, J. D. (Eds.), *Parasitic plants*. Chapman and Hall, Londres, Inglaterra.
- Felger, R. 1999. The flora of Cañón de Nacapule: A desert-bounded tropical canyon near guaymas, Sonora, Mexico. *Proceedings of the San Diego Society of Natural History* 35:1-42.
- Felger, R.S. y M.B. Moser. 1985, reimpresso 1991. *People of the Desert and Sea: Ethnobotany of the Seri Indians*. University of Arizona Press. Tucson. Estados Unidos de América.

- Freeman, C., R. Worthington y R. Corral. 1985. Some floral nectar sugar compositions from Durango and Sinaloa, Mexico. *Biotropica* 17: 309–313.
- García, E. 1997a. Carta de climas. Sistema de Köppen, modificado por E. García. Escala 1:10000000. Conabio-Estadiografía, México.
- García, E. 1997b. Isotermas medias anuales (zonas térmicas según el sistema de Köppen (modificado por E. García) Escala 1:10000000. Conabio-Estadiografía, México.
- García, E. 1997c. Precipitación total anual. Escala 1:10000000. Conabio-Estadiografía, México
- García-Franco, J.G., V. Souza, E. Eguiarte y V. Rico-Gray. 1998. Genetic variation, genetic structure and effective population size in tropical holoparasitic endophyte *Bdallophyton bambusarum* (Rafflesiaceae). *Plant Systematics and Evolution* 210:271-288.
- Glazner, J.T., B. Devlin y N. C. Ellstrand. 1986. Biochemical and morphological evidence for host race evolution in desert mistletoe, *Phoradendron californicum* (Viscaceae). *Plant Systematics and Evolution* 161: 13-21.
- Gómez –Sánchez, M. y L. Sánchez-Fuentes. 2011. Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus*, endémicos del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1203-1218.
- Hawksworth, F.G., 1983. Mistletoes as forest parasites. 317-33 p. En: Calder M. y P. Bernhard. (Eds). *The biology of mistletoes*. Academic Press. San Diego, CA. Estados Unidos de América.
- Heide-Jørgensen, H. 2008. *Parasitic flowering plants*. Brill. Leiden, Holanda.
- Herrera, C. M., P. Jordano, L. Soria y J. Amat. 1994. Recruitment of a mast-fruting, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs* 64:315-344.
- Hoffman, A.J., E.R. Fuentes, I. Cortes, F. Liberona y V. Costa. 1986. *Tristerix tetrandrus* (Loranthaceae) and its host-plants in the Chilean matorral: patterns and mechanisms. *Oecologia* 69: 202-206.
- Holzappel, S., M. Faville y C. E. C. Gemmill 2002. Genetic variation of the endangered holoparasite *Dactylanthus taylorii* (Balanophoraceae) in New Zealand. *Journal of Biogeography* 29: 663-676.

- Jerome, C.A. y B.A. Ford 2002. Comparative population structure and genetic diversity of *Arceuthobium americanum* (Viscaceae) and its *Pinus* host species: insight into host parasite evolution in parasitic angiosperms. *Molecular Ecology* 11: 407-420
- Jordano, P. 2000. Fruits and frugivory. 125-166 p. En: Fenner, M. (Ed.), *Seeds: The ecology of regeneration in plant communities*. CABI Publ., Wallingford, UK.
- Kuijt, J. 1969. *The Biology of Parasitic Plants*. University of California Press. 225- 239.
- Kuijt, J. 2009. Monograph of *Psittacanthus* (Loranthaceae). *Systematic Botany Monographs* Vol. 86. American Society of Plant Taxonomists, Ann Harbor.
- Lamont, B. 1983. Mineral nutrition of mistletoes. 185–201 p. En: Calder M y P. Bernhardt (Eds), *The biology of mistletoes*. Academic Press. San Diego, CA, Estados Unidos de América.
- Larson, D. 1996. Seed dispersal by specialist versus generalist foragers: the plant's perspective. *Oikos* 76: 113-120.
- Linares, O. 2013. Análisis de la diversidad genética de *Pholisma culiacanum*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Culiacán, Sinaloa, México.
- López De Buen, L., y J.F. Ornelas. 1999. Frugivorous birds, host selection and the mistletoe *Psittacanthus schiedeanus*, in central Veracruz, Mexico. *Journal Tropical Ecology* 15:329-340.
- Mathiasen, R.L., D.L. Nickrent, D.C. Shaw y D.M. Watson. 2008. Mistletoes: pathology, systematics, ecology, and management. *Plant Disease* 92: 988–1006.
- Molau, M. 1995. Reproductive ecology and biology. 141-176 p. En: *Parasitic Plants*. Press, M.C. y J.D. Graves. (Eds). Chapman & Hall, London.
- Martínez del Río, C., A. Silva, R. Medel y M. Hourdequin. 1996. Seed dispersers as disease vectors: bird transmission of mistletoe seeds to plant hosts. *Ecology* 77:912–921.
- Musselman, L.J., Press M.C. 2004. Introduction to parasitic plants. 1-13 p. En: *Parasitic plants*. Press, M.C. y J.D. Graves. (Eds.), Chapman & Hall London
- Nabhan, G.P. 1985. *Gathering the Desert*, University of Arizona Press, Tucson, Arizona, Estados Unidos de América.
- Nathan, R. y H. Muller-Landau. 2000. Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution* 13: 278-285.

