



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

COMPARACIÓN DE LA COMUNIDAD DE  
ARTRÓPODOS EPÍFITOS ASOCIADOS A PLANTAS  
MASCULINAS Y FEMENINAS DE *Buddleia cordata*  
(LOGANIACEAE)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

PRESENTA

IXCHEL SARAHÍ GONZÁLEZ RAMÍREZ



DIRECTOR DE TESIS:  
DR. ZENÓN CANO SANTANA

2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

1. Datos del alumno  
González  
Ramírez  
Ixchel Sarahí  
47562927  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
UNAM  
408036605

2. Datos del tutor  
Dr.  
Zenón  
Cano  
Santana

3. Datos del sinodal 1  
Dra  
María Teresa  
Valverde  
Valdés

4. Datos del sinodal 2  
Dr.  
Víctor  
López  
Gómez

5. Datos del sinodal 3  
Dr.  
Efraín  
Tovar  
Sánchez

6. Datos del sinodal 4  
M. en C.  
Arturo  
García  
Gómez

7. Datos del trabajo escrito.  
Comparación de la comunidad de artrópodos epífitos asociados a plantas masculinas  
y femeninas de *Buddleia cordata* (Loganiaceae)  
57 pp.  
2012

*“No era más que un zorro semejante a cien mil otros. Pero yo le hice mi amigo y ahora es único en el mundo.”*

Antoine de Saint-Exupéry

*“El universo es tan grande, tan eterno y tan hermoso, que incluso el más grande de tus problemas no es tan grande, mira las estrellas”*

## AGRADECIMIENTOS

Muchas veces un par de líneas no bastan para expresar los sentimientos, pero sí para revivir los recuerdos, y es ésta mi manera de agradecer brevemente a quienes me han formado, forjado, renovado y acompañado en este proceso de aprendizaje y crecimiento que es la vida.

A mis padres, que no conformes con darme la vida que es el regalo más maravilloso, me han procurado de amor y se han esforzado por darnos a mi y a mi hermana todo cuanto han podido y a veces más. Soy gracias a ustedes y los amo.

A mi hermana, que es mi personita favorita para desvelarme, jugar, bailar, cantar, reír, bromear, bailar y hasta pelear.

A Juan González y Sofía Cendejas, a mi mamá Tita, a Lupita, Juan y Jesús, a mis tíos y tías, a mis incontables primos y sobrinos, a Dushka y Chito, por la familia que somos.

A todos mis amigos del Liceo, en particular a Nathaly, Lucero y Carlos, por todo lo que juntos aprendimos, hicimos, deshicimos y porque seguimos.

A Gris, Sam, Maya, Fercho, Rodrigo, Diego, Betty, Gina y el resto de la manada por todo lo que ser manada significa. A Oli, Viri, Moni, Daniela, Gina, León, Silvina, Miriam, Luis, León F. y Nahual, por compartir felices horas de bichos, trabajo, desvelo, congresos, café, cine, guitarra, campo y hospitales. A los palebotas: Anita, Gris, Aldo, Mar, Luis, Andrea, Denise, Alma, Chabelita, César, Fabi y Enoch por la carretera, el campo, los congresos, las garrapatas y las aventuras. A Torres, por su amistad sincera, tanta ayuda con la tesis y el mejor café del mundo. A Evelyn, Bob, Marce, Pao, Xóchilt, Iván, Tona, Antar, Memo, Sandra, Kenya, Lei, Iván R., Tania, Coni y Steph, porque más vale tarde que nunca. Los conocí avanzada la carrera pero hemos pasado buenos momentos, cada quién sabrá a lo que me refiero. Todos ustedes han hecho que mi paso por esta carrera haya sido impredecible, enriquecedor y feliz, al punto de que puedo decir que la Facultad de Ciencias es mi segundo hogar.

A las suculentas, las ingenieras, el coach y Chente; por jugar, reír, ganar y perder conmigo. Me han dado más de lo que imaginan. A la banda montañera, porque ustedes saben cuánto duran los días en la montaña.

A los doctores Sergio Cevallos Ferriz y Laura Calvillo Canadell, por abrirme las puertas, adoptarme, enseñarme y apoyarme siempre e incluso cuando no debían. Sin ustedes muchas cosas no hubieran sido posibles, espero que exista alguna manera de agradecerles tantas oportunidades.

A algunos de los grandes profesores que he conocido en mi vida y que me han llevado a donde voy: Mme. Prost, Mme Sartori, Rosa María Fonseca, Tere Valverde, Jorge Meave, Marisol Montellano, Álvaro Chaos y Lev.

Al doctor Zenón Cano Santana porque fueron sus clases las que me inspiraron a hacer ecología; admiro el compromiso con el que enseña y agradezco la formación que me ha dado. De usted he aprendido mucho más que ecología.

A Víctor López Gómez, por ser el cotutor no oficial, agradezco tanta ayuda durante todo el proceso de realización de esta tesis y su amistad.

A mis sinodales, la Dra. Teresa Valverde Valdés, el Dr. Efraín Tovar y el M. en Ciencias Arturo García Gómez, por la revisión de mi tesis y aportar tantas ideas que no había considerado. Es sorprendente cuanto disfruté y aprendí mientras hacía sus correcciones.

A Iván Castellanos Vargas por la ayuda técnica en el laboratorio. A Viridiana Lizardo, Arturo García, Iván Castellanos Vargas y Rodrigo Monjaraz por su ayuda y orientación con la taxonomía de mis ejemplares.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	5
Comunidades de artrópodos en plantas.....	5
Las plantas dioicas.....	7
Las plantas dioicas y los artrópodos.....	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	11
MÉTODOS.....	13
Sitio de estudio.....	13
Sistema de estudio.....	15
Métodos de campo.....	17
Análisis estadísticos.....	20
RESULTADOS.....	23
Comunidad de artrópodos asociada a <i>B. cordata</i> .....	23
Comunidades de artrópodos asociadas a árboles de distinto sexo de <i>B. cordata</i> .....	26
Grupos funcionales de artrópodos asociados a plantas femeninas y masculinas de <i>B. cordata</i> .....	29
Tasa de herbivoría y dimorfismo sexual.....	31
DISCUSIÓN.....	35
Características de la comunidad de artrópodos asociada a <i>B.</i> <i>cordata</i> .....	35
Efecto del sexo sobre la comunidad de artrópodos .....	36

Importancia de la fenofase de la planta.....	38
El dimorfismo sexual en <i>B. cordata</i> .....	41
Tasa de herbivoría.....	42
Aspectos metodológicos y perspectivas de estudio.....	43
CONCLUSIONES.....	45
LITERATURA CITADA.....	46
ANEXO 1.....	52
ANEXO 2.....	54

González Ramírez, I. 2012. Comparación de la comunidad de artrópodos epífitos asociados a plantas masculinas y femeninas de *Buddleia cordata* (Loganiaceae). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 57 pp.

## RESUMEN

En las plantas dioicas, el sexo de la planta determina características morfológicas y fisiológicas, tales como el contenido de agua, la proporción de carbono/nitrógeno, la concentración de metabolitos secundarios, la tasa de crecimiento y el grosor de las hojas. Existen varios estudios que indican que este tipo de diferencias entre plantas masculinas y femeninas afectan las preferencias de consumo de los insectos que se alimentan de ellas, sin embargo, se desconoce si el sexo de la planta hospedera modifica (y de qué manera) la estructura de la comunidad de artrópodos asociada. Los objetivos de este estudio fueron (1) determinar el efecto del sexo de *Buddleia cordata* sobre la estructura de la comunidad de artrópodos asociada, incluyendo sus grupos funcionales de artrópodos, (2) comparar la tasa de herbivoría foliar que se presenta en las plantas de distinto sexo, y (3) determinar las diferencias en el grosor de las hojas y su contenido hídrico entre plantas masculinas y femeninas. Se monitorearon 13 parejas de un árbol masculino y un árbol femenino de *B. cordata* con morfología similar y condiciones ambientales parecidas entre junio de 2010 y abril de 2011. Cada dos meses, se muestrearon los artrópodos epífitos, y se midió el contenido hídrico y el grosor de las hojas de *B. cordata*. No se encontraron diferencias en la riqueza, abundancia e índice de diversidad de Shannon entre las comunidades de artrópodos asociadas a plantas masculinas y femeninas. Sin embargo, los carnívoros fueron significativamente más diversos y abundantes en los árboles masculinos en junio y agosto, respectivamente. En octubre hubo una frecuencia

significativamente mayor de individuos de Araneae en las plantas femeninas y menor frecuencia de individuos del orden Thysanoptera en las plantas masculinas, comparadas con las frecuencias que se esperaban por azar. Por otro lado, en diciembre, hubo una frecuencia significativamente menor de individuos de Thysanoptera en los árboles masculinos en comparación con los esperados por azar. Las hojas de las plantas masculinas fueron significativamente más gruesas que las de las plantas femeninas en octubre, mientras que en febrero las hojas de las plantas femeninas fueron significativamente más gruesas. No se registraron diferencias significativas en el contenido hídrico, ni en la tasa de herbivoría foliar entre plantas masculinas y femeninas. Nuestras observaciones sugieren que el sexo de *B. cordata* modifica al grupo de los carnívoros, y esto está probablemente relacionado con diferencias en la disponibilidad de recursos en plantas femeninas y masculinas, lo que a su vez, es dependiente de la fenología de la planta.

