



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a dos
especies de muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) parásitos
de *Pinus hartwegii* (Lindl.) en el Parque Nacional
“Zoquiapan y Anexas”.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIOLOGO

P R E S E N T A:

León Felipe Chávez Salcedo

DIRECTOR DE TESIS:

Director de tesis: Biól. Mónica Elisa Queijeiro

Bolaños 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria

**Este trabajo se lo dedico al Enjambre, desde la Madre Reina, hasta al trabajador que está
por nacer.**

Esto es por y para mi Familia, así como para la comunidad.

Gracias, he aquí el producto de su cariño y apoyo.

Agradecimientos

En primer lugar a la vida por otorgarme la oportunidad de disfrutar mi estancia en la Tierra.

A mi familia; mi madre, abuela, a mis tetos, a mis tíos, quienes siempre han confiado en mí, apoyándome y forjándome hacia la persona que soy.

A los Doctores Zenón Cano Santana y Víctor López Gómez, los cuales codirigieron y asesoraron ésta tesis. Los cuales han colaborado en mi formación académica de manera significativa ($p= 0.005$) permitiéndome ser parte del grupo de trabajo de Interacciones y Procesos Ecológicos.

A mi tutora la Bióloga Mónica Queijero por brindarme su amistad y entusiasmo, por introducirme en el mundo de los Muérdagos y su ecología. Por tener paciencia y una gran dedicación a este proyecto. Así como acompañarme a los muestreos al Bosque Zoquiapan

Al M.en C. Iván Castellanos por el apoyo técnico ofrecido en el transcurso de este tiempo.

Al Taller de Ecología Terrestre y Manejo de Recursos Bióticos, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. A los maestros que revisaron durante esos dos años mis avances. A la Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez, a la Bióloga Coni Martínez, a la M.en C. Irene Pisanty, al Dr. Israel Gustavo Carrillo Ángeles. Así como a los compañeros con los cuales emprendí la aventura tallerina. Daniela, Gina, Ixchel, Olivia, Sebastian, Rodrigo, Luis.

Al jurado de la tesis, a la Dr. Blanca Estela Mejía Recamier, a la M.en C. Aurea M. Mójica, al M.en C. Arturo García Gómez, y al Dr. Víctor López Gómez, quienes no solo me realizaron observaciones y correcciones al trabajo, si no que colaboraron y asesoraron en la realización del mismo. Sin su ayuda, no hubiera sido posible. En especial a la Dr. Blanquita, quien fue mi maestra para en la identificación y manejo de la micro fauna, compartiéndome su pasión por los ácaros.

Al Dr. José Guadalupe Palacios Vargas por recibirme en su laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, en el cual, pude llevar acabo el procesamiento de las muestras, separando, identificando y montando. A los compañeros del laboratorio que hicieron más amenas y agradables las tardes de laboratorio; Daniela, Fernando, Eliuh, Otilia y Rocio.

Al Biól. Ricardo Iglesias Mendoza quién me ayudo en la identificación de los ácaros Cryptostigmata.

Al Dr. Dr. Fernando Álvarez Padilla y a su grupo de trabajo por ayudarme con la Taxonomía y Sistemática de Araneomorphae.

Al Dr. Roberto Miguel Johansen Naime quién me recibió en el laboratorio de Tisanopterología de la colección de insectos del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, donde me compartió el gusto por los trips. A la Técnico Académico de este laboratorio, Biól. Elizabeth Mejorada Gómez quién colaboró en el procesamiento de muestras, montaje e identificación.

Al Biól. Javier García Figueroa Técnico Académico a cargo de la Colección de Psocoptera del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.

A la M. en F. Ana Isabel Bieler Antolín quién brindó el servicio de documentación y registro fotográfico para esta tesis en el Laboratorio de Micro cine de la Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Sin su ayuda, las fotografías aquí presentes no hubiesen sido posibles.

Este proyecto se realizó como parte del proyecto PAPIIT IN220912.

Por último y no menos importante quiero agradecer a todos aquellos cúmulos de personas con las que he tenido la oportunidad de convivir en el transcurso de los últimos años. La estructura de la comunidad de bichos de la que formo parte y hoy funjo como individuo clave, es muy vasta, amplia, diversa y robusta. Estos sujetos me han permitido crecer como ser humano.

Gracias por incluir sus colores en mi vida, los quiero mucho; Abraham, Hugo, Rafa, Charly, Jhony, Jaqueline, David, Julia, Marielisa, Cris, Erick, Salch, RoLeón, Cristiano, Agni,

A María por haberme acompañado y ayudado en estos años de proceso formativo académico y personal. Eres una rifada. Nuestro amor es grande.

A mis Puercoits, mis Tecuanes y demás compañeros en la vida.

Estas palabras resultan ser cortas e insuficientes para externarles mi cariño y agradecimiento. Realmente soy dichoso por tenerles a mi lado.

Hoja de Datos del Jurado

1.- Datos del alumno

Chávez

Salcedo

León Felipe

Teléfono: 56776796

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

302500835

2.- datos del tutor

Biól.

Mónica Elisa

Queijeiro

Bolaños

3. Datos del Sinodal

Dra.

Blanca Estela

Mejía

Recamier

4. Datos del Sinodal

M. en C.

Áurea Micaela

Mojica

Guzmán

5. Datos del Sinodal

Dr.

Víctor

López

Gómez

6. Datos del Sinodal

M. en C.

Arturo

García

Gómez

7.- Datos del trabajo escrito

Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a dos especies de muérdago enano (*Arceuthobium* spp.)
parásitos de *Pinus hartwegii* (Lindl.) en el Parque Nacional "Zoquiapan y Anexas".

No. de páginas 94

2013

ÍNDICE

Resumen

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Los artrópodos terrestres, las plantas y el dosel	1
1.2 Las comunidades de artrópodos epífitos	3
1.3 Ecología y biología de los artrópodos asociados a muérdagos enanos	1
II. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	19
III. ZONA DE ESTUDIO	20
IV ESPECIES DE ESTUDIO	23
V MATERIALES Y METODOS	27
5.1 Colecta y procesamiento de ejemplares	27
5.2 Análisis de datos	30
VI. RESULTADOS	32
6.1 Composición de la comunidad de artrópodos asociados al dosel de <i>Pinnus hartwegii</i> y sus plantas parásitas.	32
6.2 Comparación entre temporadas.....	44

6.3	Estructura de la comunidad de artrópodos en los tres tipos de planta.....	44
6.4	Comparación entre plantas hospederas y fechas	53
6.5	Similitud y clasificación de comunidades	59
6.6	Red trófica	61
VII.	DISCUSIÓN	63
7.1	Comparación de las comunidades.....	63
7.2	Papel funcional de los artrópodos epífitos	65
7.3	Variación estacional.....	70
VIII.	CONCLUSIONES.....	71
IX.	Literatura Citada	74
X.	Anexos	90

Chávez-Salcedo, L.F. 2013. Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a dos especies de muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) parásitos de *Pinus hartwegii* (Lindl.) en el Parque Nacional “Zoquiapan y Anexas”. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México. 94 pp.

Resumen

Para el estudio de la ecología de comunidades de artrópodos epífitos, el dosel ha mostrado ser un modelo ideal al ser fácilmente delimitable y habitado por el mayor porcentaje de organismos sobre la tierra. La infestación de árboles por muérdagos enanos (plantas parásitas del género *Arceuthobium*) ha alcanzado niveles altos dentro los bosques de coníferas de toda América del Norte. En el caso de México se ha identificado que las especies *A. globosum* subsp. *Grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* son causantes de graves daños a coníferas, por lo que han sido considerados como la segunda causa de daño forestal después de los incendios. Actualmente, no se han realizado trabajos ecológicos sobre las interacciones y las asociaciones existentes entre dichas plantas y los artrópodos. En este estudio se comparó la estructura (riqueza, diversidad, abundancia, composición y equitatividad) de la comunidad de artrópodos epífitos asociados a los tejidos aéreos de dos especies de muérdago (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*) y a las acículas de su árbol hospedero, *Pinus hartwegii*, en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas (PNZA). Para esto, Se recolectó bimestralmente a partir de Marzo, durante el año 2010, tejido vegetal de los muérdagos y acículas de pino, acumulando un total de 29-30 muestras por especie. Para extraer la artrópodo fauna se utilizaron embudos de Berlese-Tullgren. Se colectaron 32,059 ejemplares (tanto adultos como de estados inmaduros) de los cuales se identificaron 51 morfoespecies pertenecientes a 15 órdenes de artrópodos. La comunidad asociada a *P.hartwegii* obtuvo el valor más alto de diversidad ($H' = 1.468$) y de riqueza de especies ($S=40$) seguido de *A.vaginatum* ($H' = 0.645$, $S=35$)y *A.globosum* ($H' = 0.642$ $S=30$). En contraste, la abundancia de

artrópodos fue significativamente más alta en las dos especies de muérdago .Se encontró que hubo efecto significativo del tiempo de colecta, de la planta hospedera y de la interacción de la planta hospedera × el tiempo de colecta, sobre la riqueza y la abundancia de artrópodos. Se registraron valores significativamente mayores de abundancia de artrópodos en las dos especies de muérdagos, que los obtenidos en *P. hartwegii*. A su vez, se registró un efecto significativo de la fecha de colecta, así como de la planta hospedera sobre la diversidad de artrópodos, mostrando valores significativamente mayores para *P. hartwegii*, como para la colecta de marzo respecto a la de noviembre y enero. Las comunidades asociadas a los dos muérdagos presentaron una mayor similitud (ISJ = 0.625) con 26 morfoespecies en común; el valor más bajo fue el asociado a la similitud de *P.hartwegii* con *A. vaginatum* (ISJ = 0.530).En el caso de la comunidad asociada a *P. hartwegii* se presentó un valor de equitatividad más alto ($J' = 0.625$), debido a la codominancia de Prostigmata, Thysanoptera, Homoptera, Oribatida y Collembola.

Se concluye que los muérdagos favorecen la diversidad de artrópodos en el dosel de los bosques de coníferas.

Palabras clave: Muérdago, *Arceuthobium globosum*, *Arceuthobium vaginatum*, *Pinus hartwegii*, dosel, comunidad, estructura, artrópodo, plantas parásitas, similitud, Prostigmata, Thysanoptera, *Frankliniella*

Keywords: Mistletoe, *Arceuthobium globosum*, *Arceuthobium vaginatum*, *Pinus hartwegii*, canopy, arthropod, community structure, parasitic plants, Prostigmata, Thysanoptera, *Frankliniella*.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Los artrópodos terrestres, las plantas y el dosel

Los artrópodos tienen un papel fundamental en los ecosistemas terrestres, pues desempeñan tareas muy importantes para el mantenimiento de éstos, involucrando procesos como el reciclaje de materia y el flujo de energía (Begon *et al.*, 2006). Además cumplen funciones importantes en los sistemas naturales como herbívoros, polinizadores, depredadores, dispersores de semillas, vectores de hongos y bacterias o descomponedores de materia orgánica (Samways, 1994). Por otro lado, son eslabones importantes dentro de las redes tróficas, pues actúan como consumidores primarios, depredadores o presas (Iannacone y Alvariño, 2006). Los artrópodos constituyen un sistema de estudio complejo debido a su alta diversidad, su alta abundancia relativa y su pequeño tamaño corporal (Kim, 1993; López-Gómez, 2003).

Los artrópodos terrestres mantienen una estrecha relación con las plantas con flores, de la cual ha evolucionado cierta especificidad y relaciones obligadas entre los dos grupos, de modo que todos los tejidos ofrecidos por las plantas son explotados como alimento o hábitat por los artrópodos (e.g., follaje, flores, frutos, semillas y estructuras tanto subterráneas como aéreas), quienes pueden llevar a cabo funciones mutualistas (como agentes

polinizadores o dispersores de semillas), o bien, como vectores de hongos o bacterias (Davies, 1988). Una característica de la relación entre los artrópodos herbívoros y las plantas, es la preferencia que muestran algunos artrópodos hacia una variedad restringida de plantas, algunas veces contando con un alto grado de especificidad en el que un grupo de insectos está asociado solamente a un pequeño número de especies de plantas hospederas (Davies, 1988).

El dosel es la capa superior de un bosque, conformado por las ramas y hojas de los árboles, así como por las plantas epífitas; conformando una porción considerable de diversidad de organismos sobre la Tierra. A su vez constituye un importante volumen de biomasa fotosintéticamente activa dentro de los ecosistemas forestales (Lowman y Wittman, 1996).

Las comunidades de artrópodos del dosel están conformadas por los organismos que están asociados a (1) las plantas epífitas (Palacios-Vargas, 1981; Murillo *et al.*, 1983), (2) las ramas y el follaje de los árboles (Basset y Arthington, 1992), y (3) el material edáfico suspendido (Nadkarni y Longino, 1990). Las comunidades de artrópodos asociadas a árboles individuales representan un sistema de estudio ideal, ya que es un sistema que puede delimitarse fácilmente (Moran y Southwood, 1982; Ramírez Arias, 2006).

El dosel de los bosques se ha caracterizado por contener una elevada abundancia y diversidad de organismos de diferentes taxones (Southwood *et al.*, 1982; Stork, 1991; Basset y Arthington, 1992; Tovar-Sánchez *et al.*, 2003). Esto se debe a la gran variabilidad de recursos y condiciones explotables presentes en los árboles y su dosel, lo cual se ve reflejado con la presencia de organismos con diferentes formas de vida y necesidades particulares (Morecroft *et al.*, 1985; Fitzjarrald y Moore, 1995).

1.2 Las comunidades de artrópodos epífitos

Una comunidad es considerada el conjunto de poblaciones de diferentes especies que interactúan en un mismo tiempo y espacio (Whittaker, 1975; Rosset *et al.*, 1991; Begon *et al.*, 2006). Se han propuesto varios enfoques para abordar su estudio; entre los más relevantes se encuentra describir y analizar la estructura y composición de la comunidad (Whittaker, 1975; Begon *et al.*, 2006), entendiendo como composición al listado de especies que la conforman (Begon *et al.*, 2006), y como estructura a todas aquellas propiedades que la describen en un momento dado, tales como el número de especies (i.e., la riqueza específica) y las abundancias relativas de cada una de ellas (Diamond y Case, 1986).

Otros rasgos que pueden analizarse a este nivel de organización son: (a) las posibles interacciones inter-específicas que presentan (Morse *et al.*, 1988; Basset y Kitching, 1991); (b) las relaciones de tallas corporales para estimar el flujo de materia y energía (Morse *et al.*, 1988; Bassett y Kitching, 1991); (c) la organización y estructura mediante gremios o grupos funcionales (Stork, 1987 ; Schowalter, 2006); (d) la estructura trófica y patrón de interacciones (Schowalter, 2006); y (e) su dinámica, es decir los cambios estacionales, anuales o sucesionales que tienen sus rasgos estructurales (Schowalter, 2006).

Las diferentes especies de artrópodos no son igualmente abundantes en la comunidad. Por lo general, pocas especies son altamente abundantes y muchas especies están representadas por pocos individuos. La distribución del número de individuos de cada especie es una medida importante, y ésta se representa por medio de curvas de rango-abundancia; estas mediciones son consideradas estimadores de la estructura de una comunidad, los cuales se suelen usar para comparar las comunidades (Bazzaz, 1975; Kempton, 1979).

La estructura de la comunidad cambia en periodos relativamente cortos de tiempo, reflejándose en la abundancia de cada especie, pues éstas responden de manera diferente a la fluctuación de las condiciones abióticas, implicando así una

alteración en las interacciones que presentan dentro de la comunidad (Schowalter, 2006). Por ejemplo, Schowalter (2006) encontró que el patrón de precipitación puede ocasionar diferentes respuestas a cada especie de artrópodos dentro de una comunidad. En este caso, las especies de artrópodos asociadas al arbusto *Larrea tridentata* en Nuevo México, mostraron distintas respuestas en la abundancia sobre un gradiente experimental en la precipitación. Algunas especies incrementan su abundancia al presentarse mayor humedad, mientras que otras reducen su abundancia. Algunos florívoros, como los tisanópteros del grupo *Frankliniella*, así como insectos formadores de agallas, se vieron favorecidos al aumentar la humedad.

Los cambios en la abundancia de algunas especies afectan las interacciones directas e indirectas con otras especies, lo cual se ve reflejado en la diversidad, la estructura de la red trófica y la organización funcional de la comunidad (Schowalter, 2006).

Estas fluctuaciones de abundancia involucradas en un nivel trófico pueden afectar la diversidad y la abundancia de las especies en niveles tróficos inferiores. Por ejemplo, al reducir la abundancia de depredadores usualmente se incrementará la abundancia de herbívoros, implicando un decremento en la abundancia de la planta al sufrir mayor presión por parte de los herbívoros (Carpenter y Kitchel, 1988; Letourneau y Dyer, 1998).

Los factores que determinan la estructura de la comunidad de los artrópodos epífitos en general (pero que incluye a los del dosel) son: (1) área y complejidad del hábitat, (2) estabilidad del hábitat, (3) disponibilidad de recursos, e (4) interacción de las especies. Los cuales se explican a continuación.

Se ha registrado ampliamente una relación entre el área del hábitat y la riqueza de especies, donde hábitats de mayor tamaño con una mayor heterogeneidad de condiciones y recursos disponibles permiten el establecimiento de una mayor cantidad de especies con requerimientos contrastantes. Este patrón se ha registrado desde islas oceánicas (MacArthur & Wilson, 1967) hasta hábitats pequeños, como la comunidad de artrópodos asociada a sus plantas hospederas (Strong, 1974). También se ha registrado que la heterogeneidad de la arquitectura y la fenología de la planta hospedera puede afectar a la diversidad de la fauna asociada (Lawton, 1983).

La estabilidad del hábitat determina el tiempo de desarrollo disponible para una comunidad. Según la hipótesis del disturbio intermedio, se alcanza el pico más alto de diversidad en niveles intermedios de disturbio (Sousa, 1979; Connell, 1980; Pickett y White, 1985); ya que el desarrollo de la comunidad bajo una alta frecuencia de disturbios no puede progresar más allá de estados sucesionales tempranos. En contraste, los hábitats que presentan

condiciones más estables (que el hábitat con disturbio intermedio) permiten que las especies más adaptadas obtengan los recursos con mayor eficiencia que otras especies, ocasionando la extinción de especies por exclusión competitiva; y por lo tanto un decremento en la riqueza de especies de la comunidad (Schowalter, 2006; Begon *et al.*, 2006).

Se ha registrado que la disponibilidad de recursos en los ecosistemas (mediante la productividad primaria), determina la riqueza de especies, alcanzando los registros más altos de diversidad en niveles intermedios de productividad (Rosenzweig y Abramsky, 1993; Waide *et al.*, 1999), mientras que niveles altos, favorecen la dominancia de las especies más competitivas. Por lo tanto, la relación entre la productividad y la riqueza de especies presenta generalmente una curva en forma de joroba, como se registró en una revisión de 171 estudios en sistemas terrestres y acuáticos para plantas y animales (Mittelbach *et al.*, 2001).

La riqueza de especies responde de manera diferente en ambientes heterogéneos y homogéneos; se ha visto que la abundancia generalmente decrece con el aumento de la heterogeneidad en la disponibilidad de los recursos (Polis *et al.*; 1997). En un ambiente con una disponibilidad homogénea de los recursos, se observa un incremento de las especies dominantes (aquellas mejor adaptadas para la competencia por recursos), y por

lo tanto, se observará una menor riqueza. Sin embargo, esta condición de baja riqueza y alta dominancia de la comunidad, a su vez es aprovechada por niveles superiores de la cadena trófica, como depredadores y parásitos. Por ejemplo, los monocultivos proporcionan las condiciones para el establecimiento de especies fitófagas que alcanzan grandes tamaños poblacionales, reduciendo la disponibilidad de recursos competidos con otras especies, sin embargo proveen alimento para los depredadores (Polis et al; 1997).

Las interacciones interespecíficas dentro de la comunidad pueden favorecer o restringir la persistencia de otras especies de manera directa o indirecta. Esta influencia dependerá de los hábitos alimenticios de cada especie animal, así como la presencia o ausencia de los recursos necesarios para su existencia. Por ejemplo, se les conoce como “especie clave” a la especie que por sus actividades pueden modificar de manera significativa a la estructura o funcionalidad de la comunidad; principalmente en su abundancia, diversidad, riqueza de especies, productividad, así como en el flujo materia y energía (Power et al., 1996).