- Nathan, R., F. M. Schurr, O. Spiegel, O. Steinitz, O. Trakhtenbrot y A. Tsoar. 2008. Mechanisms of long-distance seed dispersal. *Trends in Ecology & Evolution* 23: 638-647.
- Nickrent, D. L. 2002. Plantas parásitas en el mundo. 7-28 p. En: J. A. López- Sáez, P. Catalán y L. Sáez (Eds.), *Plantas parásitas de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Nickrent, D.L., R. Duff Joel, A. Colwell, A. Wolfe, D. Nelson, E. Steiner Kim y C. W. dePamphilis. 1998. Molecular Phylogenetic and Evolutionary Studies of Parasitic Plants. 211- 241 p. En: Soltis D., P. Soltis y J. Doyle (Eds.), *Molecular Systematics of Plants II. DNA Sequencing*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA., Estados Unidos de América.
- Nickrent, D. L. y V. Malécot. 2001. A molecular phylogeny of Santalales. 69-74 p. En: Fer, A., P. Thalouarn, D. M. Joel, L. J. Musselman, C. Parker, y J. A. C. Verkleij. (Eds.), *Proceedings of the 7th. International Parasitic Weed Symposium*. Faculté des Sciences, Université de Nantes, Nantes, Francia.
- Nickrent, D.L., M.A. Garcia, M. P. Martin y R.L. Mathiasen. 2004. A phylogeny of all species of *Arceuthobium* (Viscaceae) using nuclear and chloroplast DNA sequences. *American Journal of Botany* 91: 125-138.
- Nickrent, D.L. y R. Vidal-Russel. 2008. Evolutionary relationships in the showy mistletoe family (Loranthaceae). *American Journal of Botany* 95: 1015-1029.
- Norton, D. A. 1997. Distribution and population structure of the Loranthaceous mistletoes *Alepis flavida*, *Peraxilla colensoi*, and *Peraxilla tetrapetala* within two New Zealand *Nothofagus* forests. *New Zealand Journal of Botany* 35:323-336.
- Norton, D.A. 1998. Mistletoes as parasites: host specificity and speciation *Trends in Ecology and Evolution* 3: 101-105.
- Norton, D.A. 2002. Host provenance effects on germination and establishment of two New Zealand mistletoes (Loranthaceae) *Functional Ecology* 16: 657–663
- Okubamichael, D.Y. 2011. Host specificity, nutrient and water dynamics of the mistletoe *Viscum rotundifolium* and its potential host species in the Kalahari of South Africa. *Journal of Arid Environments* 75: 898-902.
- Overton, J. 1994. Dispersal and infection in mistletoe metapopulations. *Ecology* 82: 711- 723.