**Palabras clave:** *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México, dioicismo, insectos, arácnidos, arañas, dimorfismo sexual, estacionalidad, fuerzas ascendentes, herbivoría.*

## ABSTRACT

Gender in dioecious plants determine many morphological and physiological characters, such as water content, carbon-nitrogen ratio, secondary compounds concentration, growth rate, and leaf thickness. Several studies indicate that such differences between male and female plants affect the foraging preference of herbivorous insects; nevertheless, it is unknown if host-plant's gender modifies community structure of the resident arthropods. The goals of this study are to (1) determine the effect of gender of a dioecious tree (*Buddleia cordata*) on resident arthropod community structure (functional groups included), (2) to compare foliar herbivory rates in plants with different sex, and (3) to determine the differences on leaf thickness and water content between male and female trees. We surveyed 13 male/female tree pairs of *B. cordata* with similar morphology and environmental conditions between June 2010 and April 2011. Every two months, we sampled the resident arthropod, and measured water content and thickness of *Buddleia cordata* leaves. There were no differences in richness, abundance and Shannon's diversity index of arthropod communities between male and female trees of *B. cordata*. However, carnivores were more diverse and abundant in male trees than in female trees during flowering season, while the opposite pattern was recorded during fructification season. In October, the frequency of Araneae individuals was greater in female plants and there was less Thysanoptera individuals in male plants than random values expected. Also, in December, there was less Thysanoptera individuals in male plants than those expected by hazard. Furthermore, leaf thickness of male trees was greater during the flowering season, while in female trees leaf thickness was greater during fructification season. There were no differences in water content or foliar herbivory between male and female plants. Our observations suggest that *B. cordata*'s gender modifies carnivore arthropod guild, and this is most probably related with differences in resource availability in male and female plants due to host-plant phenology.

**Key words:** *Pedregal de San Ángel ecological preserve, dioicism, Mexico city, insects, arachnids, spiders, sexual dimorphism, seasonality, bottom-up forces, herbivory.*

## I. INTRODUCCIÓN

### I.1. Comunidades de artrópodos en plantas

Una comunidad es un conjunto de poblaciones de diferentes especies que interactúan en un mismo tiempo y espacio (Begon *et al.*, 2006; Verhoef y Morin, 2010). Comúnmente, los límites de una comunidad se definen arbitrariamente en función del objetivo del observador, de manera que una comunidad puede ser desde un conjunto de microorganismos de diferente especie en una caja de Petri, hasta el conjunto de plantas y animales que habita en un territorio amplio (Begon *et al.*, 2006). Las comunidades ecológicas se describen a partir de sus propiedades emergentes tales como la riqueza específica, la abundancia relativa de cada especie, la diversidad y la composición de especies (Begon *et al.*, 2006; Verhoef y Morin, 2010). Otro enfoque de estudio de las comunidades es el funcional, éste se refiere al estudio de los procesos e interacciones que ocurren dentro de una comunidad (Verhoef y Morin, 2010). Para ello se estudian características como la riqueza y la abundancia de diferentes grupos funcionales, la presencia y abundancia de especies claves y las características (e.g. intensidad, número y efecto) de las interacciones bióticas (Verhoef y Morin, 2010).

Una de las comunidades ecológicas más importantes en los ecosistemas terrestres es la de los artrópodos (Strong *et al.*, 1984; Schoonhoven *et al.*, 2005; Schowalter, 2006). Estos organismos constituyen cerca del 85% de las especies de animales descritas, tienen el registro fósil más completo entre los animales, y se considera que son el Phylum de metazoarios más exitoso (Graham y Telford, 2009; Giribet y Edgecombe, 2012). Además, ocupan una gran cantidad de nichos y pertenecen a casi todos los grupos funcionales de las comunidades (e.g. herbívoros, carnívoros, saprófagos, parásitos, detritívoros, polinizadores y parasitoides) (Strong *et al.*, 1984; Schoonhoven *et al.*, 2005; Schowalter, 2006).

Se ha propuesto que la alta diversidad de los artrópodos se debe a su aparición temprana en la historia de la vida hace más de 500 millones de años. Los artrópodos han tenido varios periodos de diversificación que les han permitido adquirir una gran variedad de formas y colonizar una gran cantidad de hábitats (Schoonhoven *et al.*, 2005; Giribet y Edgecombe, 2012). Las evidencias paleontológicas y filogenéticas sugieren que uno de los eventos más importantes en la diversificación de los artrópodos fue la radiación adaptativa del grupo de los insectos, que se dio de manera simultánea con la diversificación de las angiospermas durante el periodo Cretácico (Ollerton y Coulthard, 2009; Giribet y Edgecombe, 2012). Desde entonces, los insectos y las plantas han mantenido interacciones muy estrechas, y de diferentes tipos, entre las que se cuentan la herbivoría, la dispersión de semillas y la polinización (Strong *et al.*, 1984; Schoonhoven *et al.*, 2005; Ollerton y Coulthard, 2009).

Los artrópodos interactúan con las plantas de maneras muy variadas. Éstas pueden ser una fuente de alimento (incluso indirectamente, como ocurre con los artrópodos carnívoros que se alimentan de los herbívoros asociados las plantas), un sitio de descanso y un refugio contra otros organismos (Strong *et al.*, 1984; Schoonhoven *et al.*, 2005). Las plantas constituyen hábitats tipo isla, con recursos y condiciones distintos a los del medio circundante (Strong *et al.*, 1984; Schoonhoven *et al.*, 2005). Por ejemplo, diversos estudios han mostrado que las condiciones de temperatura y humedad registradas en una planta presentan una menor variación que las que se registran a su alrededor (Strong *et al.*, 1984). Las condiciones que se presentan sobre las plantas son tan favorables que la mayoría de los artrópodos terrestres tienden a llevar a cabo al menos una etapa de su ciclo de vida sobre ellas (Strong *et al.*, 1984).

Las comunidades de artrópodos asociadas a las plantas son un modelo adecuado para estudiar los factores que pueden modificar la estructura de las

comunidades ecológicas debido a la alta diversidad biológica de los artrópodos, su talla generalmente pequeña (a comparación de otros grupos de animales) y su facilidad de manejo (Strong *et al.*, 1984; Schowalter, 2006). La estructura de la comunidad de artrópodos asociada a una planta hospedera está determinada por varios factores, tales como el microclima, la cantidad y la variedad de recursos, la productividad primaria, la fisonomía de la planta, la producción de compuestos alelopáticos y la distancia con respecto a las fuentes de colonización (Strong *et al.*, 1984; Schoonhoven *et al.*, 2005). Uno de los factores que se ha observado que influye en ciertas poblaciones de artrópodos y que ha sido poco estudiado a nivel de comunidad, es el sexo de la planta hospedera (Agren, 1987; Polhemus, 1988; Boecklen *et al.*, 1994; Uribe-Mú y Quesada, 2006).

## **I.2. Las plantas dioicas**

El 6% de las angiospermas son plantas dioicas (Renner y Ricklefs, 1995), es decir, son plantas que tienen flores con función masculina y flores con función femenina repartidas en individuos diferentes. Las plantas dioicas pueden presentar dimorfismo sexual, en el que se presentan diferencias entre plantas de distinto sexo a partir de sus caracteres sexuales primarios y secundarios (Sakai y Weller, 1999; Barret, 2002). Los caracteres sexuales primarios están relacionados con las estructuras de función sexual, como el gineceo y el androceo; mientras que los caracteres sexuales secundarios se dan en aspectos que no están directamente relacionados con la reproducción, como los caracteres vegetativos y ciertos rasgos de historias de vida (Sakai y Weller, 1999).

La historia de vida es la manera en la que un organismo, población o especie lleva a cabo su ciclo de vida (Begon *et al.*, 2006). La teoría de la evolución de las historias de vida tiene como supuesto que la selección natural tiende a maximizar la adecuación de los organismos a través de sus tres componentes: supervivencia, crecimiento y reproducción (Stearns, 1989; Begon *et al.*, 1996). Una de las limitantes para que se

alcance dicha maximización es el hecho de que los recursos que posee un organismo son limitados y deben repartirse entre todas sus funciones (Stearns, 1989; Geber *et al.*, 1999). Este principio, conocido como el principio de asignación (*principle of allocation*), explica la existencia de disyuntivas (*trade-offs*) entre distintos rasgos de historia de vida, las cuales se entienden como la competencia por recursos entre dos atributos de un organismo, restringiendo su evolución simultánea; de manera que un beneficio en uno de los atributos conlleva un cambio perjudicial en otra de sus características (Stearns, 1989).