Un ejemplo de esto es el escarabajo barrenador de pino *Dendroctonus frontalis*, que es capaz de infestar y matar al pino hospedero en altas densidades poblacionales, reduciendo el estrato

arbóreo e incrementando la disponibilidad de madera aprovechable para otras especies de artrópodos xilófagos (Flamm *et al.*, 1993).

Otra manera en que las interacciones determinan a la comunidad. Es mediante las fuerzas ascendentes y descendentes. En las fuerzas ascendentes, los niveles tróficos superiores se ven determinados por la presencia y abundancia de los recursos en los niveles tróficos inferiores. Mientras que en las fuerzas descendentes, los niveles superiores depredan y ejercen un control sobre los niveles tróficos inferiores (Begon *et al.*, 2006).

En una comunidad de artrópodos de un bosque lluvioso neotropical, el escarabajo *Tarsobaenus letourneaue* es el depredador de la comunidad de hormigas, especialmente de la hormiga chalala (*Pheidole bicornis*) (Letourneau y Dyer, 1998). Al depredar esta hormiga, se reduce su abundancia y se incrementa la abundancia de otros herbívoros. Cuando este escarabajo está ausente, las arañas son el principal depredador, aunque son menos eficientes que el escarabajo. Esto permite una mayor abundancia de las poblaciones de hormigas, las cuales suprimen por competencia a otros herbívoros de la comunidad (Letourneau y Dyer, 1998).

1.3 Ecología y biología de los artrópodos asociados a muérdagos enanos

Dentro del orden Santalales, las familias Loranthaceae y Viscaceae comprenden especies de plantas parásitas conocidas en lo general como muérdagos; éstos pueden ser verdaderos o enanos (Mathiasen *et al.*, 2008). Los muérdagos enanos (Familia Viscaceae: Genero *Arceuthobium*) se han registrado como causantes de deterioro importante en las poblaciones de coníferas de los géneros *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga*, implicando pérdidas económicas considerables a la industria forestal a nivel mundial (Stevens y Hawksworth, 1984).

Los muérdagos enanos presentan una distribución mayor en América, principalmente en la parte norte y el Caribe. Estos, se caracterizan por ser plantas hemiparásitas obligadas de tallos aéreos, a partir de donde toman nutrientes y agua. Para que su desarrollo sea exitoso, implica interferir con el desarrollo del árbol hospedero, ocasionando una reducción en su talla, así como una baja calidad de la madera, aumentando la mortalidad poblacional y la susceptibilidad hacia otros agentes patógenos (artrópodos, bacterias y hongos) (Geils *et al.*, 2002).

La modificación del crecimiento normal del hospedero se ve reflejada en la estructura de su copa y las ramas que lo conforman, pues estas se deforman, alcanzando mayor longitud, menor grosor y pérdida de follaje. A estas estructuras modificadas se les ha nombrado comúnmente como “escobas de bruja” (Stevens y Hawksworth, 1984). Dicha deformidad genera estrés hídrico en el árbol hospedero y ocasiona un menor crecimiento (Stanton, 2006); sin embargo, son utilizadas por fauna diversa que anida en ellas (como aves y roedores) (Geils *et al.*, 2002). Así como arañas y otros artrópodos (Stevens y Hawksworth, 1984).

En México se estima que los muérdagos enanos son la principal enfermedad forestal de coníferas, con una presencia superior al 10% del área forestal nacional (Hawksworth, 1983), afectando principalmente a los estados de: Zacatecas (24%), Durango (15%), Jalisco (12%), Nayarit (10%) Sinaloa (10%), Sonora (9%), Chihuahua (8%) y Baja California (7%) (Caballero-Deloya 1968, 1970; Geils y Vázquez, 2002).

Mientras que la biología, fisiología y sistemática de los muérdagos enanos ha sido explorada ampliamente y en detalle (Stevens y Hawksworth, 1984; Gilbert, 1988; Linhart *et al.*, 1994; Hawksworth y Wiens, 1996; Shaw *et al.*, 2004), los aspectos ecológicos han recibido menor atención, y nuestro conocimiento sobre esto es aun escaso. Recientemente, en Canadá y Estados

Unidos, se le ha dado énfasis a la ecología de los muérdagos enanos (Hawksworth *et al.*, 2002), estudiando su dispersión, distribución dentro del dosel, respuesta a factores ambientales, predilección a ciertos hospederos y la forma en que interactúan con ciertos grupos faunísticos (Hawksworth y Wiens, 1996; Hawksworth *et al.*, 2002; Shaw *et al.*, 2008).

En los bosques de coníferas del oeste de Estados Unidos y Canadá se han realizado diferentes estudios para conocer la entomofauna asociada a diversas especies de muérdagos enanos.

Los artrópodos asociados a los muérdagos enanos pueden categorizarse por la estructura con la que se asocian (flores, hojas o ramas) o incluso con el árbol infectado. Los artrópodos relacionados con las flores incluyen a polinizadores y herbívoros, así como los depredadores y parasitoides asociados a estos (Stevens y Hawksworth, 1984).

Stevens y Hawksworth (1970) observaron ácaros (Prostigmata y Mesostigmata) asociados a *Arceuthobium vaginatum* subsp. *cryptopodum*, desconociendo su efecto e interacción con la planta hospedera. Para *A. pusillus* y *A. occidentale* en el este de Canada, Kennett (1963) observó ácaros Mesostigmata *Typhlodromus pusillus* y *T. arceuthobius* pertenecientes a la familia Pytoseiidae, en asociación exclusiva con dichos muérdagos. También observó el ácaro *Paraphytopus arceuthobii*, de la familia

Eriophiidae, en flores de *A. campylopodum* y *A. occidentale* en California (Kennett, 1963).

Por otro lado, el ácaro Prostigmata (Familia Tenuipalpidae) *Brevipalpus porca* ha sido descrito en muérdagos enanos de California, Arizona y Nuevo México (Pritchard y Baker, 1958; Mathiasen *et al.*, 2008).

La avispa *Copidosoma bakeri* (Hymenoptera; Encyrtidae), que es parasitoide de larvas y huevos de diversas especies de Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Neuroptera, Orthoptera, Hemiptera, Homoptera y Arachnida (Goulet y Huber, 1993), ha sido registrada en estado adulto alimentándose de flores y polen de *A. vaginatum*, *A. cryptopodum* y *A. cyanocarpum*. Debido a dicha interacción se les ha propuesto como agente polinizador de muérdago enano (Penfield *et al.*, 1976).

Se describió la biología de *Dasypyga alternosqueamella* (Lepidoptera: Pyralidae) en bosques de Colorado, y se identificó como fitófago obligado de *A. vaginatum* subsp. *cryptopodum*, durante su desarrollo larval (Kailen A. Mooney, 2001).

Larsen *et al.* (1995) observaron que *Mitoura spinetorum* y *M. johnsoni* (Lepidoptera: Lyncaenidae) son consumidores específicos de los brotes de *A. tsugense*, por lo que son propuestos como potenciales agentes bio-controladores de aquél muérdago enano (Hawksworth *et al.*, 2002).

Jennings *et al.* (1989) identificaron 22 especies de arañas de 10 familias y 18 géneros asociados a *A. americanum*, *A. cynocarpum* y *A. vaginatum* en el noroeste de Colorado. El 65% de dichas arañas son de hábitos de caza activa (Anyphaenidae, Oxyopidae, Philodromidae, Salticidae y Thomisidae), mientras que el 35% construye redes (Araneidae, Dictynidae, Lyniphiidae, Erigonidae y Theridiidae). Aunque la relación ecológica entre las arañas y los muérdagos no ha sido determinada, se piensa que las arañas depredan insectos que habitan, alimentan, polinizan o visitan esporádicamente a los muérdagos (Jennings *et al.*, 1989).

En muchos de los arácnidos examinados por Jennings *et al.* (1989) se les encontró granos de polen adheridos a sus cuerpos, siendo el primer registro que sugiere a las arañas como vectores de polinización, aunque sugieren estudios posteriores para aclarar esto.

Por otra parte, se ha sugerido que escarabajos descortezadores y defoliadores son atraídos por árboles infectados por muérdagos enanos (Johnson, 1976; McGregor., 1978; Wagner y Mathiasen, 1985; Filip *et al.*, 1993; Linhart *et al.*, 1994).Aparentemente el escarabajo minador *Pityophthorus arceuthobii* (Scolytidae) es consumidor especializado de los brotes aéreos de *Arceuthobium globosum* subsp. *globosum* y *A. globosum* subsp. *grandicaule* (Wood, 1971; Hawksworth y Wiens, 1996), y es

muy probable que este escarabajo también se encuentre asociado a muérdagos en el centro de México, incluyendo *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* y *A. durangense*.

En México se ha estudiado la interacción de los muérdagos enanos con sus hospederos (Gutiérrez, 1968), así como los daños fisiológicos que le causan a éstos (Andrade y Cibrián, 1980). Se ha estudiado previamente la relación parásita de los muérdagos enanos *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum* y su hospedero *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas (PNZA) (Hernández-Benítez *et al.*, 2005; Queijeiro, 2007). Los registros hacen referencia de altos niveles de infestación: Hernández-Benítez *et al.* (2005), por ejemplo, registraron que el 76% de los pinos (*P. hartwegii*) mayores a 2 m están infestados por *A. globosum* subsp. *grandicaule* en el cerro Papayo del PNZA; en tanto que Queijeiro (2007) estudió la posible interacción de competencia que guardan las dos especies de muérdagos.

A pesar de los estudios anteriores, ha quedado pendiente la realización de estudios relacionados con la descripción de la artrópodo-fauna asociada a las dos especies de muérdagos que alberga *P. hartwegii* en el PNZA, así como el entendimiento de cómo difieren las comunidades de artrópodos epífitos asociadas a las dos especies de muérdagos y el pino.

II. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Debido a que (1) los muérdagos enanos son agentes causantes de una importante infección en los bosques de pinos de Norte América, donde presentan una amplia distribución y se les considera como la segunda causa de daño después de los incendios (Hawksworth, 1983); y (2) que no se han realizado estudios enfocados a describir a la comunidad de artrópodos asociados al dosel de *Pinus hartwegii* y las dos especies de muérdago enano que lo parasitan en el centro de México, se plantearon los siguientes objetivos.

El objetivo general de este trabajo es determinar la estructura de la comunidad de artrópodos asociados a los muérdagos enanos *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*, y al follaje del pino hospedero (*Pinus hartwegii*) en el Parque Nacional “Zoquiapan y Anexas”, Estado de México.

Los objetivos particulares son:

1. Comparar la riqueza, la abundancia, la diversidad y la composición de las comunidades de artrópodos asociados a las dos especies de muérdago y su hospedero, en dos temporadas contrastantes (lluvias y secas).
2. Conocer la red trófica de los artrópodos asociados a los dos muérdagos y su pino hospedero.

De acuerdo con lo anterior, se formulan las siguientes hipótesis:

- I. Se espera que las características particulares de cada planta (*A. globosum*, *A. vaginatum* y *P. hartwegii*) modifiquen la estructura de la artropodofauna, albergando comunidades particulares, diferentes entre sí.
- II. Se encontrará una mayor riqueza, abundancia, y diversidad de artrópodos en las tres plantas (*A. vaginatum*, *A. globosum* y *P. hartwegii*) en la temporada de lluvias, respecto a la temporada de secas; debido a que, en la temporada de lluvias habrá una mayor disponibilidad de alimento fresco y mejores condiciones de humedad y temperatura.

III. ZONA DE ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas (PNZA; 19°12'30"-19°20'00" norte, 98°42'30"-98°30'00" oeste) que tiene una elevación de 2850 a 4150 m s.n.m. (Vargas.1997). Consta de 19,418 ha (fig. 3.1); se localiza dentro de los municipios de Ixtapaluca, Chalco y Tlalmanalco del Estado de México, y el municipio de Tlahuapan del estado de Puebla (DOF, 1937). El clima dominante es templado subhúmedo con lluvias en verano [C(w₂)(w)(b`)](Obieta y Sarukhán, 1981; Rojas, 1983). La precipitación media anual va desde 800 a 1,200 mm; la temperatura media anual va de 6 a 14 °C; la frecuencia promedio de granizadas en la zona al año es de dos días y la frecuencia de heladas en los puntos más altos del parque es de 100 a 120 días al año (INEGI, 1981). Existe una estacionalidad marcada en el régimen de lluvias, registrándose una temporada de lluvias entre mayo y octubre, y una de secas de noviembre a abril (Obieta y Sarukhán, 1981).

Geológicamente, la zona tiene en general las características del volcán Iztaccíhuatl: depósitos basáltico-andesíticos, como lavas, tobas estratificadas, lavas andesíticas, domos andesíticos y conos cineríticos (Mooser, 1961). Los suelos del área se formaron a partir de cenizas volcánicas, e incluyen andosoles del orden iceptisol, de textura franco-arenosa, sin estructura definida o granular y, por lo general, ricos en materia orgánica (Aguilera, 1965).

La hidrología está determinada por la situación topográfica del Parque, pues allí se originan algunas de las corrientes que descienden al valle de México, conformando los ríos Atzizintla, Coatepec, Santa Mónica, Tejocote, San Bernardino, Chapingo, Texcoco, Santa Inés, Purificación, Xalapango, Papalotla, Hondo y Columpio, así como las corrientes que van hacia el valle de Puebla (Río Frío, Tlahuapan, Otlati y Azompa) (Vargas.1997).

De acuerdo con Rzedowski y Rzedowski (2005), el PNZA está clasificado biogeográficamente en las Serranías Meridionales, agrupados en la región mesoamericana de montaña, la cual a su vez se relaciona en forma no discreta entre los dos reinos Holártico y Neotropical. Se considera a la zona montañosa como una zona de influencia mixta o de transición, en el sentido más estricto entre ambos reinos florísticos. La vegetación de bosque y los pastizales de alta montaña presentes en el PNZA se encuentran conformados por especies procedentes de relictos de lo que fueron bosques boreales en la última glaciación (Hólarctico). Quedando rodeados y aislados por una vegetación mucho más adaptada a un clima tropical perteneciente al Reino Neotropical.

La vegetación del PNZA está caracterizada principalmente por bosques templados, donde el de pino presenta la mayor extensión, siendo *Pinus hartwegii*, *P. ayacahuite* y *P. pseudostrobus* los representantes de las comunidades clímax (Lesueor1945, Little1962).

La flora dominante, en PNZA, está compuesta principalmente por *P. hartwegii*, con el bosque de *Quercus* como segundo tipo de vegetación. Sus pastizales son comunidades vegetales clímax presentes en las cimas de las cumbres más altas, así como en las localidades con perturbación antropogénica (pastoreo), así como en el bosque original y en los valles donde las inundaciones son periódicas debido a una deficiencia en el escurrimiento (Lesueur, 1945; Little, 1962).

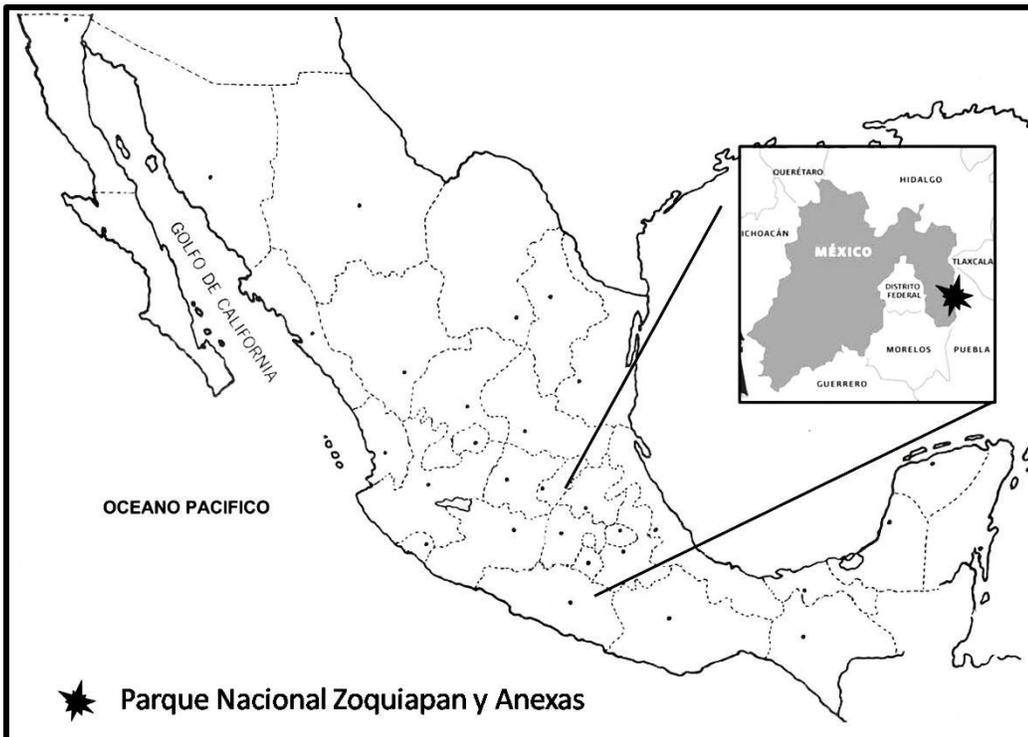


Figura 3.1. Ubicación del Parque Nacional Zoquiapan (2012).

IV. ESPECIES DE ESTUDIO

Pinus hartwegii Lindl. 1839 (Pinaceae) es una especie de hábito arbóreo que alcanza alturas de entre 15 y 30 m (a veces más), tiene una corteza gruesa, agrietada, dividida en placas irregulares, de color grisáceo o rojizo oscuro. Tiene ramas horizontales o extendidas, irregulares y acículas agrupadas en fascículos compuestos de tres a cinco acículas. La longitud de ellas varía de 8 a 16 cm, son tiesas y de un color verde claro. Los conos son de 8 a 10 cm de largo, de forma ovoide y ligeramente encorvados, de color rojizo, casi negro, con pedúnculos de no más de 10 mm, generalmente presentados en pares. Las semillas son pequeñas, de 5 a 8 mm de largo, negruzcas y con el ala café de 15 x 5 mm. Se distribuye en un intervalo altitudinal de 2850 y 4200 m s.n.m., por lo que se le llama pino de altura. Se ha registrado en Colima, Chiapas, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Martínez 1948, Matos 1995, Rzedowski y Rzedowski 2005).

Arceuthobium globosum Hawksworth y Wiens subsp. *grandicaule* Hawksworth y Wiens 1977 (Viscaceae), es un arbusto de 20 a 70 cm de altura (fig. 4.1), con tendencia a formar agrupaciones globosas, con los tallos de color amarillo claro o amarillo-verdoso, aunque la base de sus tallos maduros son de color pardusco. Es muy ramificado con ramas flabeladas. El

diámetro basal de sus tallos dominantes va de 10 a 48 mm, presentando flores estaminandas tetrámeras de 5mm de ancho: Sus frutos maduros alcanzan de 5-8 mm de largo y 3.5 mm de ancho y tienen una forma elíptica-ovalada. Su periodo pre-reproductivo tarda entre 16 y 18 meses. La antesis se tiene registrada entre enero y mayo con un pico en marzo y abril, alcanzando la maduración de los frutos entre julio y octubre; realizándose la dispersión de semillas entre julio y noviembre, con un pico entre agosto y septiembre. Esta especie parasita al menos a 12 especies de pinos mexicanos: *Pinus douglasiana*, *P. durangensis*, *P. hartwegii*, *P. lawsonii*, *P. maximinoi*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis* y *P. teocote*. Se distribuye en el Distrito Federal y los estados de Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Veracruz. Presentan un intervalo de distribución altitudinal entre los 2,450 y los 4,000 m s.n.m. Es el muérdago más abundante en el centro de México y llega a registrarse hasta Guatemala y Honduras (Hawksworth y Wiens 1996).

Arceuthobium vaginatum (Willdenow) Presl subsp. *vaginatum* 1825(Viscaceae), es un arbusto hemiparásito de color oscuro a negro de 20 a 30 cm de alto (fig. 4.2), con ramificaciones muy densas, flabeladas y erectas, aunque con mayor edad estas ramificaciones pueden llegar a ser grandes y colgar como péndulos. El diámetro basal de sus tallos principales es de entre 5 y 20 mm.