- Pennings, S.C., y R.M. Callaway. 1996. Impact of a parasitic plant on the structure and dynamics of salt marsh vegetation. *Ecology* 77: 1410-1419.
- Press, M.C., y G.K. Phoenix 2005. Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist* 166: 737–751.
- Ramírez M.M., J.F. Ornelas. 2009. Germination of *Psittacanthus schiedanus* (mistletoe) seeds after passage through the gut of Cedar Waxwings and Grey Silky-flycatchers. *Journal of the Torrey Botanical Society* 136(3): 322-331.
- Ramírez M.M., J.F. Ornelas. 2010. Pollination and nectar production of *Psittacanthus schiedeanus* (Loranthaceae) in central Veracruz, Mexico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87:71-77.
- Reid, N. 1989. Dispersal of mistletoes by honeyeaters and flowerpeckers: components of seed dispersal quality. *Ecology* 70: 137-145.
- Restrepo, C., S. Sargent, D.J. Levey, y D.M. Watson. 2002. The role of vertebrates in the diversification of New World mistletoes. 83–98 p. En: Levey D J, Silva WR, and Galetti M (Eds), *Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation*. CAB International Press, Oxfordshire, Reino Unido
- Rubiales, D., y H. S. Heide-Jørgensen. 2011. Parasitic Plants. En: *Encyclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Schupp, E. W., y M. Fuentes. 1995. Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology. *Ecoscience* 267-275.
- Shreve, F., y I. L. Wiggins. 1964. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*. Stanford University Press. Stanford, California. Estados Unidos de América.
- Smith, T., R. Smith. 2007. *Ecología*. Pearson Educación, Madrid, España.
- Spurrier, S. E., y K. G. Smith. 2006. Watering blue palo verde (*Cercidium floridum*) affects berry maturation of parasitic desert mistletoe (*Phoradendron californicum*) during an extreme drought in the Mojave Desert. *Journal of Arid Environments* 64:369-373.
- Teodoro, G.S. E. van der Berg, M. Nunes Santos y F. de Freia Coelho. 2009. How does a *Psittacanthus robustus* Mart. Population structure relate to a *Vochysia thyroidea* Pohl. Host population? *Flora* 205:797-801.
- Teodoro, G.S. E. van der Berg y R. Arruda. 2013. Metapopulation dynamics of the mistletoe and its host in savanna areas with different fire occurrence. *PLOS ONE* 8(6):1-7.

- Thomson, V.E. y B.E. Mahall. 1983. Host specificity by a mistletoe *Phoradendron villosum* (Nutt.) subs. *villosum* on three oak species in California. *Botanical Gazette* 144: 124-131.
- Vázquez-Collazo, I. y R. Pérez Chávez, 1982. Efecto del parasitismo del muérdago (*Psittacanthus schiedeanus* Cham. and Schlecht Blume) en el desarrollo de tres especies del género *Pinus*. *Ciencia Forestal* 40:48-64.
- Vázquez-Collazo, I. y R. Pérez Chávez. 1985. Efecto del parasitismo del muérdago, *Psittacanthus schiedeanus* (Cham. and Schlecht) Blume, en el desarrollo de tres especies del género *Pinus*. 47–56 p. En: Memoria de los simposios nacionales de parasitología forestal II y III. Publicación Especial 46. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F.
- Vázquez-Collazo T. y B.W. Geils. 2002. *Psittacanthus* in Mexico. 9–17 p. En: Geils B.W., Cibrián-Tovar J. and Moody B. (Eds.), *Mistletoes of North American Conifers*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, Estados Unidos de América.
- Walsberg, G. 1975. Digestive adaptations of *Phainopepla nitens* associated with the eating of mistletoe berries. *Condor* 77: 169-174.
- Yan, Z. 1993. Resistance to haustorial development of 2 mistletoes, *Amyema preissii* (Miq.) *Tieghem exocarpi* and *Lysiana exocarpi* (Behr.) *Tieghem* ssp *exocarpi* (Loranthaceae), on host and nonhost species. *International Journal of Plant Sciences* 154: 386–94.
- Watling, J.R., y M.C. Press. 2001. Impacts of infection by parasitic angiosperms on host photosynthesis. *Plant Biology* 3:244-250.
- Watson, D.M., 2001. Mistletoe—A keystone resource in forests and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32:219–49
- William, J. A Sonoran Desert Scrapbook: Some Desert Plants of Kino Bay and Vicinity. 2012. Dog Ear Publishing. Indianapolis, Estados Unidos de América.
- Zuber, D. 2009. Phylogeography and host race differentiation in the European mistletoe (*Viscum album* L.). *Molecular Ecology* 18: 1946–1962.