Una de las disyuntivas más documentada en muchos grupos de animales y plantas es la que existe entre crecimiento y reproducción, es decir que a mayor reproducción, menor crecimiento (Agren, 1988; Allen y Antos, 1988; Krischik y Denno, 1990; Begon *et al.*, 2006; Williams *et al.*, 2011). Las hembras suelen invertir más energía en la reproducción (Sakai y Weller, 1999). Por lo tanto, las hembras podrían tener una menor capacidad de almacenar reservas en sus tejidos. Por ejemplo, en distintas familias de plantas (Chenopodiaceae, Polygonaceae, Cupressaceae, Salicaceae, Rosaceae, Asteraceae y Lauraceae) se ha registrado que los individuos masculinos presentan un mayor contenido de agua, nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas (Boecklen *et al.*, 1990; Hjaltén, 1992; Agren, 1999), así como hojas más grandes y gruesas en comparación con las plantas femeninas (Conn, 1981; Agren, 1999). Mientras que los machos podrían ser más apetecibles o nutritivos, y tener mayor abundancia de herbívoros que se alimentan de ellos (Benth, 1857; Boecklen *et al.*, 1990; Danell *et al.*, 1985; Hjaltén, 1992).

### **I.3. Las plantas dioicas y los artrópodos**

Las características morfológicas y fisiológicas que difieren entre las plantas femeninas y masculinas pueden modificar la abundancia de algunos grupos de artrópodos asociados a ellas (Agren, 1999). Los herbívoros, por ejemplo, pueden mostrar preferencia hacia el consumo de plantas masculinas o femeninas según su proporción de carbono/nitrógeno,

su contenido de agua y su concentración de compuestos secundarios (Danell *et al.*, 1985; Boecklen *et al.*, 1990; Krischik y Denno, 1990; Hjaltén, 1992; Agren, 1999). Por otro lado, en una revisión sobre las preferencias de consumo de los artrópodos herbívoros de plantas dioicas se encontró que en 25 de 39 estudios, las plantas masculinas son más consumidas y tienen mayor densidad de herbívoros que las femeninas. Por ejemplo, en experimentos de invernadero se observó que los individuos masculinos de *Salix lasiolepis* (Benth, 1857) (Salicaceae) tienen mayor densidad de cinco especies de insectos herbívoros que las plantas femeninas (Boecklen *et al.*, 1990). En este caso, los resultados se explicaron por una mayor proporción de nitrógeno/carbono y una mayor cantidad de tejido en las plantas masculinas en comparación con las femeninas, lo que atrae más a los herbívoros (Boecklen *et al.*, 1990). Este patrón también se ha observado en las preferencias de consumo de algunos vertebrados herbívoros, como *Microtus agrestis* (Cricetidae) y *Lepus timidus* (Leporidae), que prefieren alimentarse de individuos masculinos de tres especies de plantas (Danell *et al.*, 1985; Hjaltén, 1992).

Al afectar la densidad de herbívoros en una planta dioica, el sexo de la planta puede modificar a toda la comunidad de artrópodos asociada, ya que las poblaciones de herbívoros representan la disponibilidad de alimento para los consumidores secundarios (Strong *et al.*, 1984; Schoonhoven *et al.*, 2005; Begon *et al.*, 2006). Estos efectos de los niveles tróficos inferiores que permean hacia los niveles tróficos superiores, modificando la estructura de la comunidad, se conocen como fuerzas ascendentes (Begon *et al.*, 2006). Existen trabajos que han mostrado que dichas fuerzas determinan en gran medida la estructura de las comunidades, particularmente en las comunidades de artrópodos terrestres (Chen y Wise, 1999; Gruner, 2004).

Los estudios que se han realizado hasta la fecha sobre el efecto que tiene el sexo de la planta hospedera sobre los artrópodos asociados han tenido un enfoque

poblacional, evaluando las preferencias de consumo y la densidad de algunos herbívoros (Danell *et al.*, 1985; Elmqvist y Gardfjell, 1988; Boecklen *et al.*, 1990; Hjaltén *et al.*, 1993; Agren, 1999) y dejando de lado las consecuencias que estos cambios poblacionales podrían tener sobre toda la comunidad de artrópodos asociada.

En la mayoría de estos estudios se ha observado que los herbívoros tienen preferencia por plantas masculinas; sin embargo, también se han registrado casos en los que no se han encontrado preferencias de los insectos herbívoros por individuos de un sexo particular de la planta hospedera (*e.g.* Hjaltén *et al.*, 1993; Agren, 1999) o en los que han mostrado preferencias hacia el consumo plantas femeninas (Agren, 1999), de manera que no se pueden realizar generalizaciones.

Dado lo anterior, resulta interesante estudiar los factores que podrían explicar estas preferencias. Una de las hipótesis al respecto, es que las preferencias de consumo de estos organismos podrían estar determinadas por el momento en que se realiza el estudio, ya que el dimorfismo sexual puede acentuarse en distintas fases de la fenología o estadios del ciclo de vida de las plantas (Geber *et al.*, 1999); sin embargo, no existen investigaciones dirigidas que respalden o rechacen esta hipótesis. Por lo tanto, el seguimiento anual de la comunidad de artrópodos asociados a *Buddleia cordata*, que es una planta dioica, constituye una prueba a esta hipótesis. Además de que un enfoque comunitario permitiría evaluar el efecto que el sexo de las plantas puede tener sobre la estructura de sus comunidades de artrópodos asociadas, a través de fuerzas ascendentes.

## II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de este trabajo es conocer si existe un efecto del sexo de los individuos de *Buddleia cordata* (Kunth) sobre las características de la comunidad de artrópodos asociada a sus partes aéreas (riqueza, abundancia, diversidad, biomasa y composición), y su organización funcional (comparación de los gremios), a lo largo de un año. Para cumplir el objetivo anterior, se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- 1) Describir la comunidad de artrópodos asociada a las partes aéreas de *Buddleia cordata*.
- 2) Comparar los atributos de riqueza, abundancia, diversidad y biomasa de las comunidades de artrópodos asociadas a plantas de distinto sexo de *B. cordata*, cada dos meses durante un año.
- 3) Comparar la riqueza, diversidad, abundancia y biomasa de diferentes gremios de artrópodos que se presentan en plantas femeninas y masculinas de *B. cordata*.
- 4) Comparar la tasa de herbivoría foliar que se presenta en las plantas de *B. cordata* de distinto sexo.
- 5) Comparar el grosor y el contenido hídrico de las hojas de plantas de *B. cordata* de distinto sexo.

La hipótesis planteada es que existe un efecto del sexo de la planta *B. cordata* sobre la estructura y función de la comunidad de artrópodos asociada a su follaje debido (1) a diferencias en la cantidad y calidad de los recursos que ofrecen las plantas de distinto sexo a los herbívoros, afectando así sus preferencias de establecimiento, y (2) a la propagación de este efecto hacia los niveles tróficos superiores a través de fuerzas ascendentes.

Si esto ocurre, se espera que exista una mayor riqueza, diversidad y abundancia de artrópodos, así como una mayor tasa de herbivoría (que es resultado de una mayor apetecibilidad y podría evaluarse en términos de un mayor contenido hídrico y grosor de las hojas) en las plantas masculinas de *B. cordata* en comparación con las femeninas. Esto último se propone según los resultados de otros estudios que han comparado la preferencia de establecimiento de artrópodos herbívoros en individuos femeninos y masculinos de especies de plantas dioicas (Agren *et al.*, 1999).

### III. MÉTODOS

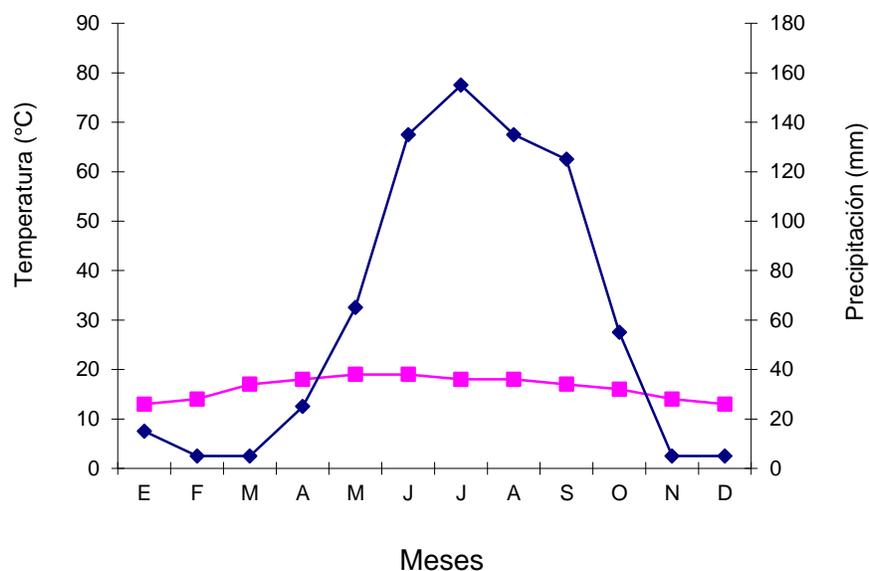
#### III.1. Sitio de estudio

Este estudio se llevó a cabo en las zonas núcleo oriente y poniente de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA en lo sucesivo; Figura 3.1), que se encuentra ubicada en el suroeste de la Ciudad de México, dentro del campus de Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México.