Son plantas dioicas con un dimorfismo sexual notorio, siendo más grande los individuos estaminados que los pistilados. Las hembras presentan flores estaminadas de 1.6 mm de largo y 1.1 de ancho y la mayoría de ellas son trímeras. Las flores pistiladas, por su parte, tienen de 2.5 mm de largo y 1.5 mm de ancho. El fruto mide 4 a 6 mm de largo y de 2 a 3 mm de ancho y tiene una forma elíptica u oval. Su antesis ocurre generalmente en los meses de marzo y abril, y los frutos alcanzan la madurez en agosto del siguiente año. Se encuentra distribuido en un intervalo altitudinal de 2100 a 3900 m s.n.m., presentándose en las siguientes entidades federativas: Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, México, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Hawksworth y Wiens 1996).

Los requerimientos ecológicos y condiciones de vida, así como los hospederos necesarios para su desarrollo, son muy similares entre *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* y *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*, por lo que genera que estos sean simpátricos y que incluso coexistan en el mismo árbol (Hawksworth y Wiens, 1996).



Figura 4.1. *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*. Foto tomada de Queijeiro (2007).



Figura 4.2. *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum* infestando el fuste de *P. hartwegii*. Foto tomada de Queijeiro (2007).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Colecta y procesamiento de ejemplares

Se realizaron seis recolectas de campo bimestralmente a partir de marzo de 2010 a enero de 2011, cubriendo un ciclo anual. Se seleccionaron de forma directa, cinco sitios de bosque de *P. hartwegii* que contaran con la presencia de *A. globosum* subsp. *grandicaule*, así como de *A. vaginatum* subsp. *vaginatum*. Los sitios se localizan entre 19° 17' 0.5" y 19° 18' 19" norte, y 98° 42' 26.4" y 98° 40' 30.7" oeste; y entre los 3,270 y 3,430 m s.n.m. Se registró una variación de inclinación del terreno entre 0 y 35°.

Según a nuestra apreciación, todos los sitios se encontraban medianamente conservados: dos sitios mostraban signos de tala, uno con signos de forrajeo por ganado vacuno y uno de ellos con signos de haber estado sujeto a actividades de campismo (Tabla 5.1).

De cada sitio, en cajas de plástico de 725 cm³, se colectó muérdago de las dos especies; además de las acículas de ramas terminales de ejemplares de *P. hartwegii*, a una altura no mayor de los 3 m.

Tabla 5.1 Descripción de los cinco sitios que se muestrearon durante el año de colecta en el Parque Nacional Zoquiapan y Anexas.

Sitio	Coordenadas	Inclinación (°)	Altitud (m)	Estado de conservación
1	19°18'196'' N 98°42'195'' O	2°	2430	Medio, tala
2	19° 17' 51.6" N 98° 42' 22.2" O	0°	3378	Medio, tala
3	19° 17' 0.5" N 98° 42' 26.4" O	35°	3295	Medio, forrajeo
4	19° 17' 34.1" N 98° 40' 30.7" O	3°	3295	Conservado, campismo
5	19° 17' 44.8" N 98° 40' 43.1" O	4°	3270	Conservado

Las muestras fueron procesadas mediante la técnica conocida como embudo de Berlese-Tulgren (fig. 5.1; Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2007), el cual consiste en colocar las muestras sobre unos tamices con apertura de malla de 3-5 mm, estos a su vez son colocados dentro de unos embudos metálicos durante tres días, bajo una fuente de luz y calor (una bombilla eléctrica incandescente de 40 watts para generar temperaturas de 40 a 50° C). Seguidos de tres días sin fuente de calor. En la parte inferior del embudo se colocó un frasco colector con alcohol al 70% donde caen los artrópodos. Después de seis días, los frascos fueron retirados, posteriormente se cuantificaron los artrópodos obtenidos.

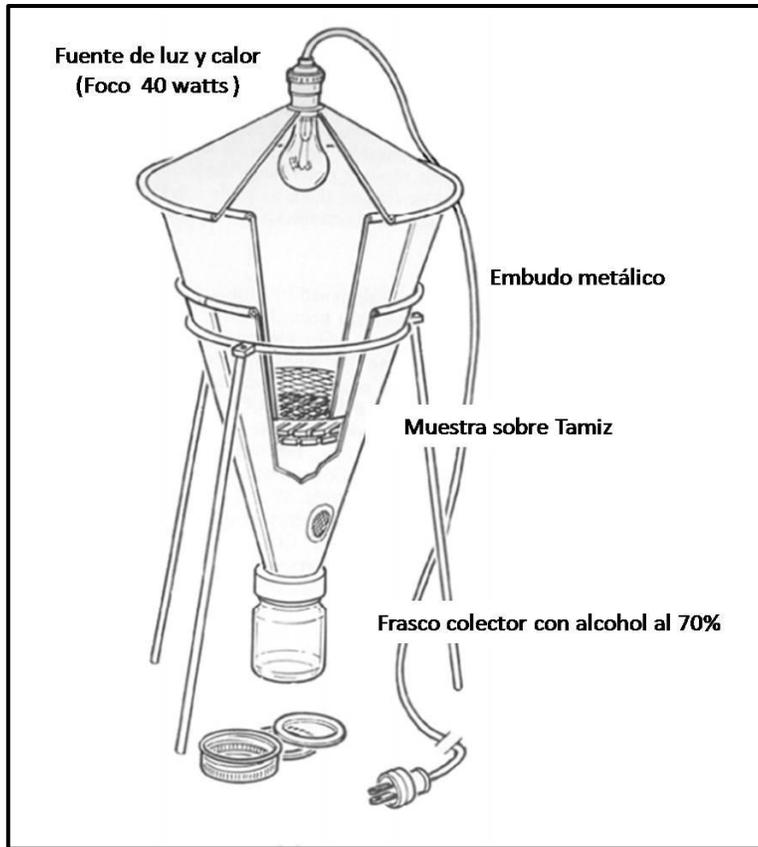


Figura 5.1. Embudo de Berlese-Tullgren mostrando las partes que lo componen. Figura modificada de Martín(1977) en Palacios-Vargas y Mejía-Recamier, 2007.

El material colectado se separó a morfoespecies y éstas se identificaron al nivel taxonómico más fino posible, utilizando un microscopio óptico y diversas claves de identificación, según el grupo taxonómico correspondiente. Se elaboraron preparaciones semipermanentes de lagunas morfoespecies para su identificación.

Utilizando la literatura, se asignó un grupo funcional a cada morfoespecie identificada, con la intención de construir la red trófica de la comunidad de artrópodos asociada a los dos muérdagos y a las acículas del pino.

5.2 Análisis de datos

Con el fin de evaluar la calidad de la colecta de artrópodos, se construyó una curva de acumulación de morfoespecies (Soberón y Llorente, 1993).

Asimismo, se comparó la similitud de las morfoespecies presentes en las tres especies de plantas por medio del índice de similitud de Jaccard (Krebs, 1999). Para conocer la similitud de las comunidades de manera cuantitativa, se construyó un dendograma a partir del coeficiente de Bray-Curtis, el cual utiliza las frecuencias relativas de cada especie en las comunidades estudiadas (Faith *et al.*, 1987).

La composición de las comunidades de artrópodos se comparó estadísticamente por medio de una tabla de contingencia, donde se asoció la frecuencia de ejemplares de cada orden de artrópodos en cada planta hospedera. En caso de resultar significativa, se hizo la prueba post-hoc de residuos estandarizados (Siegel y Castellan, 1995).

Para conocer el efecto de la planta hospedera y de la fecha de colecta sobre las variables de la estructura de la comunidad de artrópodos (riqueza, abundancia y diversidad), se realizó un ANOVA de medidas repetidas para cada atributo (Zar, 2006). Para llevar a cabo estos análisis, los datos de riqueza y abundancia se

transformaron como $x' = \sqrt{x + 0.5}$ por tratarse de variables discretas (Zar, 2006). En caso de resultar significativo el ANOVA, se realizó una prueba post-hoc de Tukey para identificar los grupos homogéneos. En los casos donde la prueba de Tukey no agrupaba por grupos homogéneos, se utilizó la prueba de Fisher la cual es menos estricta.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) para obtener un ordenamiento de las muestras y así poder inferir si las comunidades están agrupadas por alguna característica particular. Esto se hizo con los datos abundancia de cada morfoespecie por planta y temporada (Pla, 1986).

VI. RESULTADOS

6.1 Composición de la comunidad de artrópodos asociados al dosel de *Pinus hartwegii* y sus plantas parásitas.

En total fueron colectados 32,059 individuos (tanto de estadios adultos como inmaduros), de los cuales se registraron 51 morfoespecies; 20,619 ejemplares fueron colectados en la estación de lluvias (mayo, julio y septiembre) y 11,440 durante la estación de secas (enero, marzo y noviembre) (Tabla 6.1). La colecta de muestras fue equitativa para los tres tipos de plantas (30 muestras), con excepción de una muestra perdida de *A. vaginatum* del mes de marzo de 2010. Se registraron 15 órdenes, divididos en 26 familias, seis géneros y 51 morfoespecies, cuatro de ellas identificadas a especie (Anexo 1). Por otro lado, 40 morfoespecies se presentaron en la estación de secas y 45 morfoespecies en la época de lluvias.

Los 15 órdenes encontrados son: Opiliones, Prostigmata, Mesostigmata, Oribatida, Aranae, Entomobryomorpha, Poduromorpha, Psocoptera, Thysanoptera, Heteroptera, Coleoptera, Mecoptera, Diptera, Lepidoptera e Hymenoptera (nomenclatura basada en Borror *et al.*, 1992 y Evans, 1992; Tabla 6.1).

Tabla 6.1 Número total de ejemplares de artrópodos procedentes de ramas de *P. hartwegii* y de dos muérdagos asociados (*A. vaginatum* y *A. globosum*) observados en diferentes fechas de colecta (los meses con asterisco se refieren a la temporada de lluvias).

Grupos	Fecha de colecta						Totales
	Ene	Mar	May*	Jul*	Sep*	Nov	
Prostigmata	2295	2411	3222	5541	2711	3258	19438
Thysanoptera	1790	7167	968	99	57	205	10286
Oribatida	145	44	59	216	35	44	543
Homoptera	55	50	35	42	42	264	488
Collembola	43	26	39	141	42	14	305
Psocoptera	50	37	49	76	7	10	229
Hymenoptera	13	16	51	70	65	5	220
Heteroptera	55	13	9	16	4	74	171
Coleoptera	46	28	7	63	10	11	165
Mesostigmata	6	8	25	22	6	30	97
Lepidoptera	6	12	6	17	10	9	60
Diptera	7	6	11	5	0	0	29
Araneae	9	6	2	2	2	4	25
Opiliones	0	0	0	1	0	1	2
Mecoptera	0	0	1	0	0	0	1
Totales	4520	9824	4484	6311	2991	3929	32059

La curva de acumulación de morfoespecies con base en las 89 muestras de todo el muestreo tiende a la asíntota, Sin embargo ésta no se alcanza (fig. 6.1). Por otro lado, al analizar las curvas de acumulación de morfoespecies asociadas con cada tipo de planta ($N = 30$ muestras), se observa que en el número de morfoespecies de las dos especies de muérdago alcanzan la asíntota, pero en el caso de la comunidad asociada al pino, aún falta un mayor esfuerzo de colecta para abarcar la totalidad de las morfoespecies de la comunidad (Fig 6.2).

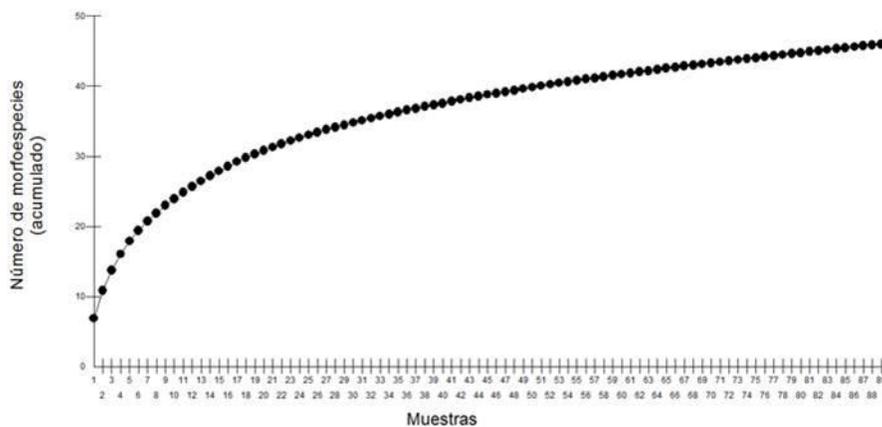


Figura 6.1. Curva de acumulación de morfoespecies con base en las 89 muestras de todo el muestreo.

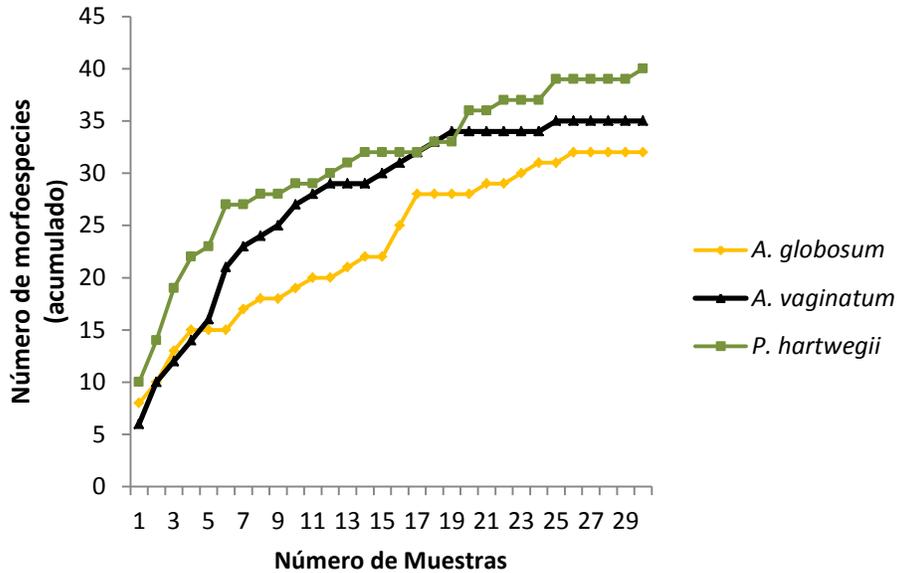


Figura 6.2. Curva acumulación de morfoespecies para cada una de las plantas estudiadas.

Se recolectaron 25 ejemplares de Araneae, la mayoría en estado juvenil (70%). Las arañas se identificaron a ocho morfoespecies que presentaron abundancias similares para las tres plantas, siendo las dos morfoespecies de la familia Theridiidae las más comunes (fig. 6.3).

La subclase Acari, *sensu* Krantz G.W. y D. E. Walter (2009), fue muy abundante en las tres plantas hospederas estudiadas y estuvo representada por tres órdenes: Prostigmata, Mesostigmata, y Oribatida. El primero fue el grupo más abundante y dominante en las tres plantas hospederas, siendo el género *Brevipalpus* sp el más abundante (Fig. 6.4a). Además se registraron ejemplares de las familias Tetranychidae (fig. 6.4b), Erythraeridae (fig. 6.4c) y Camerobidae (fig. 6.4d).

En el caso de los oribátidos, la mayor abundancia y diversidad de éstos se presentó en la comunidad de artrópodos asociada al pino, donde conforma el 8% de la comunidad. Se registraron pocas morfoespecies dominantes, como fueron *Trichoribates* sp (fig. 6.5a), *Scapheremaeus* sp. (Cymbaeremaeidae) (fig. 6.5c) y *Camisia* sp. (Camisiidae) (fig. 6.5d), así como una especie de la familia Oripodidae (fig. 6.5b).

Los Mesostigmata registraron una muy baja frecuencia (< 2%) y en su mayoría pertenecen a la familia Phytoseiidae (fig.6.6).



Figura 6.3. Ejemplares de las morfoespecies 3 (arriba) y 5 (abajo) de la familia Theridiidae. Éstos fueron los depredadores más representativos dentro de la comunidad de artrópodos asociados al dosel de *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos parásitos (*A. vaginatum* y *A. globosum*).

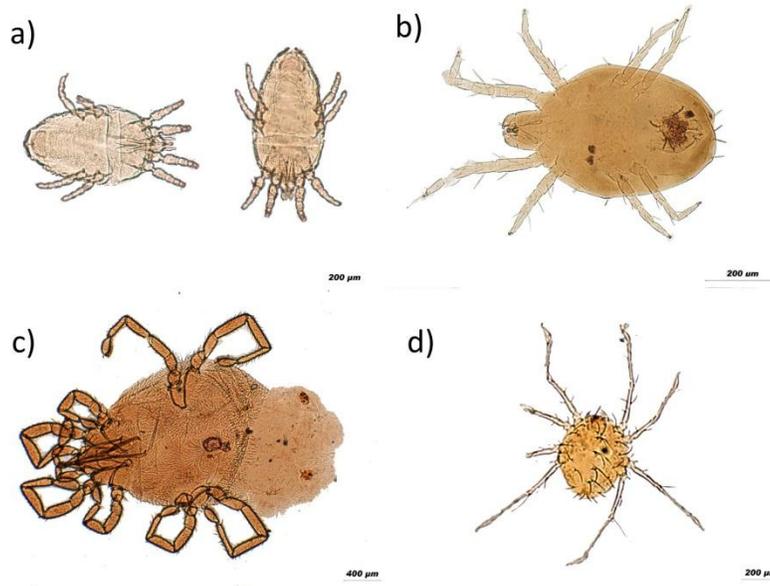


Figura 6.4. Ejemplares de ácaros Prostigmata registrados en el dosel de *Pinus hartwegii* y sus muérdagos. (a) Morfoespecie 13 *Brevipalpus* sp. (Tenuipalpidae), de hábitos fitófagos; (b) morfoespecie 14 (Tetranychidae), de hábitos fitófagos; (c) morfoespecie 16 (Erythraeridae), parásitos de otros artrópodos; y (d) morfoespecie 15 *Camerobia* sp. (Camerobidae), depredador de microartrópodos.

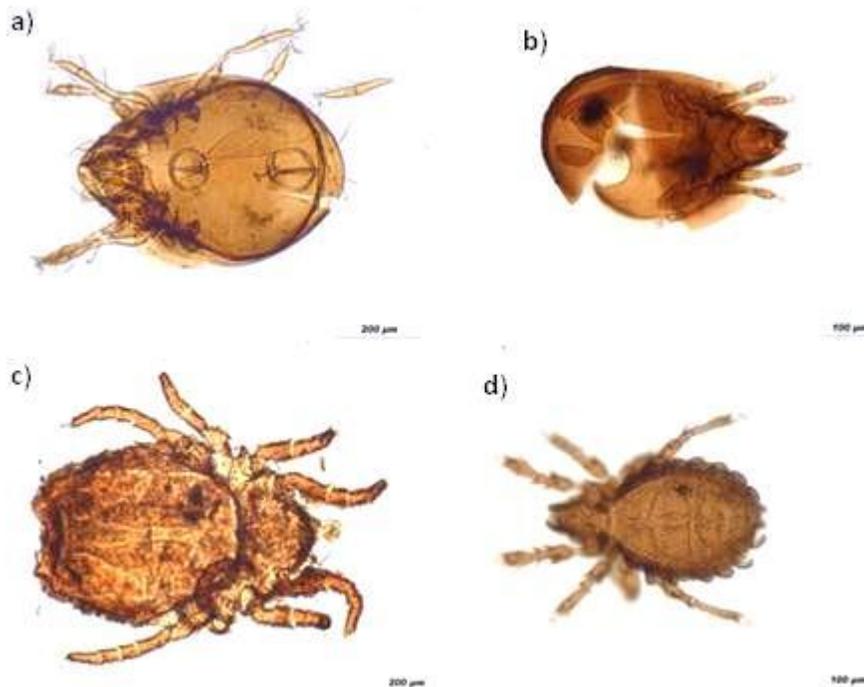


Figura 6.5. Ejemplares de las morfoespecies más abundantes de ácaros Oribatidos en la comunidad de artrópodos epífitos asociados a *P.hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*). (a) Morfoespecie 18 *Trichoribates* sp. (Ceratozetidae); (b) morfoespecie 19 (Oripodidae); (c) *Scapheremaeus* sp. (Cymbaeremaeidae); (d) *Camisia* sp. (Camisiidae).

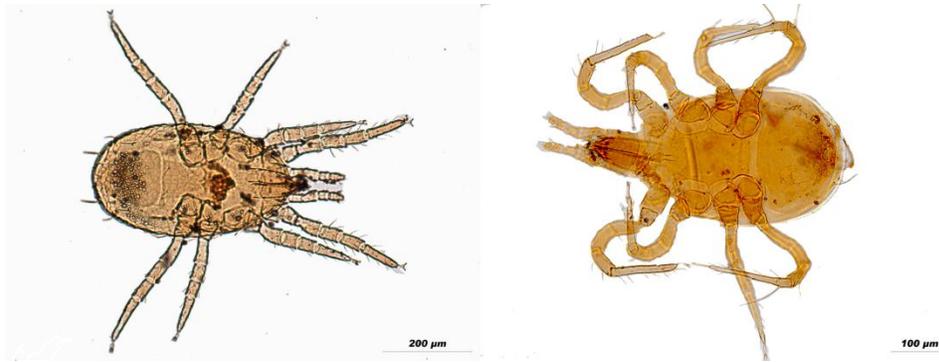


Figura 6.6. Ácaros Mesostigmata de la familia Phytoseiidae más comunes en la comunidad de artrópodos epífitos asociados a *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*). Morfoespecie 10 (izq.) y morfoespecie 11 (der.).

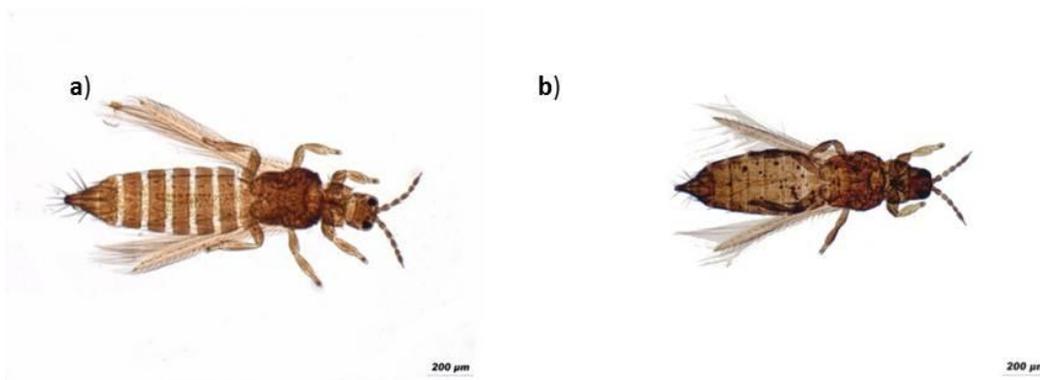


Figura 6.7. Tisanópteros de *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*). (a) *Frankliniella toluensis*, que tuvo una mayor presencia en los muérdagos enanos. (b) *Frankliniella fallaciosa*, que se registró con una frecuencia muy baja y también se le encontró alimentándose de los muérdagos.

Adicionalmente, se encontró una gran abundancia de tisanópteros (Trips) asociados a *A. globosum* (21%) y *A. vaginatum* (48%), mientras que en la comunidad asociada al pino sólo aportó un 5% de su abundancia. La mayoría de los individuos colectados pertenecen al género *Frankliniella* sp., representado con al menos tres especies identificadas como *F. toluensis* (Watson, 1942) (fig. 6.7a), *F. fallaciosa* (Priesner, 1933)(fig. 6.6b) y *F. minuta*

(Moulton,1948). Asimismo, se registró una morfoespecie (catalogada con el número 27) que posiblemente sea una especie nueva de *Frankliniella* (Laboratorio de Thysanopterología, Colección Nacional de Insectos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 2012).

Los ejemplares pertenecientes al orden Coleoptera fueron escasos en todo el muestreo, aportando menos del 1% de la abundancia total, y de los cuales el 88% fueron larvas. El otro 12% estuvo representado por dos morfoespecies correspondientes a la familia Curculionidae (fig. 6.8).



Figura 6.8. Coleópteros de la comunidad de artrópodos epífitos asociados a *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*). A la izquierda es un adulto Curculionidae (Sp. 1) correspondiente a la morfoespecie 45 y a la derecha es una larva de Coleoptera (Sp. 1) de la morfoespecie 43.

Se identificaron dos morfoespecies de colémbolos, una perteneciente al orden Entomobryomorpha (familia Entomobryidae, morfoespecie 21; fig. 6.9b), y otra a Poduromorpha (familia

Hypogastruridae, morfoespecie 22; fig. 6.9a), los cuales presentaron una abundancia conjunta cercana al 5% en las acículas de pino, mientras que en los muérdagos aportaron menos del 1%. Su mayor abundancia se tiene registrada en el muestreo de septiembre.

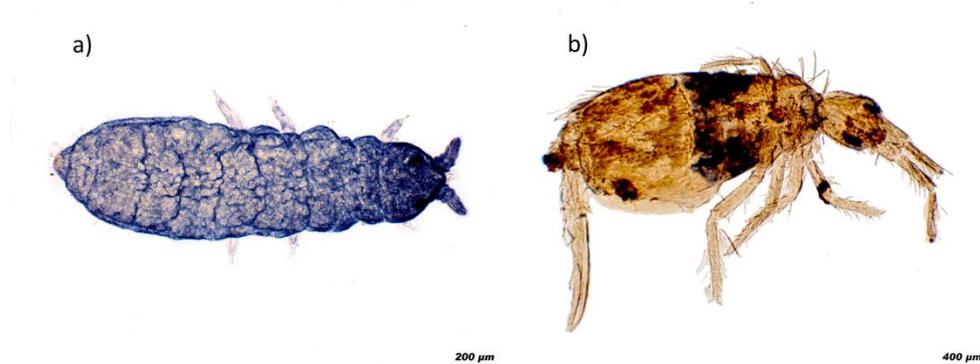


Figura 6.9. Colémbolos del follaje de *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*) (a) Morfoespecie 22 (Hypogastruridae), que tuvo baja frecuencia en los muestreos. (b) Morfoespecie 21 (Entomobrydae), que fue la más abundante de este orden.

Los homópteros tuvieron una baja abundancia relativa dentro de las comunidades asociadas a los muérdagos, aunque en el pino alcanzó el 10%. Generalmente, se colectaron etapas inmaduras (fig. 6.10a), las que constituyeron el 92% de los ejemplares de este orden. Los ejemplares adultos pertenecen a las familias Cicadellidae (fig. 6.10c) y Membracidae (fig. 6.10b).

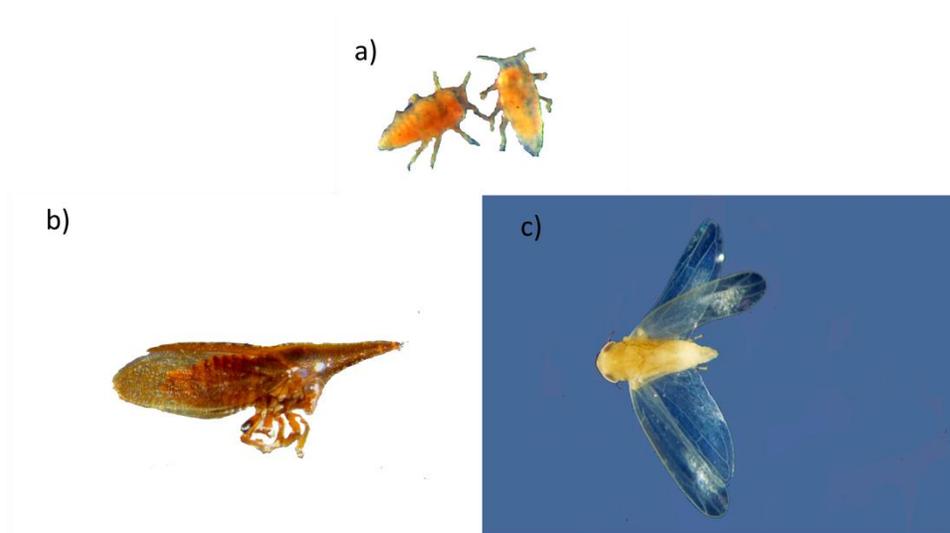


Figura 6.10. Homópteros asociados al follaje de *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*). (a) Los estados ninfales correspondientes a la morfoespecie 31 fueron los más comunes entre los homópteros. (b) Adultos pertenecientes a la morfoespecie 32 (Membracidae). (c) Adultos de la morfoespecie 33 (Cicadellidae).

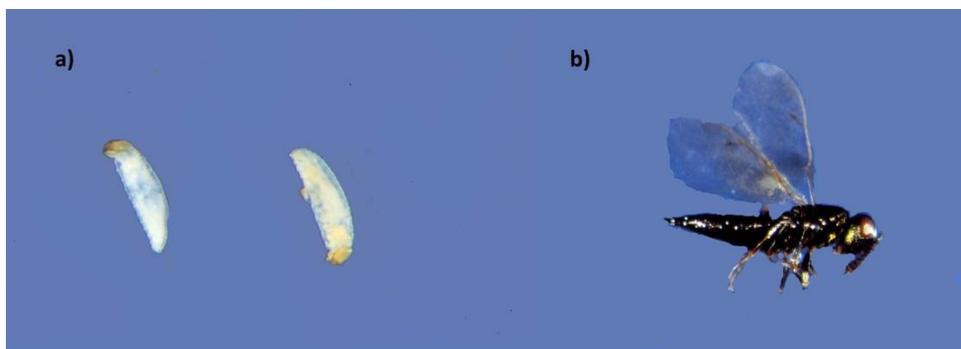


Figura 6.11. Himenópteros asociados al follaje de *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*). (a) Larvas de himenópteros. (b) Avispas adultas de la morfoespecie 37 (Platygastridae).

Entre los himenópteros se registró un total de seis morfoespecies pertenecientes a las familias Ceraphonidae, Chilsidoidea, Eulophidae, Ichenmonidae, Platygastridae y Vespidae. Las larvas (figura 6.11a) representaron el 93% de los ejemplares de

este orden. Entre los adultos, la especie más abundante perteneció a los Platygastridae Sp.1. (figura 6.11b).

De los Lepidoptera, sólo se colectó un adulto con apariencia de polilla (morfoespecie 42). A su vez se recolectaron 58 larvas asignadas al morfo tipo 43 (figura 6.12).



Figura 6.12. Larva de lepidóptero asociada al follaje de *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*)

En el caso del orden Psocoptera, se identificó a la especie *Lachesilla pinicola* (Andrete, 1999; fig. 6.13). Ésta presentó una abundancia baja en los muérdagos enanos; en contraste, presentó una mayor abundancia en el pino.

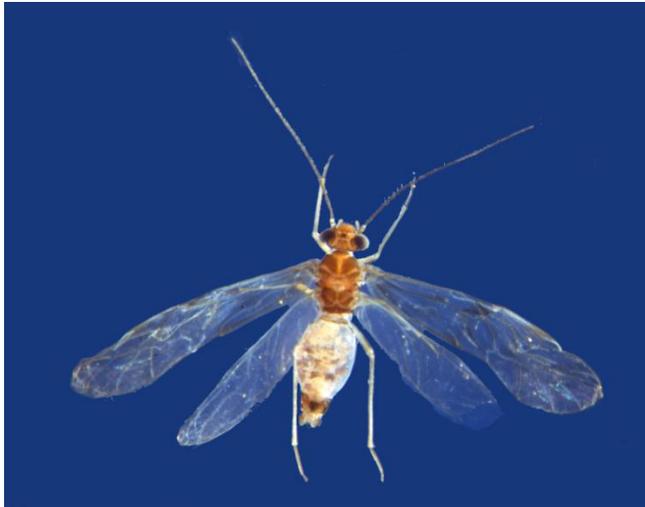


Figura 6.13 Adulto de *Lachesilla pinicola* (Psocoptera) asociado al follaje de *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. vaginatum* y *A. globosum*).

6.2 Comparación entre temporadas

En general, se obtuvo una abundancia promedio notablemente más alta durante las lluvias (especialmente en mayo) que en secas; asimismo, hubo una diversidad ligeramente mayor al promedio de morfoespecies en la estación de lluvias (Tabla 6.2).

Tabla 6.2 Abundancia, riqueza y diversidad promedio \pm e.e. de los artrópodos epífitos en las colectas realizadas entre marzo de 2010 y enero de 2011. Datos provenientes de 89 muestras, 45 para secas y 44 para lluvias.

Temporada	N	Atributo	
		S	H'
Secas	254 \pm 39.43	8.511 \pm 0.376	0.878 \pm 0.075
Lluvias	469 \pm 89.85	9.750 \pm 0.348	0.966 \pm 0.036

6.3 Estructura de la comunidad de artrópodos en los tres tipos de planta

La abundancia y la densidad de artrópodos tuvieron mayores valores en *A. vaginatum*, seguido de *A. globosum*, y por último en *P. hartwegii*. Mientras que los valores de riqueza, diversidad y equitatividad mostraron los valores más altos en *P. hartwegii*, después en *A. vaginatum* y finalmente en *A. globosum* (tabla 6.3).

El orden de artrópodos dominante en las tres plantas hospederas fueron los ácaros Prostigmata, que representaron el 76% de los individuos en *A. globosum*, el 48% en *A. vaginatum* y el 60% en *P. hartwegii* (fig. 6.14a). Por otra parte, el orden Thysanoptera fue codominante en *A. vaginatum* (48%) y *A.*

globosum (20%), aunque registró una baja abundancia relativa en *P. hartwegii* (6%). En esta última especie de planta se observaron altos valores de abundancia por parte de los Homoptera (10%), Oribatida (8%) y Collembola (5%), en comparación a los dos muérdagos en donde estos grupos registraron abundancias porcentuales menores al 3%.

Los órdenes que aportaron menos del 5% de los ejemplares en las tres especies de plantas fueron Araneae, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Mecoptera, Mesostigmata, Opilionida y Psocoptera (fig.6.14b).

Tabla 6.3. Abundancia (N), densidad, riqueza (S), equitatividad (J') y diversidad (H') de artrópodos epífitos en las tres plantas hospederas estudiadas en el Parque Nacional Zoquiapan. Las colectas fueron realizadas entre marzo de 2010 y enero de 2011. Datos provenientes de 30 muestras para *A. globosum* y *P. hartwegii*, y 29 muestras para *A. vaginatum*.

Planta hospedera	N	Densidad (No./muestra \pm e.e.)	S	J'	H'
<i>A.globosum</i> (n = 30)	12,224	407.5 \pm 79.4	30	0.330	0.642
<i>A. vaginatum</i> (n = 29)	15,541	535.9 \pm 134.8	35	0.298	0.645
<i>P.hartwegii</i> (n = 30)	4,294	143.1 \pm 22.6	40	0.625	1.468

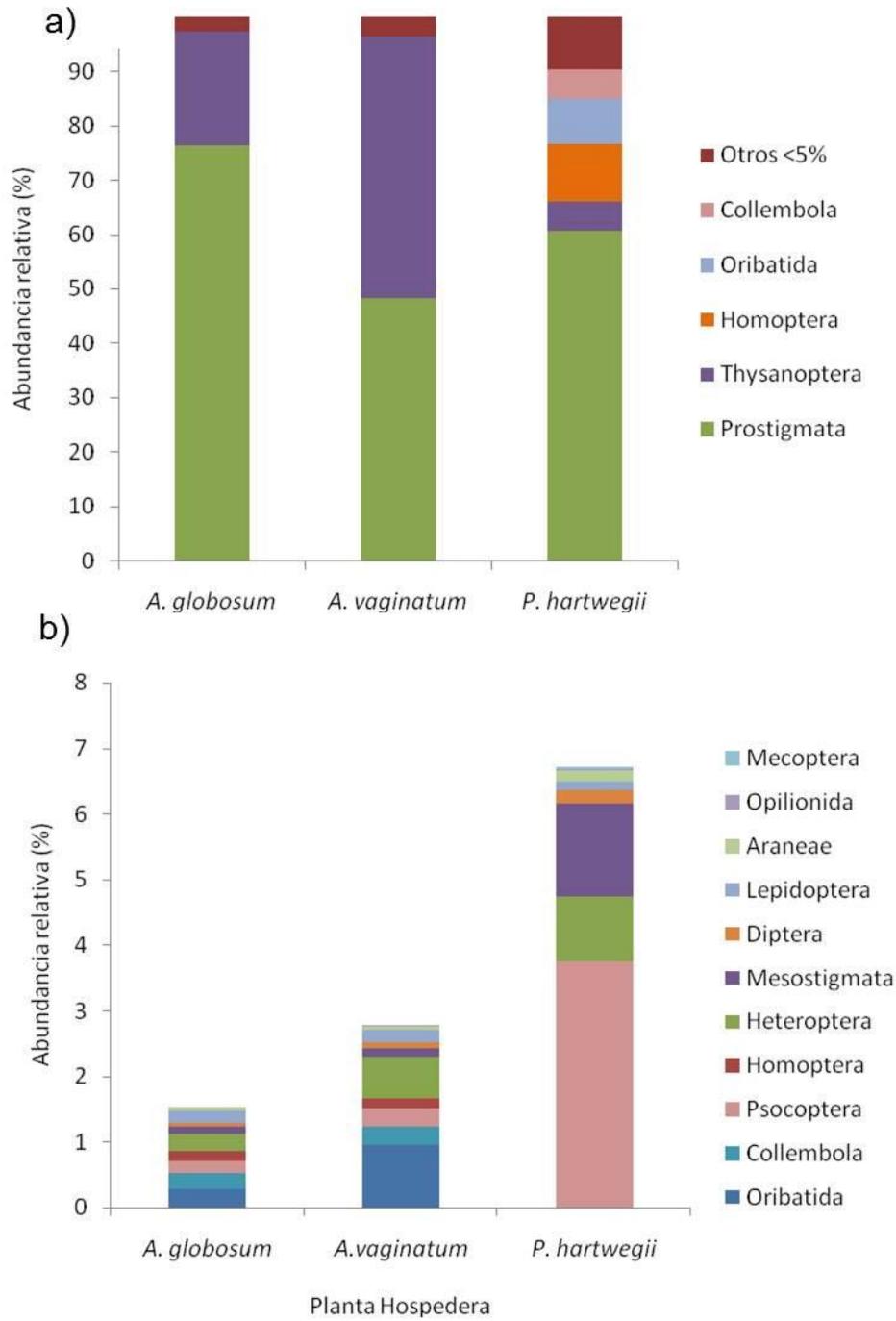


Figura 6.14. Abundancia relativa (%) de los órdenes de artrópodos epífitos de *P. hartwegii*, *A. globosum* y *A. vaginatum*. a) Los órdenes muy abundantes. b) Órdenes que aportaron menos del 5% a la comunidad y que fueron catalogados como “otros” en la gráfica a). *A. globosum* (n=12,224 individuos), *A. vaginatum* (n=15,541 individuos) y *P. hartwegii* (n=4,294 individuos).

Al comparar la frecuencia registrada por cada grupo de artrópodos para cada planta hospedera, se encontró que la abundancia de los diferentes órdenes de artrópodos dependieron del tipo de planta ($\chi^2 = 9539.221$, g.l.= 28, $P < 0.0001$; fig. 6.15).

En la comunidad de artrópodos asociadas a las ramas de *P. hartwegii*, mediante la prueba de residuos estandarizados se encontró una frecuencia significativamente mayor que la esperada de los Mesostigmata, Oribatida, Collembola, Psocoptera, Heteroptera, Homoptera, Hymenoptera, Coleoptera y Diptera. Al contrario, se registró una frecuencia significativamente menor a la esperada por parte de los Thysanoptera (fig. 6.15). En las comunidades de artrópodos asociadas a *A. globosum* y *A. vaginatum* se observó una frecuencia significativamente menor a la esperada de los Mesostigmata, Oribatida, Collembola, Psocoptera, Homoptera e Hymenoptera. Asimismo, en *A. globosum* se registró una frecuencia significativamente mayor a la esperada de Prostigmata, así como una frecuencia significativamente menor a lo esperado por parte de los Thysanoptera y los Heteroptera. Mientras que, en *A. vaginatum* se observó una frecuencia significativamente mayor a la esperada de Thysanoptera (fig. 6.15).