**Figura 3.1.** Zonas núcleo oriente (amarillo) y poniente (verde) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. El polígono en rojo señala los límites de Ciudad Universitaria (19°18'-19°19' N, 99°10'-99°11' O) en el D.F.

El clima de esta zona es templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano [Cb (w1) (w)]; tiene una temperatura media anual de 15.5°C y una precipitación anual de 835 mm (Castillo-Argüero *et al.*, 2004). La estación de lluvias se presenta de mayo a octubre, mientras que la de secas abarca de noviembre a abril (Figura 3.2).



**Figura 3.2.** Climograma de la Ciudad Universitaria a partir de registros de 1950 a 2000, obtenidos de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales del Instituto de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. En rosa y con escala a la izquierda se representa la temperatura media mensual, y en azul con escala a la derecha está la precipitación mensual.

La REPSA fue creada en 1994 para proteger los últimos relictos de un ecosistema descrito por Rzedowski como matorral xerófilo de *Senecio* (= *Pittocaulon*) *praecox* (Rzedowski, 1954). Actualmente tiene una extensión total de 237.3 ha (Castillo-Argüero *et al.*, 2004) que incluye tres zonas núcleo y 12 zonas de amortiguamiento (REPSA, 2012). Este ecosistema es el resultado de un proceso de sucesión ecológica ocurrido tras la erupción del volcán Xitle que cubrió un área inicial de 80 km<sup>2</sup>, hace aproximadamente 1,670 años (Siebe, 2000). Su vegetación se caracteriza por tener una

alta diversidad en comparación con otros matorrales xerófilos, debido a que en él coexisten elementos florísticos característicos de climas templados y de climas secos (Rojo y Rodríguez, 2002; Castillo-Argüero *et al.*, 2004). Tal coexistencia se debe, por un lado, a la elevada altitud de la zona y a un régimen de lluvias de verano, y por otro lado, a la presencia de un sustrato basáltico que no retiene agua (Castillo-Argüero *et al.*, 2004; Lot y Camarena, 2009). La vegetación de la REPSA está dominada por especies como *Buddleia cordata* Kunth en el estrato arbóreo, *Verbesina virgata* Cav. y *Senecio* (= *Pittocaulon*) *praecox* Cav. en el estrato arbustivo y *Echeveria gibbiflora* DC. en el estrato herbáceo (Cano-Santana, 1994).

### III.2. Sistema de estudio

*Buddleia cordata* subsp. *cordata* (HBK) Kunth es un árbol dioico de la familia Loganiaceae, conocido como “tepozán” (Figura 3.3). Su morfología es descrita en detalle por Norman (2000) y Vargas (2001), según se expone a continuación. Mide 1-20 m de alto, aunque en la REPSA difícilmente rebasa los 7 m (Z. Cano-Santana, obs. pers.). Sus hojas son oblongo lanceoladas u ovado elípticas, de 5.5 a 24 cm de largo por 1.5 a 10.5 cm de ancho, con ápice agudo, acuminado o largamente acuminado; su margen puede ser entero, serrado, serrulado o en ocasiones dentado; su base es obtusa, cuneada o cordada; su venación es muy prominente y tiene pubescencia densa en el envés. Sus inflorescencias están formadas por grandes panículas terminales con brácteas en cada ramificación. Sus flores tienen corola amarillenta, generalmente con un toque anaranjado en la garganta y son campanuladas; su cáliz es tomentoso, de 1.5 a 3 mm de largo; su corola mide de 3 a 4 mm de largo y tiene cuatro lóbulos más largos que el tubo; sus estambres son subsésiles o con filamentos cortos y fuertes; sus ovarios son ovoides, su estilo es conspicuo con un estigma claviforme, muy ligeramente bilabiado; su fruto es ovoide-elipsoide de 2.5 a 6 mm de largo por 1.5 a 4 mm de diámetro, con dehiscencia

septicida y loculicida, con numerosas semillas aladas, de 1 a 1.5 mm de largo por 0.2 a 0.4 mm de ancho.

Este árbol se encuentra ampliamente distribuido en el Valle de México en altitudes que van de los 2250 a los 3000 m (Vargas, 2001). Se encuentra en varios tipos de vegetación, como matorrales, pastizales y bosques; frecuentemente en vegetación secundaria y en lugares intensamente perturbados (Vargas, 2001). Florece de julio a diciembre y fructifica de julio a febrero en la REPSA (César-García, 2002); sin embargo, durante este estudio (junio de 2010 a abril de 2011) se observaron diferencias en su fenología reproductiva, pues las plantas de esta especie florecieron de junio a principios de septiembre, y fructificaron de septiembre a principios de enero. Los frutos permanecen en el árbol hasta la siguiente época de floración (*i.e.*, junio; obs. pers.). No existen estudios sobre sus agentes polinizadores, pero se ha observado actividad de algunas abejas. Sus flores pequeñas, dispuestas en grandes racimos, coinciden con un síndrome de dispersión anemófilo (obs. pers.). Es la especie dominante del estrato arbóreo de la REPSA (Cano-Santanna, 1994; González-Rebeles, 2012).



**Figura 3.3.** *Buddleia cordata* (Loganiaceae).

### III.3. Métodos de campo

*Selección de árboles.* En este trabajo se utilizó un diseño pareado, de manera que todas las variables se midieron en parejas conformadas por un árbol femenino y un árbol masculino de *B. cordata*. Cada par fue seleccionado por tener características fisonómicas similares, encontrarse en un mismo tipo de ambiente (hondonada, promontorio o plano) y estar a menos de 10 metros de distancia entre sí. Esto se realizó con la finalidad de reducir el efecto de variables como la arquitectura de la planta y las diferencias entre condiciones microambientales que pueden afectar la estructura de la comunidad de artrópodos asociada (Strong *et al.*, 1984; Schoonhoven *et al.*, 2005).

**Tabla 3.1.** Perímetro a la altura del pecho (PAP), altura y cobertura de cada uno de los árboles de *B. cordata* seleccionados. Se muestran los resultados de pruebas de *t* para muestras pareadas que comparan cada uno de los atributos entre plantas femeninas y masculinas. *N* = 13 parejas, g.l. = 12

Pareja	PAP (cm)		Altura (m)		Cobertura (m <sup>2</sup> )	
	Individuo masculino	Individuo femenino	Individuo masculino	Individuo femenino	Individuo masculino	Individuo femenino
1	105.0	83.0	4.10	4.60	84.45	53.96
2	52.0	53.0	4.10	3.70	36.28	53.90
3	109.0	36.0	4.46	4.60	80.68	30.48
4	62.0	59.0	3.76	3.66	33.36	33.18
5	128.0	96.0	4.18	5.10	62.80	41.05
6	63.0	91.0	4.10	3.76	57.58	44.56
7	123.5	87.5	6.35	4.26	140.99	39.03
8	129.0	88.0	4.70	5.66	114.79	179.45
9	40.0	55.5	2.84	3.69	14.96	33.13
10	48.0	30.0	5.06	4.20	102.57	44.51
11	96.0	89.0	7.15	3.46	106.90	48.45
12	69.5	52.0	4.96	3.36	100.93	44.41
13	29.5	102.0	4.33	4.50	30.48	51.47
	<i>t</i> =1.02		<i>t</i> =1.13		<i>t</i> =1.66	
	<i>P</i> =0.32		<i>P</i> =0.27		<i>P</i> =0.12	

En mayo de 2010 se seleccionaron 13 parejas conformadas por un individuo femenino y un masculino de *B. cordata*. Para cada pareja seleccionada se corroboró que

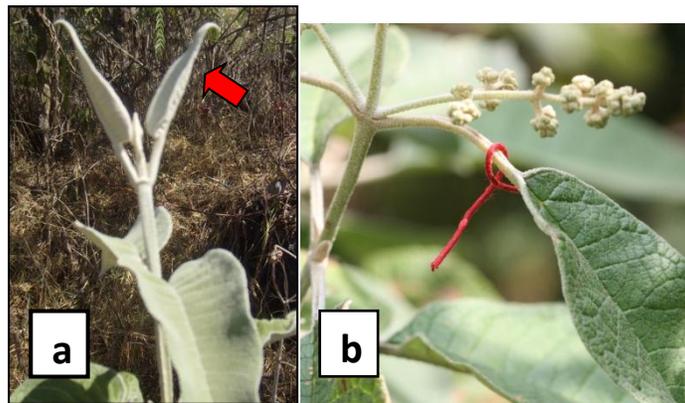
los árboles tuvieran alturas, coberturas y perímetros a la altura del pecho (PAP) sin diferencias significativas (Tabla 3.1). La asignación del género de los árboles se corroboró en octubre de 2010 y en octubre de 2011 durante la época de fructificación de *B. cordata*.

*Colecta de artrópodos.* Cada dos meses, de junio de 2010 a abril de 2011, se realizaron muestreos del follaje de las parejas de tepozanes seleccionadas. Para ello, se eligieron de manera sistemática (con orientación a cada uno de los cuatro puntos cardinales Norte, Sur, Este y Oeste) cuatro ramas de cada árbol y utilizando una bolsa de plástico, se colectaron los 40 cm de la sección más distal de estas ramas. Las colectas se realizaron entre las 08:00 y las 10:00 h (hora natural) para disminuir el efecto de la hora del día sobre la comunidad de artrópodos (ver López-Gómez y Cano-Santana, 2011). Las muestras se llevaron al laboratorio y se procesaron el mismo día de su colecta. El procesamiento de las muestras consistió en extraer manualmente los artrópodos con una longitud corporal mayor a 1 mm y almacenarlos en alcohol al 70%. El tejido vegetal (hojas, tallos y estructuras reproductivas) de tepozán de cada muestra se colocó en un horno de secado hasta que alcanzó un peso seco constante. Los datos de peso seco obtenidos se utilizaron para expresar los parámetros de la comunidad de artrópodos de la muestra como una densidad; y de esta manera reducir el efecto de la cantidad de tejido vegetal colectado sobre la estructura de la comunidad de artrópodos. Posteriormente, los artrópodos se separaron a nivel de morfoespecie y se realizó su identificación al nivel taxonómico lo más preciso posible con base en la literatura y, cuando fue posible, con la ayuda de especialistas. A cada morfoespecie se le asignó la categoría de herbívoro, carnívoro o detritívoro de acuerdo con sus hábitos alimentarios reportados en la literatura.

*Tasa de herbivoría.* Cada dos meses, de junio de 2010 a abril de 2011, se marcaron con un aro en el peciolo seis hojas jóvenes (de  $4.6 \pm 0.7 \times 1.8 \pm 0.3$  cm) de *B. cordata* sin daño por herbívoros (Figura 3.4) de cada uno de los árboles seleccionados en mayo de

2010. Tres semanas después del marcaje, se colectaron las hojas y se llevaron al laboratorio donde se midió el área foliar consumida por los herbívoros (*AFC*) y el área foliar total de la hoja reconstruida (*AFT*). Estos parámetros se midieron con la ayuda de una hoja de acetato con una cuadrícula de 1 mm con el método que se describe en el Anexo 1. La tasa de herbivoría en 21 días (*TH*) se calculó con la siguiente fórmula:

$$TH = AFC / AFT$$



**Figura 3.4.** Tipo de hojas de *B. cordata* seleccionadas para el estudio de herbivoría (a) y técnica de marcaje (b).

*Dimorfismo sexual y proporción sexual.* Cada dos meses, de junio de 2010 a abril de 2011, se midió el grosor de cinco hojas del mismo estado de desarrollo de cada uno de los tepozanes masculinos y femeninos seleccionados, empleando un vernier digital. Para ello se utilizaron las mismas hojas en las que se midió la herbivoría.

Por otro lado, se colectaron cinco hojas de cada uno de los tepozanes incluidos en el estudio para determinar su contenido hídrico. Para que las hojas fueran seleccionables debían ocupar la cuarta o quinta posición a partir del meristemo foliar y tener un tamaño similar. Este criterio de selección se utilizó para disminuir el efecto que el tamaño y la edad de la hoja pueden tener sobre su contenido hídrico (Gurevitch, 2002).

Para determinar el contenido hídrico de las hojas, se midió el peso fresco y el peso seco (después de secarse en un horno a 50°C hasta que su peso se mantuviera constante) con una balanza digital. El contenido hídrico de las hojas se obtuvo como una proporción a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido hídrico} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}}$$

Finalmente, para determinar la proporción sexual de *B. cordata* en la REPSA, se realizó un muestreo dirigido en las zonas núcleo oriente y núcleo poniente durante junio de 2010 determinando el sexo de todos los individuos adultos observados mientras se atravesaban las zonas núcleo oriente y poniente de la REPSA, marcando los individuos contados para evitar recontarlos ( $N = 283$ ).

#### III.4. Análisis estadísticos

*Comunidad de artrópodos asociada a B. cordata.* Con el fin de describir la comunidad de artrópodos asociada a esta especie de planta, se emplearon los datos de todas las colectas (considerando únicamente los morfotipos de adultos, para no sobrestimar la riqueza) para realizar una curva de acumulación de especies con 100 permutaciones aleatorizadas, utilizando el software Primer 5 (Primer-e, 2001). También se realizó una curva de rango-abundancia para conocer el modelo de distribución de abundancia que más se ajusta a la comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata* (Magurran, 1988) y se obtuvieron los valores de riqueza específica (por ajuste de la curva de acumulación de especies), de abundancia, y del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), así como la aportación porcentual en abundancia de los órdenes taxonómicos de la comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata*. Todos estos parámetros se obtuvieron con la finalidad de describir cuantitativamente la estructura de las comunidades y determinar

estadísticamente si existen diferencias entre las comunidades asociadas a individuos masculinos y femeninos de *B. cordata*.

*Comunidad de artrópodos asociadas a plantas de distinto sexo de B. cordata.* Para comparar las comunidades de artrópodos asociados a plantas de distinto sexo, se consideró como comunidad al conjunto de artrópodos colectados en un árbol. Para cada árbol de *B. cordata* se obtuvieron los valores de riqueza específica, de abundancia y del índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Magurran, 1988). Se registró el número de morfoespecies colectado en cada sexo de los árboles y se calculó el índice de Sørensen (Magurran 1988). Para comparar la diversidad ( $H'$ ), la densidad de especies, la densidad de individuos y la biomasa de artrópodos asociados a árboles masculinos y femeninos de *B. cordata*, se realizaron pruebas de  $t$  para muestras pareadas para cada fecha de colecta (Zar, 2010). Los valores de riqueza y abundancia se transformaron con la fórmula  $x' = \sqrt{x + 0.5}$  por tratarse de datos discretos (Zar, 2010). Para eliminar el efecto que tiene la variación en la biomasa vegetal entre las muestras, los valores de riqueza, abundancia y diversidad se expresaron en términos de densidad de especies y densidad de individuos por g de tejido seco, en tanto que los de diversidad también se dividieron entre la biomasa de tejido vegetal. En el caso de la diversidad ( $H'$ ) se comprobó que, para este sistema de estudio y en el rango en el que se distribuyen los datos de este trabajo, ésta tiene una relación lineal con la biomasa vegetal ( $r = 0.282$ ,  $r^2 = 0.07$ ,  $F_{1,154} = 13.40$ ,  $P = 0.0003$ ) ( $N = 156$ ).

A pesar de que existen pruebas que permiten analizar el efecto del tiempo y del género de la planta en un mismo análisis, se consideró que era más apropiado utilizar pruebas de  $t$  pareada en cada fecha y hacer un análisis del efecto de la fecha por separado (con un ANDeVA de una vía), ya que para un diseño experimental con muestras pareadas (no independientes) como el nuestro, es conveniente una prueba de  $t$  que haga

comparaciones por parejas a fin de disminuir la varianza intra-tratamiento debida a múltiples factores externos. Las diferencias entre sexos pueden mostrarse en algún momento del año debido a que el efecto de la planta sobre sus artrópodos asociados puede ser más fuerte en cierto momento del año con respecto a su fenología (Agren, 1999), por lo anterior se juzgó importante realizar el seguimiento de la comunidad a lo largo del año.

Para conocer la similitud entre las comunidades de artrópodos de plantas femeninas y masculinas por su composición taxonómica, se realizaron análisis de componentes principales (PCA) para cada fecha, con la ayuda del software Primer 5 (Primer, 2001). También se realizó una prueba de  $\chi^2$  con tablas de contingencia para comparar las abundancias de los principales órdenes taxonómicos de artrópodos en plantas masculinas y femeninas. Para la realización de los análisis estadísticos anteriores, se consideraron únicamente a las morfoespecies de adultos debido a la dificultad que representa clasificar a los organismos juveniles; por otro lado, su inclusión podría sobrestimar la riqueza de las comunidades. Los organismos juveniles se utilizaron solamente en el análisis de biomasa de artrópodos.

*Grupos funcionales.* Se asignó una categoría funcional determinada a partir de su fuente de alimentación (*i.e.* herbívoro, carnívoro o detritívoro) a todas las morfoespecies con base en literatura especializada. Se determinó el número de individuos y especies por gremio en cada árbol y cada fecha del muestreo. Posteriormente, se realizaron pruebas de  $\chi^2$  para comparar la distribución de frecuencias de individuos y especies en los gremios en plantas de distinto género.

*Herbivoría.* En cada fecha, se realizó una prueba de *t* para muestras pareadas (Zar, 2010) para determinar si hubo diferencias significativas en las tasas de herbivoría entre árboles

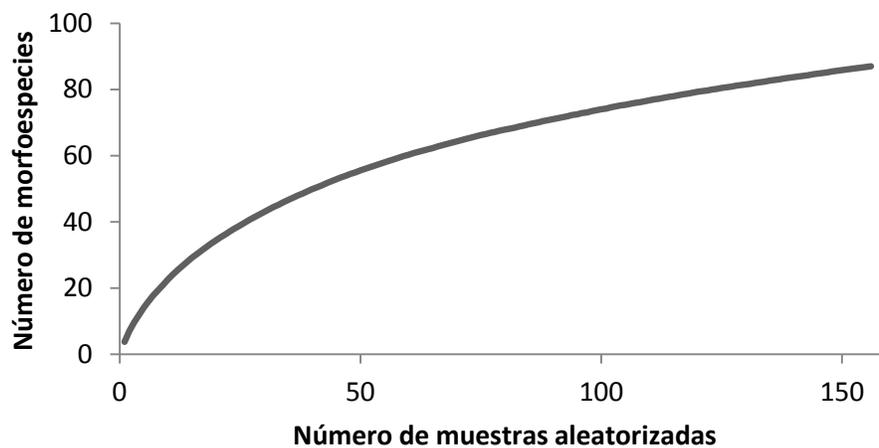
femeninos y masculinos. Los valores de las tasas de herbivoría se corrigieron con la fórmula  $x' = \arcsen\sqrt{x}$  por ser proporciones (Zar, 2010).