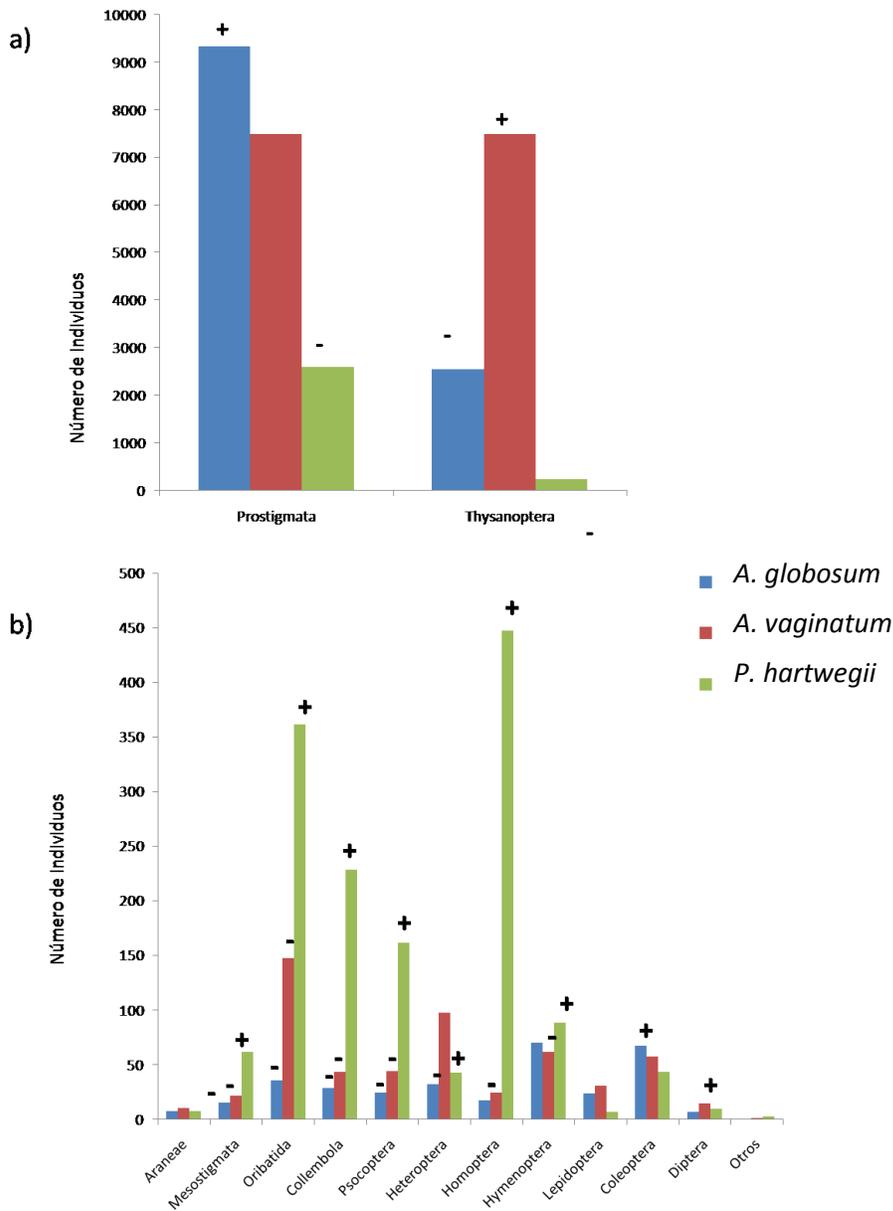


Figura 6.15. a) Comparación de la frecuencia absoluta de los órdenes de artrópodos más abundantes. b) Comparación de la frecuencia absoluta de los órdenes de artrópodos con menor frecuencia asociados a *P. hartwegii* y sus muérdagos enanos (*A. globosum* y *A. vaginatum*). Los signos + por arriba de las columnas indican una frecuencia significativamente mayor a lo esperado, mientras que el signo - indica una frecuencia significativamente menor de la esperada. $P < 0.05$.

Asimismo, en la comparación de la frecuencia registrada de cada grupo de artrópodos entre las fechas de colecta, se encontró que éstas dependieron de la fecha de colecta ($\chi^2=14,625.01$, g.l.= 55, $P<0.0001$) (Tabla 6.4).

Para el muestreo de marzo, se encontró una frecuencia de organismos significativamente mayor de la esperada por parte de los Aranae, Oribatida, Psocoptera, Thysanoptera, Heteroptera y Coleoptera. Mientras que, la frecuencia de organismos de los Prostigmata e Hymenoptera fue significativamente menor a los esperados (Fig.6.16).

Para el muestreo de mayo, Thysanoptera fue el único orden con una frecuencia significativamente mayor a los esperados, en tanto que todos los demás grupos obtuvieron frecuencias significativamente menores a los esperados (Fig.6.16).

En la colecta de julio, los Mesostigmata, Prostigmata, Psocoptera e Hymenoptera mostraron frecuencias significativamente mayores a los esperados. En contraste con los Thysanoptera, Heteroptera, Homoptera y Coleoptera que tuvieron valores significativamente menores a los esperados (Fig.6.16).

Para el muestreo de septiembre, los órdenes con frecuencias significativamente mayores a las esperadas fueron los Prostigmata, Oribatida, Collembola, Psocoptera, Hymenoptera y Coleoptera. Mientras que los Thysanoptera, Heteroptera y Homoptera

obtuvieron frecuencias significativamente menores a las esperadas (Fig.6.16).

Para la colecta de noviembre, sólo mostraron frecuencias significativamente mayores con respecto a las esperadas los Prostigmata, Collembola e Hymenoptera. Mientras que los Oribatida, Thysanoptera, Heteroptera y Homoptera obtuvieron frecuencias significativamente menores a las esperadas (Fig.6.16).

Para la última colecta, correspondiente al mes de enero, los órdenes con frecuencias significativamente mayores a las esperadas fueron los Mesostigmata, Prostigmata, Heteroptera y Homoptera. En contraste, los órdenes con una frecuencia significativamente menor a la esperada fueron los Oribatida, Collembola, Psocoptera, Thysanoptera, Heteroptera e Hymenoptera (Fig.6.16).

Tabla 6.4. Abundancias de artrópodos agrupadas a nivel orden, registradas en el transcurso de los seis muestreos en las tres especies vegetales sujetas a estudio. AV= *A. vaginatum*, AG= *A. globosum* y PH= *P. hartwegii*

Grupos	Fecha de Colecta																		Total
	Marzo			Mayo			Julio			Septiembre			Noviembre			Enero			
	AG	AV	PH	AG	AV	PH	AG	AV	PH	AG	AV	PH	AG	AV	PH	AG	AV	PH	
Prostigmata	754	627	914	1296	811	304	1186	1877	159	3676	1574	291	1113	1345	253	1320	1258	680	19438
Thysanoptera	1077	701	12	986	6086	95	325	564	79	54	27	18	19	14	24	93	102	10	10286
Oribatida	3	14	128	2	5	37	17	13	29	7	90	119	2	19	14	4	6	34	543
Homoptera	0	0	55	2	3	45	7	2	26	1	12	29	3	2	37	4	5	255	488
Collembola	6	0	37	3	1	22	7	11	21	9	37	95	2	0	40	1	0	13	305
Psocoptera	2	3	45	3	1	33	9	22	18	9	15	52	1	0	6	0	3	7	229
Hymenoptera	1	12	0	3	1	12	32	15	4	14	1	55	17	32	16	4	0	1	220
Heteroptera	10	28	17	1	6	6	1	1	7	12	3	1	1	0	3	7	59	8	171
Coleoptera	8	11	27	5	18	5	1	5	1	38	17	8	6	2	2	7	4	0	165
Mesostigmata	0	4	2	3	3	2	2	7	16	4	5	13	6	0	0	0	2	28	97
Lepidoptera	4	0	2	5	6	1	1	5	0	6	9	2	4	5	1	4	5	0	60
Diptera	2	1	4	2	1	3	1	9	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	29
Aranae	2	6	1	4	2	0	0	1	1	0	1	1	0	0	2	2	0	2	25
Opiniones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Mecoptera	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Totales	1102	753	117	1004	6121	167	368	601	119	126	72	114	50	55	83	119	175	274	32059

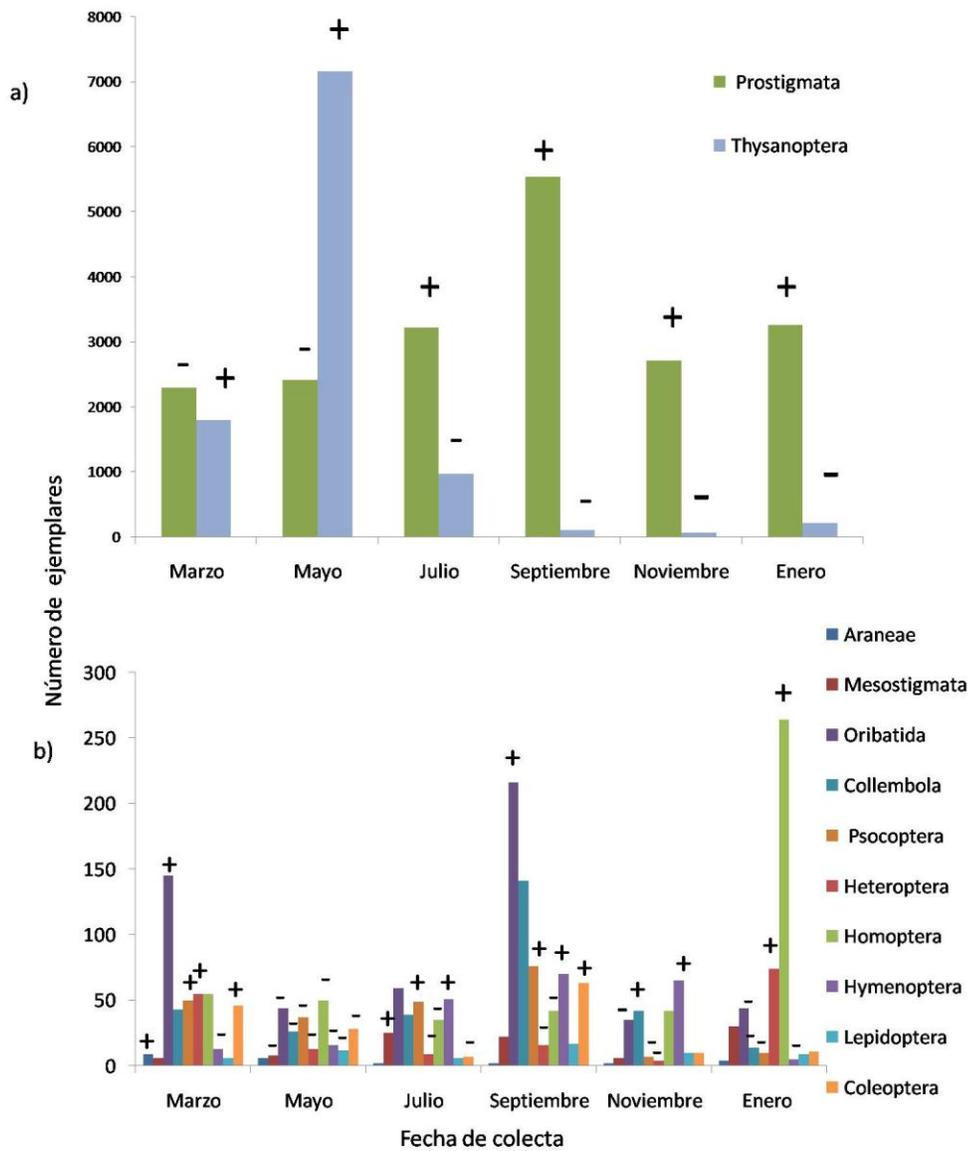


Figura 6.16. a) Comparación de la frecuencia absoluta de los artrópodos dominantes en el transcurso del año de colecta. b) Comparación de la frecuencia absoluta de los órdenes de artrópodos con baja frecuencia. Los signos + por arriba de las columnas indican una frecuencia significativamente mayor a lo esperado, mientras que el signo - indica una frecuencia significativamente menor de la esperada. $P < 0.05$.

6.4 Comparación entre plantas hospederas y fechas

Se registró un efecto significativo de la planta hospedera, el tiempo de colecta y la interacción planta hospedera x tiempo de colecta sobre la riqueza de morfoespecies de artrópodos por muestra (tabla 6.5). La riqueza media de artrópodos fue significativamente mayor en *P. hartwegii* y *A. globosum* en comparación con *A. vaginatum* (fig. 6.17a). Sólo se registraron diferencias significativas en la riqueza de especie de artrópodos entre los tres tipos de plantas en las colectas de marzo y mayo, siendo significativamente mayor en *P. hartwegii* en el mes de marzo respecto a las demás plantas. Mientras que *A. globosum* fue significativamente menor con respecto a las otras dos plantas en la colecta de mayo (fig. 6.17b).

Tabla 6.5. Resultados del análisis de varianza de medidas repetidas para probar el efecto de la planta hospedera, el tiempo de colecta y su interacción, sobre la riqueza de morfoespecies de artrópodos por muestra.

Efecto	<i>F</i>	g.l.	<i>P</i>
Planta hospedera	14.911	2	0.001
Tiempo de colecta	4.024	5	0.003
Planta hospedera x Tiempo de colecta	2.904	10	0.046

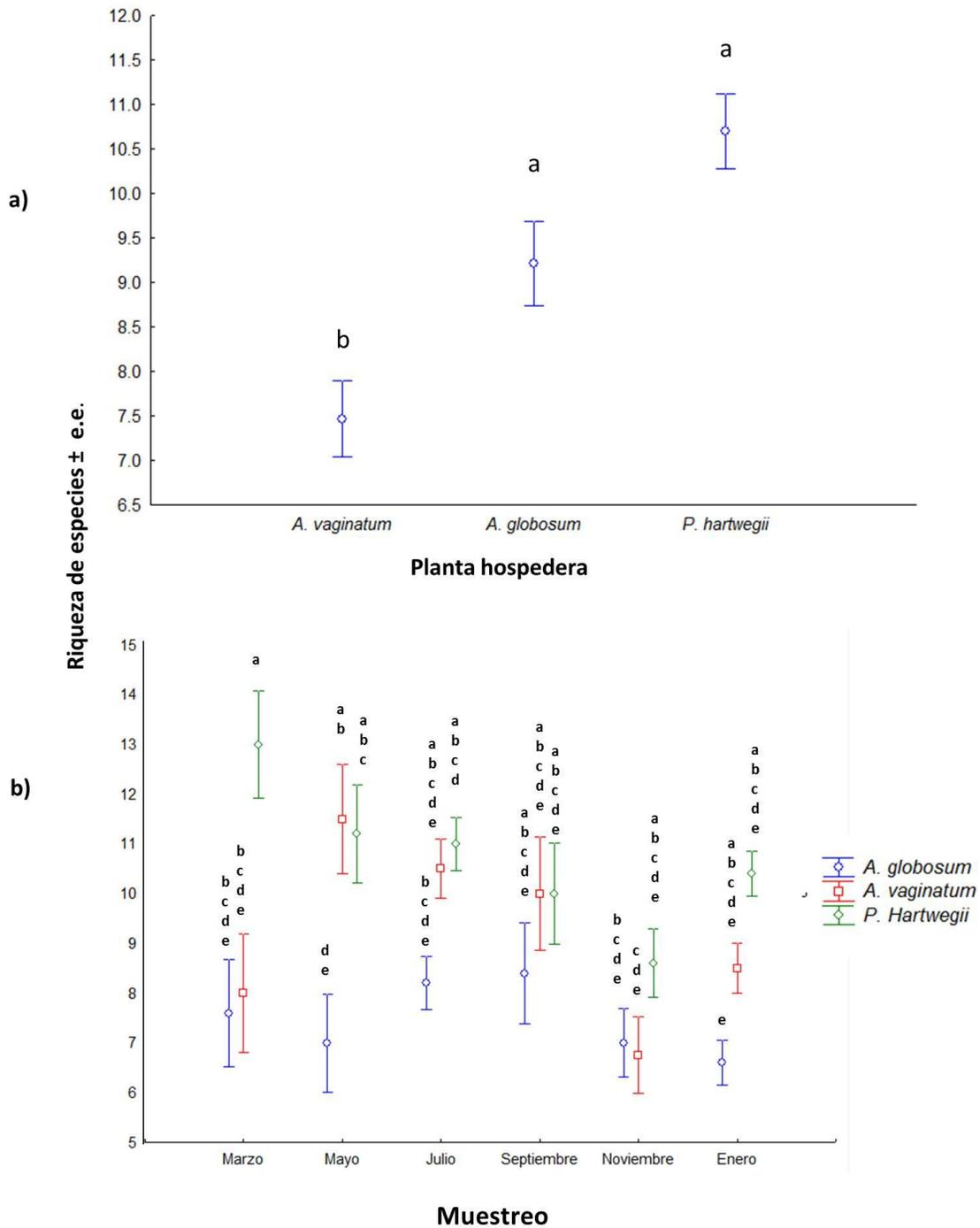


Figura 6.17. a) Riqueza de morfoespecies promedio (\pm e.e.) en *A. globosum*, *A. vaginatum* y *P. hartwegii*. b) Riqueza de morfoespecies promedio (\pm e.e.) en *A. globosum*, *A. vaginatum* y *P. hartwegii* en seis diferentes fechas de colecta. Letras diferentes denotan diferencias significativas, $P < 0.05$, con base en la prueba de Tukey. Una muestra representa un volumen de 725 ml de tejidos vegetales (partes aéreas de los muérdagos ó acículas de los pinos). N = 89 muestras.

Por otro lado, se encontró que hubo un efecto del tiempo de colecta, de la planta hospedera y de la interacción de la planta hospedera × el tiempo de colecta, sobre la abundancia media de artrópodos (Tabla 6.6). Se registraron valores significativamente mayores de la abundancia de artrópodos en las dos especies de muérdagos, que los obtenidos en *P. hartwegii* (fig. 6.18a).

En la interacción de la planta hospedera × el tiempo de colecta sobre la abundancia media de artrópodos, resultó significativamente más alto en el mes de mayo por *A. vaginatum* sobre las demás plantas. Las demás fechas de colecta no mostraron diferencias significativas (fig.6.18b).

Tabla 6.6. Resultados del análisis de varianza de medidas repetidas para probar el efecto de la planta hospedera, el tiempo de colecta y su interacción, sobre la abundancia de los artrópodos por muestra.