*Dimorfismo sexual y proporción sexual.* Para determinar si existen diferencias significativas en el contenido hídrico y el grosor de las hojas entre árboles femeninos y masculinos, se hicieron pruebas de  $t$  para muestras pareadas en cada fecha (Zar, 2010). Finalmente, para determinar si la proporción sexual de la población de tepozanes en la REPSA difiere de un modelo 1:1 se aplicó una prueba de  $\chi^2$  (Zar, 2010).

## IV. RESULTADOS

### VI.1. Comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata*

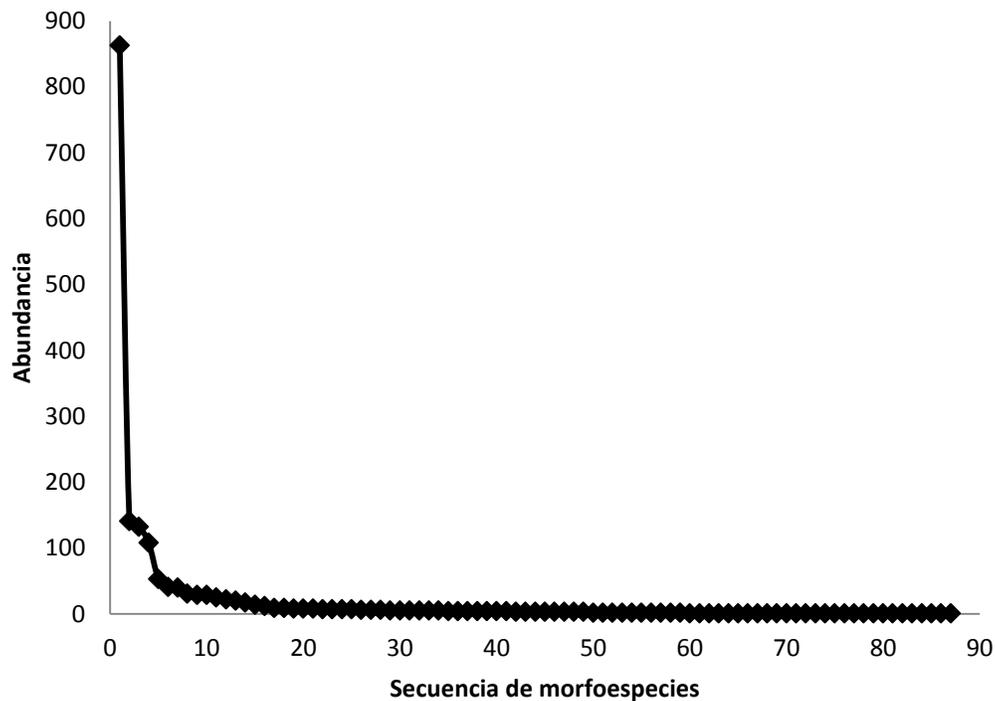
Durante el año de muestreo se colectaron 156 muestras, con cuatro pseudo-réplicas cada una, de ramas de *B. cordata* en las que se registraron 1961 artrópodos, clasificados en 96 morfoespecies, de las cuales 87 correspondieron a adultos y 9 a inmaduros (Anexo 2). La curva de acumulación de morfoespecies disminuyó notablemente su pendiente a partir de la muestra 50 aproximadamente; sin embargo, no alcanzó una asíntota, lo que sugiere que aún existen especies por muestrear en la comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata* (Figura 4.1).



**Figura 4.1.** Curva de acumulación de morfoespecies de la comunidad de artrópodos asociada al follaje de *Buddleia cordata* en la REPSA.

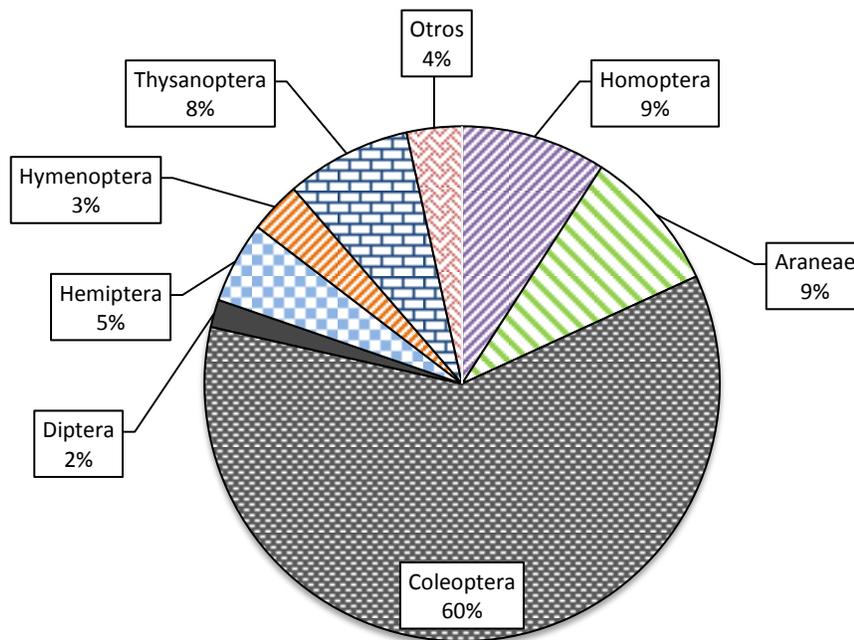
La comunidad de artrópodos de *B. cordata* mostró una alta dominancia. En particular, *Nodonota curtula* (Coleoptera: Chrysomelidae) contribuyó con el 44% de los individuos de toda la colecta, a pesar de que se presentó únicamente en dos de las seis fechas (junio y agosto). La curva de rango-abundancia se ajusta a un modelo logarítmico en el que la mayoría de las especies están representadas por un solo individuo

(Magurran, 1988). En *B. cordata*, de las 87 morfoespecies de adultos, 28 (32%) fueron registros únicos (o *singletons*, es decir especies que sólo tuvieron un registro en todo el muestreo) (Figura 4.2).

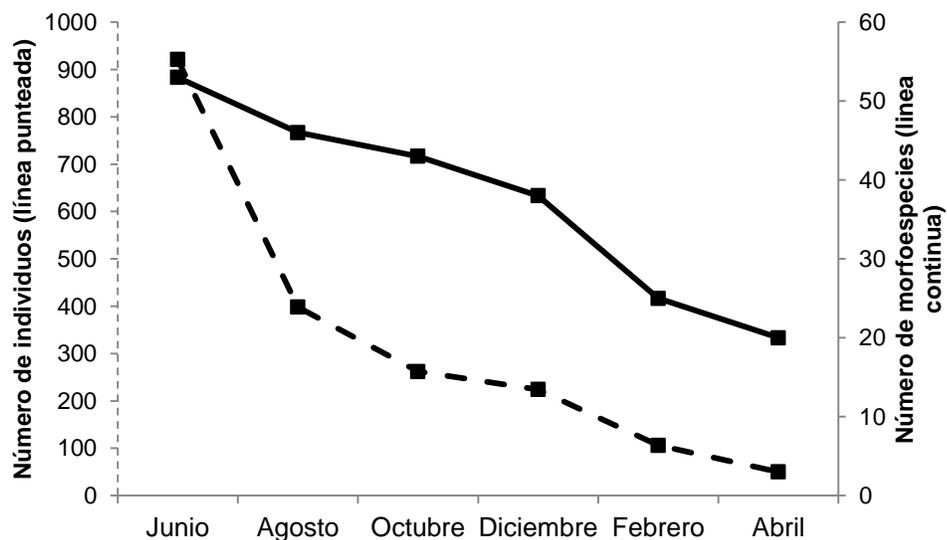


**Figura 4.2.** Curva de rango-abundancia de la comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata*.

Se registraron 15 órdenes taxonómicos en la comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata*, de los cuales Coleoptera fue el más abundante, con el 60% de los individuos contabilizados. Otros grupos abundantes fueron las arañas, los homópteros y los tisanópteros. Únicamente cinco de los quince órdenes tuvieron un aporte mayor a 5 % en la abundancia total de la comunidad (Figura 4.3).



**Figura 4.3.** Aportación relativa a la abundancia total de organismos de los principales órdenes taxonómicos de artrópodos asociados a *B. cordata* en la REPSA. La categoría “otros” agrupa a los organismos de los siguientes órdenes taxonómicos: Diptera, Hymenoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Orthoptera y Psocoptera. Datos de junio 2010 a abril de 2011.  $N = 1961$ .



**Figura 4.4.** Número de morfoespecies y de individuos obtenidos en cada colecta de tejidos aéreos de *B. cordata* en la REPSA. Datos de junio de 2010 a abril de 2011.

El número de individuos obtenidos en cada colecta fue muy variable; por ejemplo, el mayor número de individuos se presentó en el mes de junio de 2010 con 921 artrópodos, mientras que en abril de 2011 se colectaron únicamente 50 individuos (Figura 4.4). Únicamente cinco de las 96 morfoespecies de artrópodos se presentaron en todas las fechas de colecta.

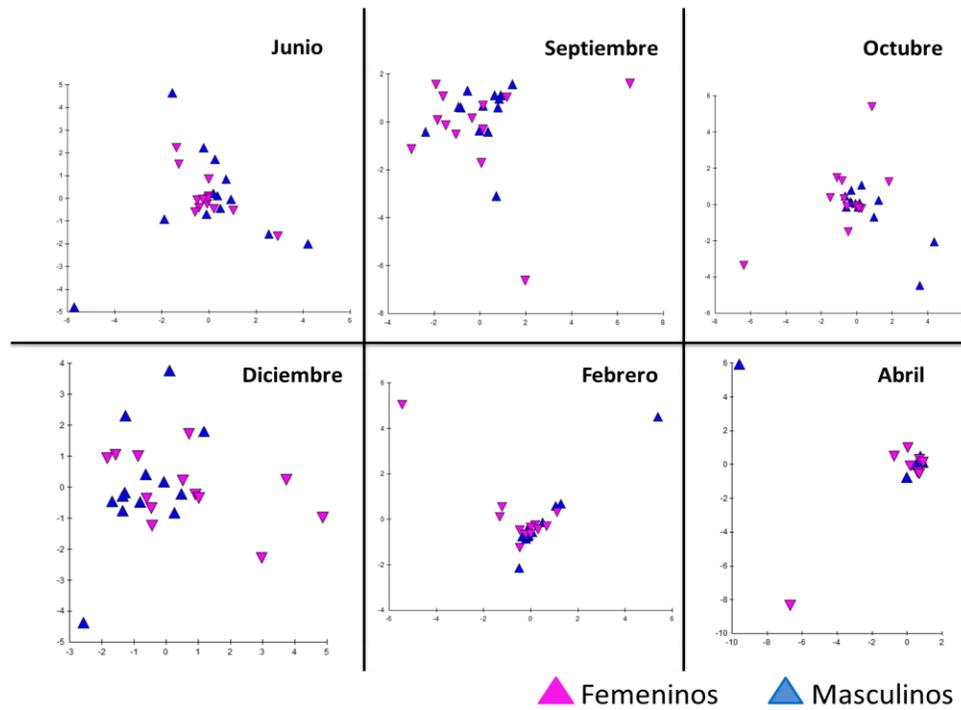
#### **IV.2. Comunidades de artrópodos asociadas a árboles de distinto sexo de *B.***

##### ***cordata***

Las plantas masculinas presentaron 81 morfoespecies, y las femeninas 77, de las cuales 59 fueron compartidas, obteniéndose un índice de similitud de Sørensen de 0.74. \*\*No se registraron diferencias significativas en la densidad de especies, la densidad de individuos y el índice de diversidad de Shannon-Wiener entre las comunidades de artrópodos asociadas a árboles masculinos y femeninos de *B. cordata* en ninguna fecha de colecta (Tabla 4.1). De acuerdo con los análisis de componentes principales (Figura 4.5), no hubo diferencias en la composición de morfoespecies de adultos que habitan en los árboles de ambos géneros de *B. cordata*. Asimismo, no se registraron diferencias significativas en la biomasa de artrópodos que conformaron las comunidades asociadas a plantas de distinto género de *B. cordata*.

Por otro lado, se observó que la frecuencia a la cual se registran individuos de distintos órdenes de artrópodos depende significativamente del sexo de los árboles de *B. cordata*, aunque sólo en los meses de octubre ( $\chi^2 = 29.57$ , g.l. = 5,  $P = 0.003$ ) y diciembre ( $\chi^2 = 22.5$ , g.l. = 5,  $P = 0.0004$ ) (Tabla 4.2). En octubre hubo una frecuencia significativamente mayor de individuos de Araneae en las plantas femeninas (prueba de residuos estandarizados:  $d = 2.13$ ,  $P < 0.025$ ) y menor frecuencia de individuos del orden Thysanoptera ( $d = -1.90$ ,  $P < 0.05$ ) en las plantas masculinas comparadas con los valores

que se esperaban por azar. Por otro lado, en diciembre, hubo una frecuencia significativamente menor de individuos de Thysanoptera en los árboles masculinos en comparación con los esperados por azar ( $d = -2.07$ ,  $P < 0.025$ ) (Figura 4.6).



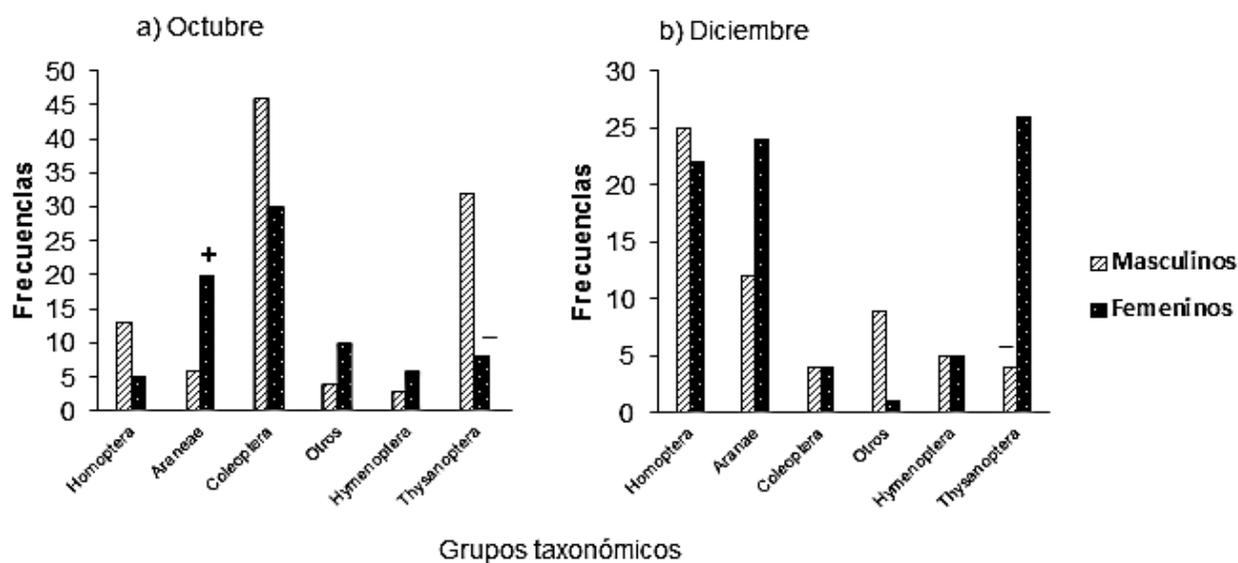
**Figura 4.5.** Análisis de componentes principales para cada fecha de colecta utilizando los datos de abundancia de cada morfoespecie de artrópodos en cada muestra. Datos de junio de 2010 a abril de 2011.

**Tabla 4.1.** Comparación de las medias ( $\pm$  e.e.) de la densidad de individuos, índice de diversidad de Shannon-Wiener y densidad de morfoespecies de artrópodos (en 10 g de tejido vegetal) entre plantas femeninas y masculinas de *B. cordata*. Datos de seis fechas de muestreo. Se muestran los valores de  $P$  y de  $t$  para muestras pareadas (g.l. = 12). Se indica la biomasa promedio de tejido vegetal colectado por muestra en cada fecha.  $N = 13$ .