Efecto	<i>F</i>	g.l.	<i>P</i>
Planta hospedera	14.902	2	0.001
Tiempo de colecta	4.506	5	0.001
Planta hospedera × Tiempo de colecta	3.620	10	0.001

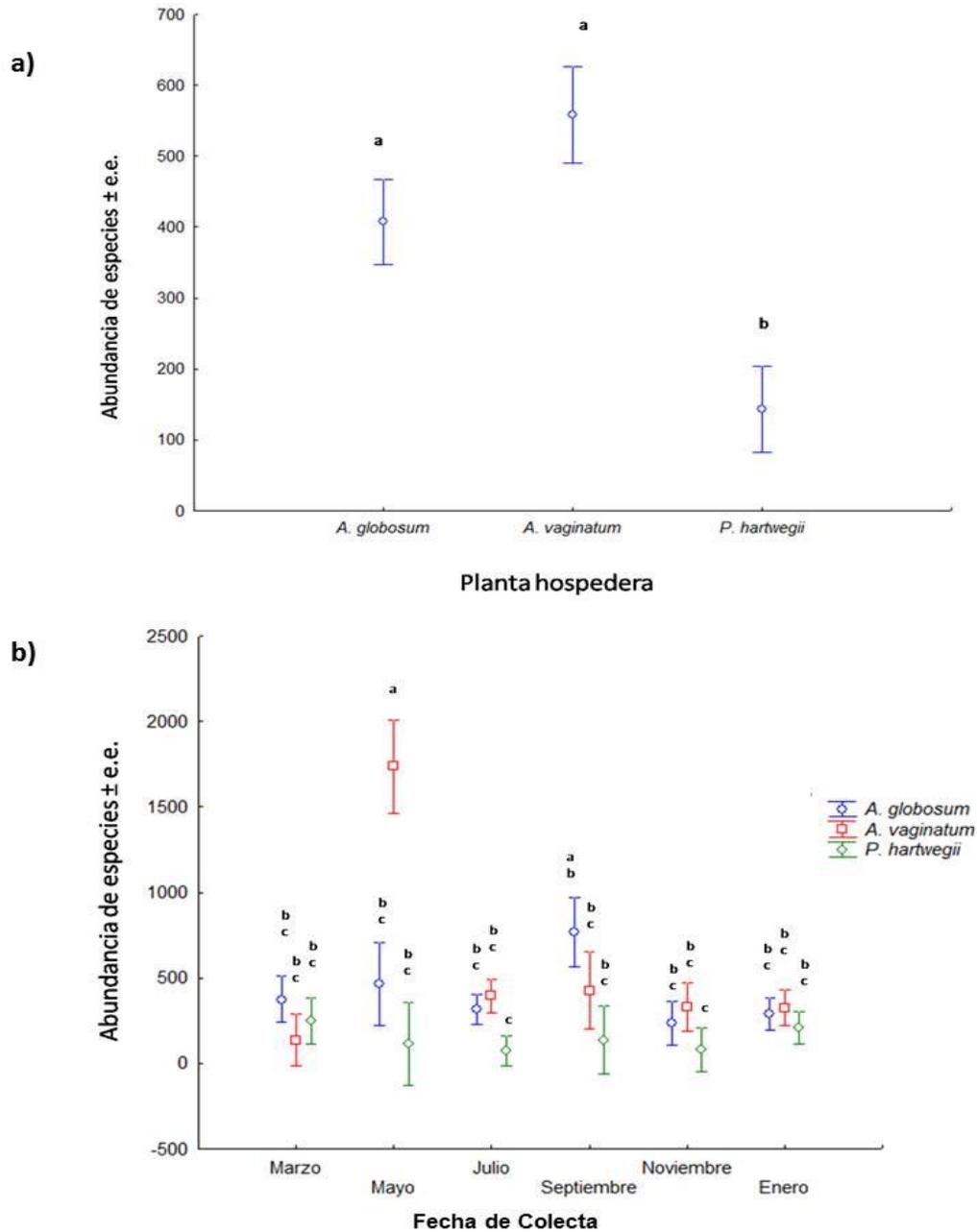


Figura 6.18. a) Abundancia de morfoespecies promedio (\pm e.e.) en *A. globosum*, *A. vaginatum* y *P. hartwegii*. b) Abundancia de morfoespecies promedio (\pm e.e.) en *A. globosum*, *A. vaginatum* y *P. hartwegii*, en seis diferentes fechas de colecta. Letras diferentes denotan diferencias significativas, $P < 0.05$, con base en la prueba de Tukey. N = 89 muestras.

Se registró un efecto significativo de la planta hospedera y de la fecha de colecta sobre la diversidad de morfoespecies de artrópodos por muestra (Tabla 6.7); sin embargo, no se encontró un efecto de la interacción planta hospedera × fecha de colecta sobre la diversidad de artrópodos. La comunidad asociada a *P. hartwegii* registró una diversidad significativamente mayor que las comunidades asociadas a las dos especies de muérdagos (fig.6.19a). Por otro lado, la diversidad resultó significativamente mayor en marzo respecto a noviembre y enero, así como la colecta de julio fue más diversa respecto a la de enero (fig.6.19b).

Tabla 6.7 Resultados del análisis de varianza de medidas repetidas para probar el efecto de la planta hospedera, el tiempo de colecta y su interacción, sobre la diversidad (H') de artrópodos por muestra.

Efecto	F	g.l	P
Planta hospedera	47.473	2	<0.0001
Tiempo de colecta	2.565	5	0.037
Tiempo de colecta xPlanta hospedera	1.219	10	0.299

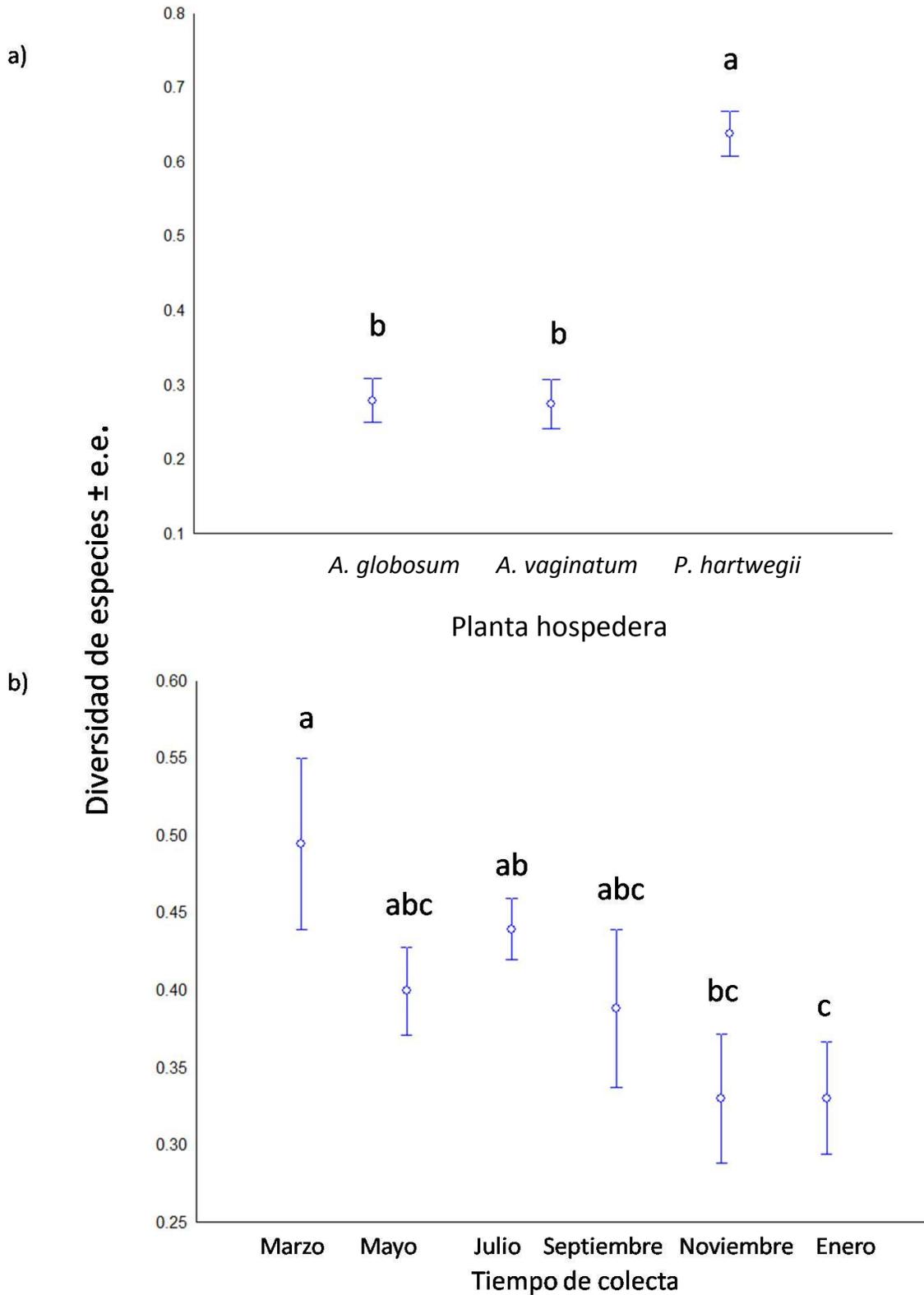


Figura 6.19 Índices de diversidad (H') promedio de las morfoespecies en tres diferentes plantas hospederas (a) y en seis fechas de colecta (b). Letras diferentes denotan diferencias significativas con $P < 0.05$, con base en la prueba de Tukey. $N = 89$ muestras.

6.5 Similitud y clasificación de comunidades

Los índices de Jaccard (IS_j) mostraron que hay una mayor similitud entre las comunidades de artrópodos asociadas a *A. globosum* y *A. vaginatum* (con 26 morfoespecies en común), y la menor similitud entre las comunidades de *P. hartwegii* y la de *A. vaginatum* (con 25 morfoespecies en común) (Tabla 6.8).

Tabla 6.8. Valores del índice de similitud de Jaccard para las comunidades de artrópodos epífitos asociadas a tres plantas.

	Planta hospedera	
	<i>A. vaginatum</i>	<i>P. hartwegii</i>
<i>A. globosum</i>	0.625	0.590
<i>A. vaginatum</i>	-	0.530

A su vez, el dendrograma de similitud de Bray-Curtis mostró que las comunidades de artrópodos asociadas a las dos especies de muérdago son más similares entre ellas, mientras que estas comunidades presentaron una menor similitud con la comunidad del pino (fig. 6.20).

En el análisis de componentes principales, la mayoría de las muestras se agrupan en un mismo espacio, salvo por cinco muestras dispersas de *P. hartwegii*, cinco de *A. vaginatum* y dos de *A. globosum* (fig. 6.21). El componente principal 1 (CP1) explicó el 7.0% de la variación de los datos y el CP2 el 6.7%.

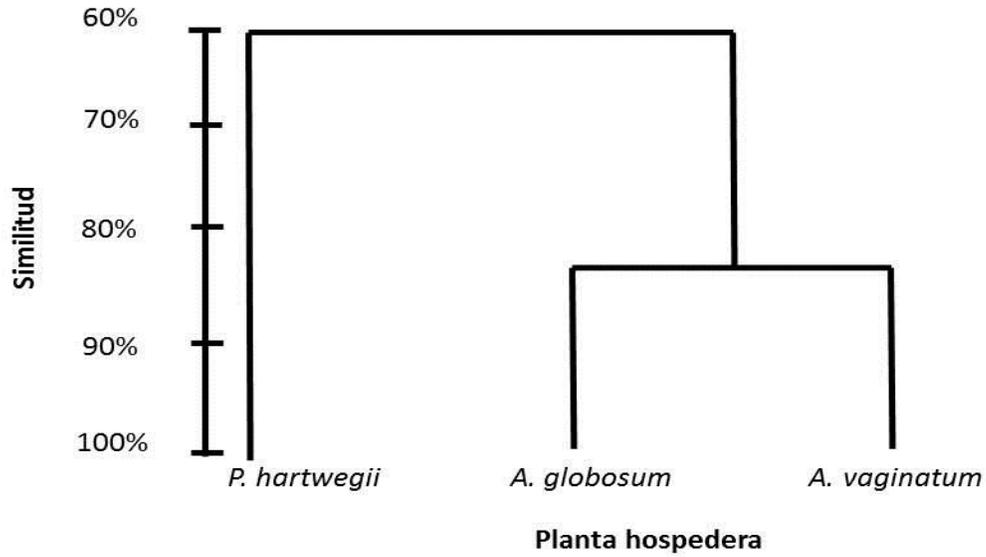


Figura 6.20. Dendrograma de Bray-Curtis que compara las comunidades de artrópodos epífitos asociada al follaje de *Pinus hartwegii* y a los tejidos de sus muérdagos enanos (*A. globosum* y *A. vaginatum*) en el Parque Nacional Zoquiapan.

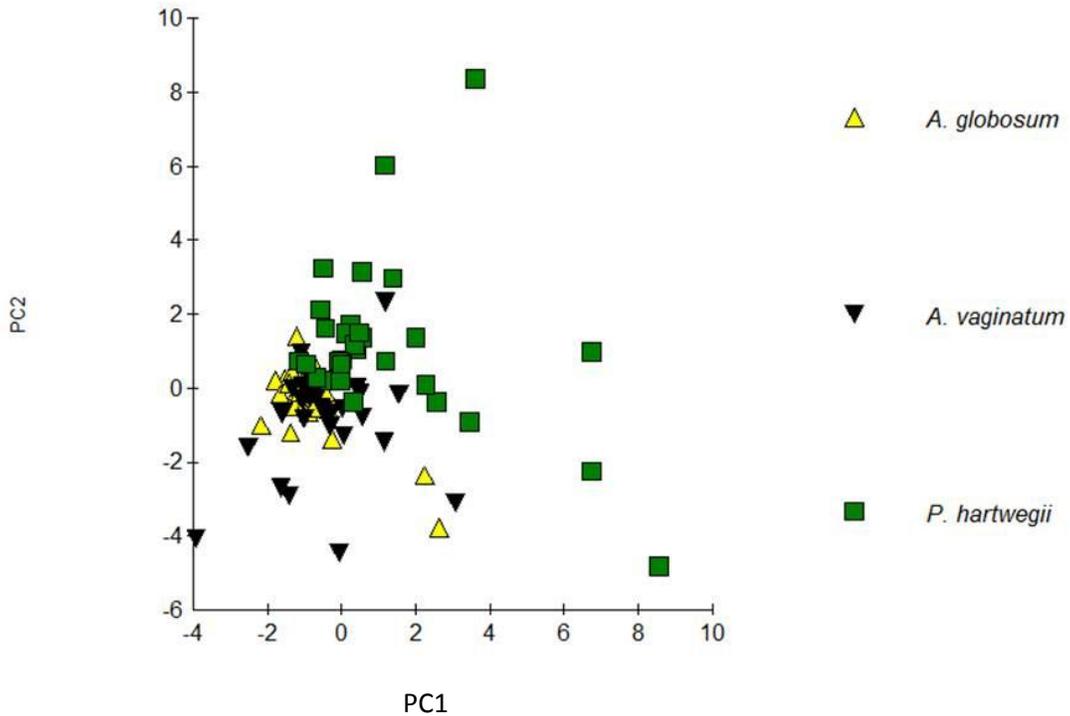


Figura 6.21. Análisis de componentes principales que ordena las muestras de las comunidades de artrópodos epífitos provenientes del follaje de *P. hartwegii* y de tejidos aéreos de sus muérdagos enanos (*A. globosum* y *A. vaginatum*) en el Parque Nacional Zoquiapan.

6.6 Red trófica

La identificación a nivel familia permitió la atribución de hábitos alimentarios, así como conocer la información de la biología de las morfoespecies registradas. Con ello, se construyó una red trófica de tres niveles: el primer nivel está compuesto por los productores primarios, que son las tres especies de plantas hospederas (fig. 6.22). El nivel secundario representa a los fitófagos consumidores de flores y polen (Thysanoptera), el tallo del muérdago (Lepidoptera y Prostigmata), así como de las acículas de pino (Coleoptera, Heteroptera). En ésta última es donde se presentan los fitófagos de mayor talla y los organismos saprófagos (Collembola, Psocoptera y Oribatida), que se alimentan de los organismos y materia en descomposición. Los fitófagos presentes tanto en el muérdago como en las acículas de pino, son a su vez potenciales presas para los organismos depredadores o parasitoides que se encuentran asociados a estas comunidades, los cuales utilizan dichas condiciones favorables para el establecimiento de telarañas de captura (Araneae), así como para caza pasiva y activa (Araneae, Mesostigmata y Opiliones). La presencia de ejemplares adultos y de larvas pertenecientes a la subclase Parasitica (Hymenoptera) propone la interacción de parasitismo hacia individuos de Araneae, Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera y Homoptera (Goulet y Huber, 1993).

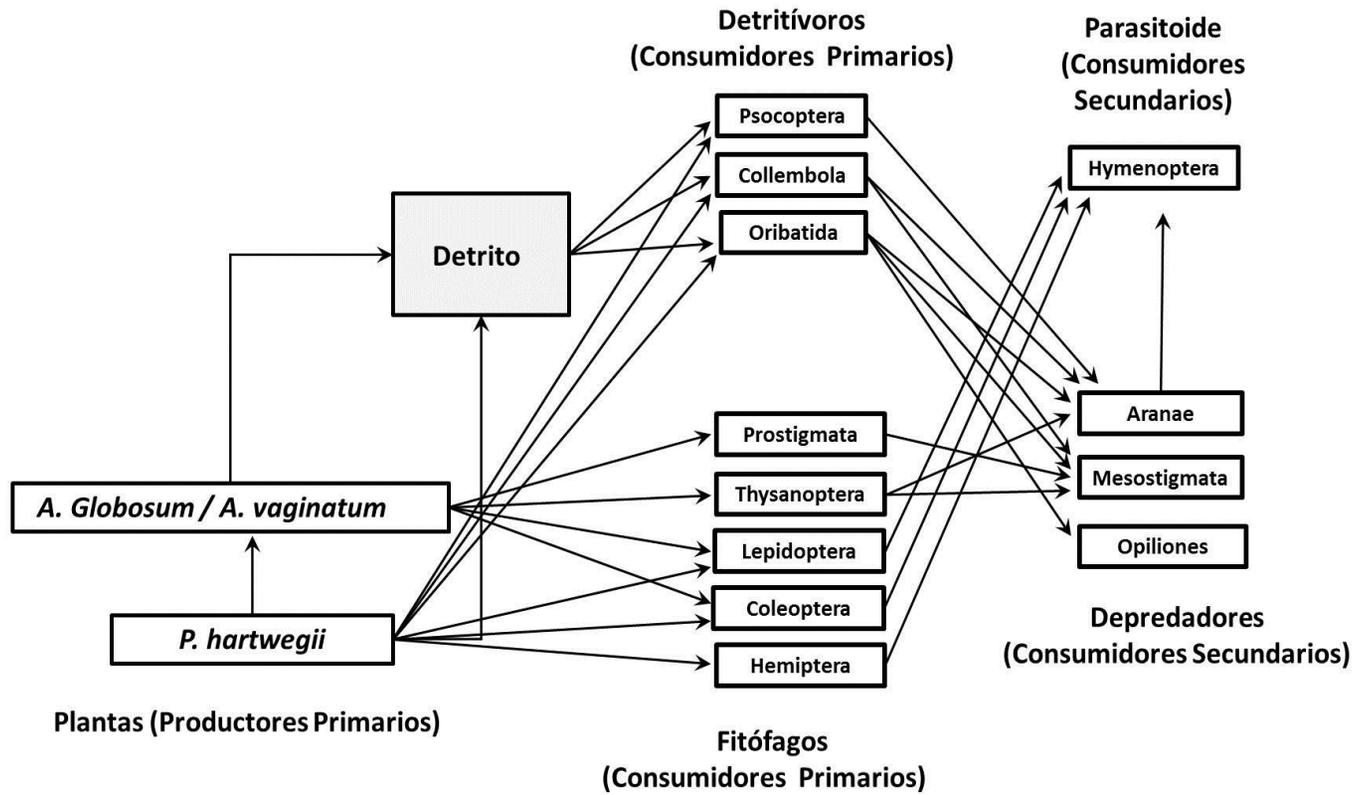


Figura 6.22. Red trófica de los artrópodos asociados a *P. hartwegii*, *A. globosum* y *A. vaginatum*, elaborada a partir de los muestreos realizados y de la literatura. Los recuadros son los órdenes involucrados y las flechas indican el flujo energía y materia dentro de la comunidad.

VII. DISCUSIÓN

7.1 Comparación de las comunidades

Los resultados muestran un patrón claro, donde existe una mayor riqueza, diversidad y equitatividad, así como una menor abundancia de morfoespecies de artrópodos, en el follaje de *P. hartwegii*, en comparación con los tejidos aéreos de las dos especies de muérdago que lo infestan. Asimismo, se detecta que en el pino hay una menor dominancia de Thysanoptera y ácaros Prostigmata, que en las dos especies de muérdago.

Prostigmata y Thysanoptera fueron reportados como los órdenes dominantes durante el muestreo para las dos especies de muérdago, lo que concuerda con estudios previos de artropodofauna asociada a diferentes plantas en diversas regiones, donde se les ha visto como órdenes dominantes (Nadkarni y Longino, 1990; Ozanne, 1996; Palacios- *et al.*, 1998).

Las comunidades asociadas a los dos muérdagos presentan abundancias similares de ciertos grupos, tales como Thysanoptera (principalmente la especie *Frankliniella toluensis*) y Prostigmata (principalmente la especie *Tenuipalpidae bravipalpus*), resultando en comunidades similares entre sí.

El parecido de las comunidades de artrópodos entre las dos especies de muérdago que sustenta el dendrograma de Bray-Curtis (fig. 6.15), puede ser atribuido a la estrecha afinidad morfológica y filogenética existente entre

ambas especies de muérdago (Hawksworth y Wiens, 1996; Hawksworth *et al.*, 2002; Geils *et al.*, 2002; Shaw *et al.*, 2008) ofreciendo recursos y condiciones similares entre sí (i.e., tipo de flor, el tipo de fruto, hojas escuamiformes, tallos suculentos, ubicación dentro del hospedero, tamaño de la planta y patrón de ramificación, entre otros; Hawksworth y Wiens, 1996), que son aprovechables para los artrópodos.

La mayor diversidad de artrópodos que sustenta el follaje de *P. hartwegii* puede ser atribuida a que (1) constituye una isla de colonización más grande que los muérdagos (Schoener, 1976; Connor y McCoy, 1979; Lomolino, 2000; Williamson *et al.*, 2001; López-Gómez y Cano-Santana, 2010), y (2) la forma amacollada de los fascículos en las ramas terminales (Farjon *et al.*, 1997), que ofrecen un refugio a los artrópodos contra las variaciones climáticas (López-Gómez, 2010). En tanto que, los muérdagos constituyen islas de colonización de menor talla y sus hojas escuamiformes no representan un refugio efectivo para artrópodos de tamaño mayor a los 3-5 mm. Sin embargo, los artrópodos menores a 3 mm (como los Prostigmata) encuentran un refugio apropiado en las estructuras del muérdago, donde se observaron en grandes abundancias.

Se observó la presencia de homópteros y coleópteros en los brotes foliares del pino, así como de arañas, dípteros, heterópteros, homópteros e himenópteros refugiados en los fascículos foliares. No obstante, también es posible que la alta diversidad de artrópodos en el follaje del pino sea favorecida por especies turistas u ocasionales, las cuales son especies raras y no son típicas de la comunidad sino pasajeras (Magurran y Henderson,

2003). Las estructuras de los pinos (como ramas, tronco, conos y corteza) conforman un hábitat heterogéneo y complejo, el cual puede ser aprovechado por especies turistas. Sin embargo, las bajas abundancias ciertos grupos de artrópodos (considerados en este estudio como especies turistas), se pueden considerar como una subestimación de insectos alados (Diptera, Mecoptera, Homoptera, Hymenoptera y Lepidoptera) con capacidad de volar y evitar su captura.

No se puede descartar, por otra parte, la posibilidad de que el detrito que se acumula en los fascículos que conforman una forma amacollada, puede ser utilizado por los artrópodos como sitio de alimentación o de refugio. Allí se pueden encontrar artrópodos saprófagos como colémbolos, ácaros oribatidos y psocópteros.

7.2 Papel funcional de los artrópodos epífitos

La variedad de hábitats y recursos que se encuentran tanto en el follaje del pino como en los tallos de los muérdagos, favorece la presencia de artrópodos en al menos tres niveles tróficos: consumidores primarios, consumidores secundarios y saprófagos

La complejidad estructural de la planta (número y forma de hojas) tiene un efecto en la riqueza de morfoespecies, concordando con otros estudios (por ejemplo, DeVries *et al.*, 1997; Hansen, 2000) los cuales respaldan la idea sobre la heterogeneidad espacial como principal determinante en la estructura en comunidades ecológicas. En las acículas

de pino tanto en los muérdagos se da una acumulación de detrito, el cual se encuentra disponible como un recurso que es aprovechado por artrópodos saprófagos, resultando como consecuencia una mayor presencia de depredadores y parasitoides (Begon et al. 1996), ya que los efectos del incremento de nutrientes en la base de una red trófica tiende a incrementar la longitud o la complejidad de la misma (Pimm et al., 1991; Jenkins et al., 1992; Kitching, 2000, 2001).

En las dos especies de muérdago se encontró una alta abundancia de ácaros Prostigmata, los cuales, debido a su pequeño tamaño (aproximadamente 3-5 mm), son capaces de permanecer entre las escamas de los muérdagos. Stevens y Hawksworth (1970) registraron la presencia de dos especies de ácaros Prostigmata fitófagos (*Brevipalpus porca* y *B. arceuthobii*). sobre el muérdago enano *A. vaginatum* subsp. *cryptopodum* en localidades del bosque de Oregón.

Los ácaros representan uno de los grupos fitófagos y saprófagos más importantes en distintos sistemas (Maraun y Scheu, 2000), ya que, a pesar de su talla pequeña, por sus altas abundancias cumplen con los procesos de descomposición y ciclaje de nutrientes (Visser, 1985).

Por otro lado, se ha discutido que la presencia de los colémbolos en el dosel de los bosques se debe en gran medida a la asociación que tienen con plantas epífitas, algas, líquenes y briofitas (Prinzing, 1997); pero, en este estudio se puede afirmar que la presencia de este grupo de artrópodos en el dosel también es por su asociación con las plantas parásitas. Los colémbolos son considerados consumidores generalistas (se ha registrado

que se alimentan de hifas y esporas fúngicas, bacterias, detrito vegetal, materia en proceso de descomposición, polen y partículas minerales), aunque algunas especies tienen hábito depredador (Castaño-Meneses *et al.*, 2004).

Uno de los órdenes con mayor abundancia en los muérdagos fue Thysanoptera (género *Frankliniella*), alcanzando su mayor abundancia en *Arceuthobium vaginatum*, para el muestreo de mayo, lo que se relaciona con la floración de la planta (Hawksworth y Wiens, 1996). Esto resulta similar a las observaciones realizadas previamente en 1970 por Stevens y Hawksworth, en *A. vaginatum* subsp. *cryptopodum* en el suroeste de Estados Unidos, donde encontraron una mayor abundancia de tisanópteros relacionada con la época de floración de dicho muérdago. Existen reportes de polinización por *Frankliniella occidentalis* en árboles de aguacate (Wysoki *et al.*, 2002), donde también se le ha registrado como plaga al presentar altas densidades (Cabezas y Cuevas 2007).

En los últimos años se ha generado polémica respecto al tipo de polinización que presentan los muérdagos enanos, ya que sus estructuras florales, así como el polen presente, sugieren que la polinización es por entomofilia; sin embargo, los artrópodos polinizadores aún no han sido determinados (Hawksworth y Wiens, 1996). En el presente estudio se obtuvo el primer registro para *Frankliniella tolucensis* (Watson, 1942) en asociación con *Arceuthobium globosum* subsp. *globosum* y *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum*, parasitando a *Pinus hartwegii* en el área del PNZA. Las altas densidades de *Frankliniella tolucensis* en la época de floración sugieren

una estrecha relación con las dos especies de muérdago, incluyendo una posible interacción de polinización.

Esta especie es depredada por ácaros de la familia Phytoseiidae, así como por avispas (Hymenoptera) que se alimentan de los huevecillos de los tisanópteros (trips) (Morse y Hoddle, 2006). En estado adulto, los trips también pueden actuar como depredadores de ácaros, otros trips, hormigas y pequeños hemípteros (Johansen y Mojica 1996).

Los homópteros en estado adulto pertenecieron a las familias Cicadellidae y Membracidae, los cuales suelen estar presentes dentro de las comunidades de artrópodos forestales y se alimentan succionando tejido vegetal de diversas plantas (W. L. Baker, 1972). Cabe mencionar que la mayoría de los homópteros eran juveniles y se encontraban en algún instar de su desarrollo (por ejemplo, morfoespecie 31; Anexo 1). Es probable que utilicen al dosel del pino, así como a los muérdagos como hábitat de refugio, inclusive de ovoposición, permitiendo la eclosión y desarrollo de los juveniles hasta alcanzar la madurez y con ella la capacidad de volar.

Las arañas, por su parte, son depredadoras y por lo tanto son capaces de alimentarse de todos los demás artrópodos presentes en los muérdagos y el pino. Además, pueden ser parasitadas por avispas.

Los escarabajos curculiónidos suelen llevar su ciclo reproductivo en las inmediaciones de los pinos, y los adultos emergen de su pupa alrededor de septiembre, volando hacia las ramas de los pinos para ovopositar. Las larvas al eclosionar se alimentan de los brotes del pino y cuando el daño llega a ser

grande, ocasiona un déficit en el crecimiento del pino, dejando individuos de baja estatura o con ramas malformadas (Hawksworth y Wiens, 1996).

Es factible que las avispas registradas en este muestreo se encuentren estrechamente relacionadas con las tres especies de plantas y el ensamblaje de artrópodos ahí presente. Algunas especies, al ser adultas se alimentan del néctar y polen ofrecido por las flores de *Arceuthobium* spp. (Goulet y Huber, 1993), y a su vez aprovechan la presencia de artrópodos, como Araneae, Coleoptera, Heteroptera, Homoptera y Lepidoptera, para parasitarlos (Goulet y Huber, 1993). Durante todas las recolectas estuvieron presentes estos órdenes, tanto en los dos muérdagos como en las acículas del pino; por lo cual se considera a éstos artrópodos como presas disponibles para las avispas.

Está pendiente la identificación taxonómica de los ejemplares de Lepidoptera. Se considera importante ya que puede tratarse de fitófagos especialistas, como las larvas fitófagas de *Mitoura* y *Neophasia* en *A. vaginatum* subsp. *cryptopodum* (Grimble y Beckworth, 1993), y por lo tanto tener importancia como potencial controlador biológico de las poblaciones de muérdago enano (Hawksworth y Wiens, 1996).

Se considera que los fitófagos obligados provienen de una estrecha relación ecológica y evolutiva (Braby y Trueman, 2006). Debido a la disponibilidad y estrecha proximidad física entre el pino y el muérdago, se incrementa la oportunidad de explotar las dos fuentes de alimento por parte de la artropodofauna. Las larvas de lepidópteros son capaces de desplazarse a través del dosel, aprovechando tantos brotes foliares de pino,

como tallo de muérdago (Chew y Robbins, 1984; Mooney, 2003). Estas características y hábitos alimenticios le confieren un lugar dentro de la comunidad de artrópodos asociado al dosel del pino (Mooney, 2003; Braby y Trueman, 2006).

7.3 Variación estacional

La variación estacional de los artrópodos asociados al dosel de *P. hartwegii* incluye ligeros cambios en la composición y riqueza de especies. Se registró una mayor abundancia para la temporada de lluvias (470 ejemplares por muestra). Durante la temporada de lluvias los grupos que incrementaron su abundancia fueron: Thysanoptera, Collembola, Psocoptera, Hymenoptera, Coleoptera, Collembola y Oribatida.

Aunque en este estudio no se evaluó la humedad, la producción de follaje, ni tasas de herbivoría, se ha visto previamente que la temporada de lluvias se encuentra fuertemente relacionada con el incremento de herbívoros en el dosel de los bosques, como consecuencia indirecta al incremento en disponibilidad de recursos y producción foliar relacionada a la lluvia (Basset, 1996; Stork *et al.*, 1997).

VIII. Conclusiones

El papel de las plantas parásitas dentro de las comunidades puede ser contrastante y complejo. En el sistema pino-muérdago-artrópodos se da un impacto tanto positivo como negativo. Negativo para el hospedero, como ha sido reportado en otros estudios (Stevens y Hawksworth, 1984; Hawksworth y Wiens, 1996; Hawksworth et al., 2002; Geils et al., 2002; Stanton, 2006; Shaw et al., 2008), que es dañado y queda susceptible para el ataque de otros agentes patógenos (como los escarabajos descortezadores del género *Dendroctonus*; Stevens y Hawksworth, 1970). Pero positivo hacia la comunidad de artrópodos que sustenta, ya que favorece el establecimiento de los organismos al ofrecer microhabitats y recursos aprovechables por una amplia gama de seres vivos.

Debido a la considerable abundancia de artrópodos que se registraron en los muérdagos, se apoya la teoría de que los muérdagos funcionan como una especie clave dentro del dosel del bosque (Power *et al.*, 1996; Smith, 2000; Watson, 2001).

Al comparar la estructura de las comunidades asociadas a las tres especies de plantas, se concluye que difieren ligeramente entre sí; donde el pino presenta una mayor riqueza y diversidad, así como equitatividad, mientras que las dos especies de muérdago tienen una mayor abundancia de artrópodos.

Contrario a lo que se esperaba, no hubo diferencias significativas en la diversidad ni en la abundancia de artrópodos entre los dos muérdagos.

Ofrecen los mismos recursos y condiciones, los cuales son explotados de manera muy similar por los artrópodos. Sin embargo, el microhábitat que ofrecen en común los muérdagos, es aprovechado por artrópodos de talla pequeña (>5 mm.) (Collembola, Mesostigmata, Prostigmata, Thysanoptera) pudiendo habitar y ocupar las pequeñas hojas escumiformes como refugio y alimento.

Por la estrecha relación registrada entre la elevada abundancia de morfoespecies de Thysanoptera en los muérdagos, en la que se observa una sincronía con su fenología (floración), se proponen como posibles agentes polinizadores de estas dos especies de muérdago.

Es necesario realizar estudios de herbivoría en muérdagos, enfocados hacia ciertos grupos de artrópodos (Thysanoptera, Prostigmata y Lepidoptera), los cuales podrían tener un potencial papel como agentes de biocontrol sobre la infestación de muérdago enano.

Se logró describir a la comunidad de artrópodos asociados a los muérdagos enanos, así como la elaboración de una red trófica teórica, con la intención de vislumbrar que interacciones se llevan a cabo y por cuales entidades taxonómicas.

El estudio de los sistemas complejos de interacciones bióticas nos permitirá tener una visión más integral de quienes son los organismos involucrados y la manera en que conforman y regulan el funcionamiento de los ecosistemas.

A partir de la investigación básica, comprendemos de mejor manera nuestro entorno, con la finalidad de utilizar el conocimiento como herramienta en el manejo, gestión y conservación de los recursos naturales.

IX. Literatura Citada

- Andrade, V. y D. Cibrián. 1980. Evaluación de poblaciones de muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawks. y Wiens y *A. vaginatum* Willd) en bosques de *Pinus hartwegii* Lindl en Zoquiapan, Edo de México. Sociedad Mexicana de Entomología. En: *Memoria del Primer.Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal*. 18 y 19 de febrero.Uruapan, Mich., pp. 238-253.
- Baker, W. L. 1972. Eastern forest insects. USDA, Washington, D.C. No. 1175, pp 642.
- Basset, Y. y J. Arthington. 1992. The arthropod community of an Australian rainforest tree: abundance of component taxa. *Australian Journal of Ecology*, 17: 89-98.
- Basset, Y. y R. L. Kitching. 1991. Species number, species abundance and body length relationships of arboreal associated with an Australian rainforest tree. *Ecological Entomology*, 22: 211-215.
- Bazzaz, F.A. 1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois.*Ecology* 56: 485-488.
- Begon, M., J. L. Harper, y C.R. Townsend. 2006. Ecology. Individuals, populations and communities.Blackwell Science, Oxford. pp.778
- Braby, M.F y W.H Trueman.2006.Evolution of larval host plant associations and adaptive radiation in period butterflies.*Journal of Evolutionary Biology* 19(5): 1677-1690.

- Caballero-Deloya, M. 1968. Los Principales Enemigos del Bosque en los Estados de Baja California, Chihuahua, Durango, Nayarit y Sonora. Bosques de Clima Templado y Frío. Publicación No. 5. Dirección General del Inventario Nacional Forestal, México, 20 pp.
- Caballero-Deloya, M. 1970. La Frecuencia de los Daños al Bosque (Áreas de Coníferas en Zacatecas, Sinaloa y Jalisco). Publicación No. 14. Dirección General del Inventario Nacional Forestal, México, 28 pp.
- Cabezas C. y J. Cuevas. 2007. Avocado pollinators in southeast Spain. Proceedings VI World Avocado Congress.
- Carpenter, S. y J. Kitchell. 1988. Consumer control of lake productivity. *BioScience* 38: 764-769.
- Castaño-Meneses, G., Palacios-Vargas, J.L., y L. Cutz-Pool. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología, serie Zoología* 75(1): 135-142.
- Connell, J. H. 1980. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. *Oikos* 35: 131-138
- Connor, E. F y E. McCoy. 1979. The statistics and biology of the species-area relationship. *The American Naturalist* 113 (6):791-833.
- Davies, R.G. 1988. Outlines of Entomology. Chapman and Hall, Londres. 400 pp.
- DeVries, P. J., D. Murray y R. Lande. 1997. Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biol. J. Linn. Soc.* 62: 343–364

- Diamond J. y T.J. Case. 1986. Community Ecology. Harper and Row, Nueva York, 665 pp.
- DOF, Diario Oficial de la Nación. 1937. Decreto que declara Parque Nacional, los terrenos de la hacienda Zoquiapan y Anexas que han estado a cargo del Banco Nacional de Crédito Agrícola. Diario Oficial, Sección Primera, Tomo CL, Núm. 12, 9pp.
- Faith, D. P., P.R. Minchin y L. Belbin. 1987. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetation* 69:57-68.
- Farjon, A., J.A. Perez de la Rosa y B.T. Styles. 1997. A Field Guide to the Pines of Mexico and Central America. The Royal Botanic Gardens, Kew .U.K. 147 pp.
- Filip G.M., J.J. Colbert, C.G. Shaw, P.F. Hessburg y K.P. Hosman. 1993. Influence of dwarf mistletoe and western spruce budworm on growth and mortality of Douglas-fir in unmanaged stands. *Forest Science* 39(3): 465–477.
- Fitzjarrald, D.R. y K.E. Moore. 1995. Physical Mechanism of heat and mass exchange between forest and the atmosphere. En: Lowman M. D. y N. M. Nadkarni (eds.). Forest canopies. Academic Press, San Diego, 45-72 pp.
- Flamm, R. O., P. E. Pulley, y R. N. Coulson. 1993. Colonization of disturbed trees by The Southern Pine Beetle guild (Coleoptera: Scolytidae). *Environmental Entomology* 22:62-70.
- Geils, B. W. e I. Vásquez. 2002. Loranthaceae and Viscaceae in North America. En: Cibrián, J. y B. Moody (eds.). Mistletoes of North

- American Conifers. Reporte Técnico. RMRS–GTR–98. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT. pp 1-8.
- Geils, B.W., Cibrián, J. y B. Moody (eds.). 2002. Mistletoes of North American Conifers. Reporte Técnico. RMRS–GTR–98. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT. 123 pp.
- Gilbert, J. A. 1988. Some aspects of the reproductive biology of *Arceuthobium americanum* in Manitoba. Tesis doctoral, Universidad de Manitoba, Winnipeg, 179 pp.
- Gillott, C. 2005. Entomology. Springer, Dordrecht. 831 pp.
- Goulet, H. y J. Huber. 1993. Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families. Research Branch Agriculture, Ottawa, Ontario. 668 pp.
- Grimble, D.G. y R. C. Beckworth. 1993. Temporal changes in presence of late instar *Mitoura spinetorum* (Lycaenidae) in eastern Oregon. *Journal of the Lepidopterists' Society*, 47(4):329–330.
- Gutiérrez, R.M. 1968. Efecto del parasitismo del muérdago enano (*Aeceuthobium* spp.) sobre el desarrollo en grosor del tronco de *Pinus montezumae* y *P. hartwegii* en el cerro Telapón, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 28 pp.
- Hansen, R. A. 2000. Effects of habitat complexity and compositions on a diverse litter micro-arthropod assemblage. *Ecology* 81:1120–1132.

- Hawksworth, F. G. 1983. Mistletoes as forest parasites. En: Calder M. y P. Bernhardt (eds.). *The Biology of Mistletoes*. Academic Press, Nueva York, pp. 320-329.
- Hawksworth, F. G. y D. Wiens. 1996. Dwarf mistletoes: Biology, pathology and systematics. United States Department of Agriculture, Forest Service, 410 pp.
- Hawksworth, F.G., D. Wiens, and B. W. Geils. 2002. *Arceuthobium* in North America. En Geils, B. W., J. Cibrián, y B. Moody (eds.). *Mistletoes of North America conifers*. Reporte técnico: RMRS-GTR-98. United States Department of Agriculture, Forest Service. pp. 29-56.
- Hernández-Benítez R., Z. Cano-Santana e I. Castellanos-Vargas. 2005. Incidencia de infestación de *Arceuthobium globosum grandicuale* (Hawks. y Wiens) en *Pinus hartwegii* (Lindl.). *Revista Ciencia Forestal en México* 30:79-86.
- Iannacone, J. y L. Alvaríño. 2006. Diversidad de la artropofauna terrestre en la Reserva Nacional de Junín, Perú. *Ecología Aplicada* 5:171-174.
- Instituto Nacional de Estadística y geografía, INEGI. 1981 *Carta Estatal de Climas Escala 1:500,000. Anexo Cartográfico de la Síntesis Geográfica del Estado de México. Aguascalientes, (Aguascalientes)*. 171 pp.
- Jenkins, B., R. L. Kitching y S. L Pimm. 1992. Productivity, disturbance and food web structure at a local spatial scale in experimental container habitats. *Oikos* 65: 249–255.

- Jennings, D.T., B. Frederick., R. E. Stevens, R. E. y F.G.Hawksworth.1989.Spiders (Araneae) associated with dwarf mistletoes (*Arceuthobium* sp.) in Colorado.*Southwestern Naturalist* 34(3): 349-355.
- Johansen R.M. y A. Mojica-Guzmán. 1996. Thysanoptera, pp. 245-273. En Llorente J, A.N.García y E González-Soriano (eds.) Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Johnson, M. G. y D. S. Simberloff.1974. Environmental determinants of island species numbers in the British Isles. *Journal of Biogeography*.1: 149-1 54.
- Kempton, R. A. 1979. The Structure of species abundance and measurement of diversity. *Biometrics* 35: 307-321 pp.
- Kennet, C. E. 1963. Some species of *Typhlodromus* from dwarf mistletoe in North America (Acarina-Phytoseidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 39(4): 247-252.
- Kim, K.C. 1993. Biodiversity, conservation and inventory: why insects matter *Biodiversity and Conservation* 2:1991-214.
- Kitching, R. L. 2000. Food webs and container habitats: the natural history and ecology of phytotelmata. Universidad de Cambridge.Londres. 429 pp.

- Kitching, R. L..2001. Food webs in phytotelmata: “Bottom-up” and “top-down” explanations for community structure. *Annual Review of Entomology*.46: 729–760.
- Krantz G.W. y D. E. Walter (Eds.) 2009. A manual of Acarology. University Press, Texas. 704 pp.
- Krebs.J. C. 1999. Ecological Methodology.Universidad de Columbia Británica, Vancouver. 224 pp.
- Kuijt J. 1955. Dwarf Mistletoes. *The Botanical Review*.10: 569-619.
- Larsen E.M., E. Rodrick y R. Milner (eds.). 1995. Management recommendations for Washington’s priority species. Vol.1: Invertebrates.Washington Department of Fish and Wildlife.Olympia, 87 pp.
- Lawton, J.H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects.*Annual Review of Entomology* 28:23-39.
- Letourneau, D. K. y L. A. Dyer. 1998. Density patterns of *Piper* ant-plants and associated arthropods: top-predator trophic cascades in a terrestrial system. *Biotropica* 30:162–169.
- Linhart, Y., M. A. Snyder y J. P. Gibson. 1994. Differential host utilization by two parasites in a population of ponderosa pine. *Oecologia* 98: 117–120.
- Lomolino, M.V. 2000. Ecology’s most general, yet protean pattern: the species-area relationship. *Journal of Biogeography* 27:17-26.
- López-Gómez V. 2003. Estructura de la comunidad de invertebrados asociada a *Tillandsia violaceae* (Bromeliaceae) en un gradiente

altitudinal de un bosque de Oyamel en el parque nacional El Chico, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 53 pp.

López-Gómez, V. 2010. Efecto del tamaño del hábitat sobre la diversidad y la longitud de la cadena trófica de la comunidad de invertebrados asociados a *Muhlenbergia robusta* (Gramineae) en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 48pp.

López-Gómez, V. y Z. Cano-Santana. 2010. Best host-plant attribute for species-area relationship, and effects of the shade, conspecific distance and plant phenophase in an arthropod community within the grass *Muhlenbergia robusta*. *Entomological Science* 13:174-182.

Lowman, M.D. y P.K. Wittman. 1996. Forest canopies: methods, hypotheses, and future directions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27:55-81.

MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton. 203 pp.

Magurran, A.E. & P.A. Henderson. 2003. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distributions. *Nature* 422: 714-716.

Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Universidad de Princeton, Nueva Jersey. 179 pp.

Maraun, M. y S. Scheu. 2000. The structure of oribatid mite communities (Acari, Oribatida): patterns, mechanisms and implications for future

- research. *Ecography* 23: 374–383.
- Mathiasen, R. L., D. L. Nickrent, D. C. Shaw, y D. M. Watson. 2008. Mistletoes. Pathology, systematic, ecology and management. *Plant Disease* 92: 988–1006.
- McGregor, M. D. 1978. Management of mountain pine beetle in lodgepole pine stands in the Rocky Mountain area. Proceedings of the symposium: Theory and practice of mountain pine beetle management in lodgepole pine forests: Ogden, UT, Diciembre 1978: 129-139.
- Mittelbach, G.G., C.F. Steiner, S.M. Scheiner, K.L. Gross, H.L. Reynolds, R.B. Waide, M.R. Willing, S.I. Dodson y L. Gough. 2001. What is productivity? *Ecology* 82: 2381-2396.
- Mooney, K.A. 2001. The life history of *Dasypyga alternosquamella* Ragonot (Pyralidae) feeding on the southwestern dwarf mistletoe (*Arceuthobium Vaginatatum*) in Colorado. *Journal of the Lepidopterists Society*. 55(4): 140-143.
- Moran, V.C. y T.R.E. Southwood. 1982. The guild composition of arthropod communities in trees. *Journal of Animal Ecology*. 51: 289-306.
- Morecroft, M.T., P. Taylor y H.R. Oliver, 1985. Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open. *Agricultural and Forest Meteorology* 90: 141-156.
- Morse, D.R., Stork, N. E. y J.H. Lawton. 1988. Species number, species abundance and body length relationships of arboreal beetles in Bornean lowland rain forest trees. *Ecological Entomology* 13: 25-37.

- Morse, J.G. y M. S. Hoddle. 2006. Invasion biology thrips. *Annual Review of Entomology* 51:67–89.
- Moulton, D. 1948. The genus *Frankliniella* Karny, with keys for the determination of species (Thysanoptera). *Revista de Entomología* 19: 55-114.
- Murillo, R. M., J. G. Palacios, J. M. Labougle, E. M. Hentschel, J. E. Llorente, K. Luna, P. Rojas. y S. Zamudio. 1983. Variación estacional de la entomofauna asociada a *Tillandsia* spp. en una zona de transición biótica. *Southwestern Entomologist* 4: 292- 302.
- Nadkarni, N. M. y J. T. Longino. 1990. Invertebrates in canopy and ground organic matter in a neotropical montane forest, Costa Rica. *Biotropica* 22: 286-289.
- Obieta, M. C. y J. Sarukhán. 1981. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*. I. Estructura y composición florística. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 41: 75–124.
- Ozanne, C.M.P., 1996. The arthropod communities of coniferous forest trees. *Selbyana* 17: 43–49
- Palacios-Vargas, J. G. 1981. Collembola asociados a *Tillandsia* (Bromeliaceae) en el derrame lávico del Chichinautzin, Morelos, México. *Southwestern Entomologist* 2: 87- 98.
- Palacios-Vargas, J.G. y B. Mejía-Recamier. 2007. Técnicas de colecta, montaje y preservación de Microartrópodos edáficos. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 74pp.

- Palacios-Vargas, J.G., Castaño-Meneses, G. y Gómez-Anaya, J.A. 1998. Collembola from the canopy of a Mexican tropical deciduous forest. *Pan-Pacific Entomologist* 74: 47–54.
- Penfield, F. B., R. E. Stevens y F. G. Hawksworth. 1976. Pollination ecology of three Rocky Mountain dwarf mistletoe. *Forest science*, 22: 473-484.
- Pickett, S. y P. White. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, San Diego, 472 pp.
- Pimm, S. L., J. H., Lawton y J. E. Cohen. 1991. Food web patterns and their consequences. *Nature* 350: 669–674.
- Pla. L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Secretaria general de la organización de los Estados Americanos, Washington, 94 pp.
- Polis, G. A., W. B. Anderson y R. D. Holt. 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology. *Annual review of ecology and systematic* 28:289-316.
- Power, M. E., D. Tilman, J. A. Estes, B. A. Menge, W. J. Bond, L. S. Mills, G. Daily, J. C. Castilla, J. Lubchenco y R. T. Paine. 1996. Challenges in the quest for keystone. *BioScience* 46: 609-620.
- Priesner H. 1933. Neue exotische Thysanopteren . *Stylops*. 2 : 145–156.
- Pritchard, A. E. y E. W. Baker. 1958. The false spider mites (Acarina-Tenuipalpidae). *Entomology*, 14: 207-208.
- Queijeiro, M. E. 2007. Interacciones entre dos especies de muérdago enano (*Arceuthobium spp.*) y *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional

- Zoquiapan, Estado de México: el papel del disturbio. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, México. 50 pp.
- Ramírez-Arias, C.M. 2006. Estructura de la comunidad de artrópodos asociados al dosel de *Quercus rugosa* y *Q. laurina* en el Parque Ecológico de la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, México. 49 pp.
- Randall T. Schuh y James A. Slater. 1995. True Bugs of the World (Hemiptera:Heteroptera) Classification and Natural History. Cornstock Publishing Associates. Cornell University Press. 336 p.p.
- Rosenzweig, M. L., y Z. Abramsky. 1993. How are diversity and productivity related? En: Ricklefs, R. E. y D. Schluter (eds.). Species Diversity in ecological communities: Historical and geographic perspective. University of Chicago Press, Chicago. pp. 52-65.
- Ross, H.H., Ross C.A. y J. Ross.1991. A textbook of Entomology.Krieger, Miami. 224-228pp.
- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de laBiodiversidad, Pátzcuaro.1406 pp.
- Samways, M.J.1994.Insect; Conservation Biology.Chapman and Hall, Londres. 310 pp.

- Schoener, T. W. 1976. Species area relationship within archipelagoes: model and evidence from island birds. *Proceedings of XVI International Ornithological Congress* 6:629-642.
- Schowalter, D.T. 2006. *Insect ecology, an ecosystem approach*. Academic Press, San Diego. 251-287 pp.
- Schowalter, T. D. 1995. Canopy invertebrate community response to disturbance and consequences of herbivory in temperate and tropical forest. *Selbyana*.16: 41-48.
- Schowalter, T.D. 1985. Adaptations of insects to disturbance. En: S. Pickett y P.S. White (eds.). *The ecology of natural disturbance*
- Shaw, D. C, D. M. Watson y R. L. Mathiasen. 2004. Comparison of dwarf mistletoes (*Arceuthobium* spp., Visceae) in the western United States with mistletoes (*Amyema* spp. Loranthaceae) in Australia-ecological analogs and reciprocal models for ecosystem management. *Australian Journal of Botany* 52:481-498.
- Siegel, S y J. Castellan. 1995. *Estadística no paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta*. Trillas, México. 437 pp.
- Soberón, J. y J Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7:480-488.
- Sousa, W.P. 1979. Disturbance in marine intertidal boulder fields: the non-equilibrium maintenance of species diversity. *Ecology* 60:1225–1239.
- Southwood, T.R.E., V. C. Moran y C.E.J. Kennedy. 1982. The richness, abundance, and biomass of the arthropod communities in trees. *Journal of Animal Ecology* 51: 635-650.

- Stanton, S. 2006. The differential effects of dwarf mistletoe infection and broom abundance on the radial growth of managed ponderosa pine. *Forest Ecology and Management* 223: 318-326.
- Stevens, R. E. y F. G. Hawksworth. 1984. Insect-dwarf mistletoe associations: an update. En: Hawksworth, F. G. y R. F. Scharpf (eds.). *Biology of dwarf mistletoe: proceedings of the symposium*. 8 de agosto de 1984, Forth Collins, Colorado. pp. 94-101.
- Stork, N.E. 1987. Guild structure of arthropods from Bornean rain forest trees. *Ecological Entomology* 12: 69-80.
- Stork, N.E. 1991. The composition of the arthropod fauna of Bornean lowland rain forest trees. *Journal of Tropical Ecology* 7: 161-180.
- Stork, N.E., J. Adis y R.K. Didham (Eds.), 1997. *Canopy Arthropods*. Chapman and Hall, Londres. 567 pp.
- Strong, D. 1974. The insects of British trees: community equilibration in ecological time. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 61: 692-701
- Tovar-Sánchez, E. y K. Oyama. 2006. Effect of hybridization of the *Quercus crassifolia* x *Quercus crassipes* complex on the community structure of endophagous insects. *Oecologia* 147: 702-713
- Tovar-Sánchez, E., Z. Cano-Santana y K. Oyama. 2003. Canopy arthropod communities on Mexican oaks at sites with different disturbance regimes. *Biological Conservation* 115: 79-87.
- Visser, S. 1985. Role of the soil invertebrates in determining the composition of soil microbial communities. En: Fitter, A. H., Atkinson, D. Read y M. Usher (eds.) *Ecological Interactions in soil. Plants, microbes and*

- animals. Blackwell, Oxford, pp. 279–317.
- Wagner, M. R. y R. L. Mathiasen. 1985. Dwarf mistletoes-pandora moth interaction and its contribution to Ponderosa pine mortality in Arizona. *Great Basin Naturalist*, 45: 423-426.
- Waide, R. B., M. R. Willing, G. Mittelbach, C. Steiner, L. Gough, S. I. Dodson, G. P. Judy y R. Parmeter. 1999. The relationship between primary productivity and species richness. *Annual review of ecology and systematic* 30:257-300.
- Watson, D.M. 2001. Mistletoe. A keystone resource in forest and woodlands worldwide. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 219–249.
- Watson, J.L. 1942. Two new Frankliniella from México The Florida Entomologist 25: 43-46.
- Whittaker, R.H. 1975. Communities and ecosystems. Macmillan, Nueva York. 385 pp.
- Williamson, M., Gaston, K. J., y W. M. Lonsdale. 2001. The species-area relationship does not have an asymptote. *Journal of Biogeography* 28:827-830.
- Wood, S. M. 1971. New records and species of neotropical bark beetles (Scolytidae: Coleoptera), part 5. Brigham Young University Science Bulletin, Biological Series, 15(3): 1-54.
- Wysocki M., M.A., van der Berg, G. Ish-Am, S. Gazit, J.E. Peña y G.K. Waite. 2002. Pest and pollinators of avocado, En: Peña, J.E., J.L. Sharp y M. Wysocki (eds.). Tropical Fruits Pest and Pollinators, CAB International. 2002. Nueva York. pp. 223-293

Zar, J.H. 2010. Biostatistical analysis. Prentice-Hall, Nueva Jersey. 994 pp.

X. Anexos

Tabla 6.2. Lista de especies de artrópodos registradas en ramas de *Pinus hartwegii* y los tejidos aéreos de sus muérdagos enanos asociados: *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum* y *A. globosum* subsp. *grandicaule* en el Parque Nacional Zoquiapan. Los números denotan el número de ejemplares colectados en cada especie vegetal. En negritas se señalan los valores evidentemente más altos (Clasificación basada en Watson, 1942; Moulton, 1948; Borror et al., 1992; Evans, 1992; Krantz G.W. y D. E. Walter 2009).

No. Especie	Clasificación	<i>A. globosum</i>	<i>A.vaginatum</i>	<i>P. hartwegii</i>
	Phylum Artrhopoda Clase Arachnida			
	Orden Araneae			
	Suborden Araneomorphae			
	Superfamilia Araneoidea			
	Familia Araneidae			
1	Araneidae Sp .1	1	0	0
2	Araneidae Sp.2	0	1	0
	Familia Theridiidae			
3	Theridiidae Sp .1	7	5	2
4	Theridiidae Sp .2	0	1	0
5	Theridiidae Sp .3	0	0	1
	Familia Linyphiidae			
6	Linyphiidae Sp.1	0	3	0
7	Linyphiidae Sp.2	0	0	1
	Familia Tetragnathide			
8	Tetragnathide Sp.1	0	0	3
	Orden Opiliones			
9	Opilionide Sp.1	0	1	1

10	Clase Acarii				
	Orden Mesostigmata				
	Suborden Monogynapsida				
	Cohorte Gamasina				
	Subcohorta Dermanyssia				
	Super familia Phytoseioidea				
	Familia Phytoseiidae				
		Phytoseiidae Sp.1	5	16	10
11		Phytoseiidae Sp.2	5	5	48
12		Phytoseiidae Sp.3	5	0	3
	Orden Prostigmata				
	Cohorte Raphignathina				
	Superfamilia Tetranychoida				
	Familia Tenuipalpidae				
	Genero <i>Brevipalpus</i>				
13		<i>Brevipalpus</i> Sp.1	9304	7427	2400
	Superfamilia Tetranychoida				
	Familia Tetranychidae				
14		Tetranychidae Sp.1	15	45	153
	Superfamilia Raphignathoidea				
	Familia Camerobidae				
	Genero <i>Camerobia</i>				
15		<i>Camerobia</i> Sp.1	18	8	12
	Cohorte Parasitengomina				
	Superfamilia Erythraeoidea				
	Familia Erythraeidae				
16		Erythraeidae Sp.1	8	12	36
	Orden Oribatida				
	Cohorte Brachypylina				
	Superfamilia Cymbaeremaeoidea				
	Familia Cymbaeremaeidae				
	Genero <i>Scapheremaeus</i>				
17		<i>Scapheremaeus</i> Sp.1	5	8	7
	Superfamilia Ceratozetoidea				
	Familia Ceratozetidae				
	Genero <i>Trichoribates</i>				
18		<i>Trichoribates</i> Sp.1	20	113	307

19	Superfamilia Oripoidea Familia Oripodidae Oripodidae Sp.1	5	20	44
	Cohorte Nothrina Superfamilia Crotonioidea Familia Camisidae Genero <i>Camisia</i> <i>Camisia</i> Sp.1	5	6	3
<hr/>				
21	Clase Hexapoda Subclase Collembola Orden Entomobryomorpha Superfamilia Entomobryoidea Familia Entomobryidae Entomobryidae Sp.1	28	45	227
22	Orden Poduromorpha Superfamilia Hypogastruroidea Familia Hypogastruridae Hypogastruridae Sp.1	0	4	1
<hr/>				
23	Clase Insecta Orden Psocoptera Familia Lachesillidae Subfamilia Lachesillinae Genero <i>Lachesilla</i> <i>Lachesilla pinicola</i>	24	44	161
<hr/>				
24	Orden Thysanoptera Suborden Terebrantia Familia Thripidae Genero <i>Frankiniella</i> <i>Frankiniella toluensis</i> (Watson)	2548	7477	238
25	<i>Frankiniella fallaciosa</i> (Priesner)	6	14	0
26	<i>Frankiniella minuta</i> (Moulton)	0	2	0
27	<i>Frankiniella</i> Sp 1(nueva)	0	1	0
<hr/>				
28	Orden Hemiptera Suborden Heteroptera Heteroptera Ninfa Sp.1	23	84	24
29	Heteroptera Sp.1	9	13	13
30	Heteroptera Sp.2	0	0	5
<hr/>				
	Suborden Homoptera	15	24	417

31	Homoptera Ninfa Sp. 1			
	Superfamilia Membracoidea			
	Familia Membracidae			
32	Membracidae Sp.1	2	0	8
	Familia Cicadellidae			
33	Cicadellidae Sp.1	0	0	22
	Orden Hymenoptera			
	Suborden Apocrita parasítica			
34	Hymenoptera Larva Sp.1	64	58	83
	Superfamilia Vespoidea			
	Familia Vespidae (6)			
35	Vespidae Sp.1	0	1	0
	Superfamilia Ichneumonoidea			
	Familia Ichneumonidae (32)			
36	Ichneumonidae Sp.1	0	0	1
	Superfamilia Platygastroiae			
	Familia Platygastroidea			
37	Platygastroidea Sp.1	5	1	3
	Superfamilia Ceraphonidea			
	Familia Ceraphonidae			
38	Ceraphonidae Sp.1	0	1	0
	Superfamilia Chilsidoidea			
	Familia Chilsidoidea			
39	Chilsidoidea Sp.1	0	0	1
	Familia Eulophidae			
40	Eulophidae Sp.1	1	0	0
	Orden Lepidoptera			
41	Lepidoptera Larva Sp.1	23	30	5
42	Lepidoptera Sp.1	0	0	1
	Orden Coleoptera			
43	Coleoptera Larva Sp. 1	50	45	19
44	Coleoptera Larva Sp. 2	13	5	16
	Familia Curculionidae			
45	Curculionidae Sp. 1	4	7	5
46	Curculionidae Sp. 2	0	0	3

	Orden Diptera				
47		Diptera Larva Sp.1	0	6	5
48		Diptera Sp 1	5	8	3
49		Diptera Sp.2	1	0	0
50		Diptera Sp.3	0	0	1
	Orden Mecoptera				
51		Mecoptera Sp.1	0	0	1