Fecha de colecta	Densidad de individuos (No de individuos/10 g de tejido vegetal)				Atributo de la comunidad de artrópodos Diversidad ( $H'$ ) por 10 g de tejido				Densidad de morfoespecies (No de morfoespecies/10 g de tejido vegetal)				Biomasa seca promedio de tejido vegetal por muestra (g)
	Masculinos	Femeninos	$t$	$P$	Masculinos	Femeninos	$t$	$P$	Masculinos	Femeninos	$t$	$P$	
Junio 2010	9.0 $\pm$ 1.7	9.3 $\pm$ 1.5	0.23	0.82	0.1 $\pm$ 0.02	0.1 $\pm$ 0.01	1.54	0.14	1.8 $\pm$ 0.21	1.5 $\pm$ 0.14	1.02	0.32	39.9
Agosto 2010	5.0 $\pm$ 0.48	4.7 $\pm$ 0.54	0.49	0.63	0.004 $\pm$ 7 $\times$ 10 <sup>-5</sup>	0.003 $\pm$ 5 $\times$ 10 <sup>-5</sup>	1.40	0.18	1.9 $\pm$ 0.10	1.6 $\pm$ 0.16	0.97	0.34	30.5
Octubre 2010	3.4 $\pm$ 1.1	2.5 $\pm$ 0.53	0.50	0.62	0.1 $\pm$ 0.02	0.2 $\pm$ 0.03	1.43	0.17	1.3 $\pm$ 0.24	1.7 $\pm$ 0.37	0.82	0.42	27.47
Diciembre 2010	2.2 $\pm$ 0.40	2.1 $\pm$ 0.28	0.20	0.84	0.2 $\pm$ 0.04	0.2 $\pm$ 0.02	0.54	0.59	1.4 $\pm$ 0.27	1.3 $\pm$ 0.13	0.61	0.56	29.6
Febrero 2011	1.8 $\pm$ 0.47	1.5 $\pm$ 0.31	0.49	0.63	0.2 $\pm$ 0.04	0.1 $\pm$ 0.03	0.81	0.43	1.2 $\pm$ 0.29	1.1 $\pm$ 0.20	0.39	0.70	22.6
Abril 2011	0.81 $\pm$ 0.48	0.74 $\pm$ 0.34	0.18	0.86	0.1 $\pm$ 0.03	0.1 $\pm$ 0.03	0.31	0.76	0.61 $\pm$ 0.31	0.58 $\pm$ 0.24	0.12	0.91	22.4

**Tabla 4.2.** Pruebas de  $\chi^2$  aplicadas a las frecuencias de artrópodos (número de individuos) de cada orden en plantas de distinto sexo de *B. cordata* en seis fechas de colecta. En negritas se señalan los valores significativos.

	Junio	Agosto	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril
$\chi^2$	3.25	9.80	<b>29.57</b>	<b>22.52</b>	0.46	5.19
g.l.	5	10	5	5	3	4
<i>P</i>	0.66	0.46	<b>&lt; 0.0001</b>	<b>0.004</b>	0.92	0.27



**Figura 4.6.** Frecuencias de los distintos órdenes de artrópodos asociados a árboles femeninos y masculinos de *B. cordata*, en octubre de 2010 (a) y diciembre de 2010 (b). Los signos señalan frecuencias significativamente mayores (+) o menores (-) de las esperadas de acuerdo con un análisis de residuos estandarizados. La categoría “otros” agrupa a los organismos de los siguientes órdenes taxonómicos: Diptera, Hymenoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Orthoptera y Psocoptera)

### IV.3. Grupos funcionales de artrópodos asociados a plantas femeninas y masculinas de *B. cordata*

Se asignó un gremio a 64 de las 87 morfoespecies identificadas, lo que suma 1810 individuos y representan el 92% de los artrópodos colectados. Al comparar la riqueza, la abundancia y la diversidad de los herbívoros, los carnívoros y los detritívoros entre las

plantas masculinas y femeninas de *B. cordata*, se encontró que existen diferencias significativas entre plantas de distinto género (Tabla 4.3).

*Carnívoros*. En junio la diversidad de artrópodos carnívoros fue significativamente mayor en las plantas masculinas que en las plantas femeninas ( $t = 2.89$ , g.l. =12,  $P = 0.01$ ); asimismo, en agosto la densidad de artrópodos de este gremio fue significativamente más alta en individuos masculinos que en femeninos ( $t = 2.28$ , g.l. =12,  $P = 0.042$ ) (Tabla 4.3).

**Tabla 4.3.** Valores ( $\pm$  e.e.) de densidad de morfoespecies, densidad de individuos e índice de diversidad de Shannon-Wiener para los carnívoros en plantas masculinas y femeninas de *B. cordata*. Se muestran los valores de  $P$  obtenidos con pruebas de  $t$  para muestras pareadas (g.l. = 12). Los valores significativos ( $P < 0.05$ ) se muestran en negritas; los valores marginalmente significativos ( $0.05 \leq P < 0.1$ ) se muestran en cursivas.

Atributo de carnívoros	Sexo	Fechas de colecta					
		Junio	Agosto	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril
Densidad de morfoespecies (No./10 g)	Masculino	<i>0.5±0.11</i>	0.4±0.11	0.2±0.07	0.5±0.13	0.4±0.16	0.2±0.14
	Femenino	<i>0.3±0.04</i>	0.3±0.20	0.4±0.10	0.6±0.11	0.3±0.08	0.1±0.07
	<i>P</i>	<i>0.085</i>	0.126	0.140	0.334	0.630	0.225
Densidad de individuos (No./10 g)	Masculino	<i>0.6±0.01</i>	<b>0.6±0.17</b>	<i>0.3±0.08</i>	0.5±0.17	0.6±0.21	0.2±0.14
	Femenino	<i>0.3±0.04</i>	<b>0.3±0.07</b>	<i>0.6±0.20</i>	0.8±0.16	0.4±0.16	0.1±0.07
	<i>P</i>	<i>0.055</i>	<b>0.042</b>	<i>0.075</i>	0.152	0.635	0.225
Diversidad ( $H'$ /10 g)	Masculino	<b>0.07±0.02</b>	0.04±0.02	0.01±0.01	0.05±0.02	0.05±0.02	0.03±0.02
	Femenino	<b>0.005±0.0005</b>	0.02±0.01	0.04±0.02	0.08±0.02	0.02±0.01	0.01±0.01
	<i>P</i>	<b>0.013</b>	0.252	0.234	0.234	0.335	0.165

Por otro lado, en junio también se obtuvo una densidad de morfoespecies y densidad de individuos de artrópodos carnívoros marginalmente más alta en las plantas masculinas que en las femeninas ( $P = 0.085$  y  $0.055$ , respectivamente). En contraste, en octubre, la densidad de individuos de artrópodos de este gremio fue marginalmente mayor en las plantas femeninas ( $P = 0.07$ ) (Tabla 4.3).

*Herbívoros*. No se registraron diferencias significativas en la riqueza, diversidad y abundancia de los artrópodos herbívoros asociados a plantas femeninas y masculinas de *B. cordata* en ninguna fecha de muestreo. Sin embargo, se observó una diversidad de

artrópodos herbívoros marginalmente más alta en las plantas masculinas que en las plantas femeninas en junio ( $P = 0.091$ ); así como una abundancia marginalmente mayor de artrópodos de este gremio ( $P = 0.06$ ) en las plantas masculinas que en las femeninas en agosto (Tabla 4.4).

**Tabla 4.4.** Valores ( $\pm$  e.e.) de densidad de morfoespecies, densidad de individuos e índice de diversidad de artrópodos herbívoros (por 10 g de tejido vegetal) en plantas masculinas y femeninas de *B. cordata*. Se muestran los valores de  $P$  obtenidos con pruebas de  $t$  para muestras pareadas (g.l. = 12). Los valores marginalmente significativos ( $0.05 \leq P < 0.1$ ) se muestran en cursivas.

Atributo de herbívoros	Sexo	Fechas de colecta					
		Junio	Agosto	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril
Densidad de morfoespecies (No./10 g)	Masculinas	1.1 $\pm$ 0.13	<i>1.0<math>\pm</math>0.08</i>	0.90 $\pm$ 0.20	1.1 $\pm$ 0.17	0.8 $\pm$ 0.23	0.3 $\pm$ 0.14
	Femeninas	1.0 $\pm$ 0.15	<i>0.80<math>\pm</math>0.09</i>	1.0 $\pm$ 0.19	0.8 $\pm$ 0.09	0.7 $\pm$ 0.14	0.5 $\pm$ 0.18
	$P$	0.567	<i>0.065</i>	0.739	0.223	0.702	0.143
Densidad de individuos (No./10 g)	Masculinas	8.2 $\pm$ 1.7	4.0 $\pm$ 0.52	3.4 $\pm$ 1.2	2.2 $\pm$ 0.52	1.3 $\pm$ 0.45	0.5 $\pm$ 0.31
	Femeninas	8.8 $\pm$ 1.5	4.0 $\pm$ 0.71	1.7 $\pm$ 0.3	1.8 $\pm$ 0.39	1.1 $\pm$ 0.23	0.6 $\pm$ 0.37
	$P$	0.716	0.997	0.214	0.658	0.712	0.266
Diversidad ( $H'$ /10 g)	Masculinas	<i>0.10<math>\pm</math>0.02</i>	0.11 $\pm$ 0.02	0.09 $\pm$ 0.02	0.14 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.04	0.03 $\pm$ 0.02
	Femeninas	<i>0.07<math>\pm</math>0.01</i>	0.09 $\pm$ 0.01	0.12 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.02	0.08 $\pm$ 0.02	0.05 $\pm$ 0.02
	$P$	<i>0.091</i>	0.210	0.525	0.251	0.715	0.221

*Detritívoros.* Sólo se asignaron siete morfoespecies (24 individuos) al gremio de los detritívoros en los muestreos realizados durante todo el año. Las frecuencias de artrópodos pertenecientes a este gremio fueron tan bajas que fue imposible realizar pruebas estadísticas.

#### IV.4. Tasa de herbivoría y dimorfismo sexual

No se registraron diferencias significativas en la tasa de herbivoría (TH) entre plantas femeninas y masculinas en ninguna fecha de muestreo, pero sí entre meses registrándose significativamente mayores valores de TH en junio [ $X.XXX \pm x.XX\%$  área foliar consumida (AFC)/día] que en el resto de los meses en los cuales se registraron

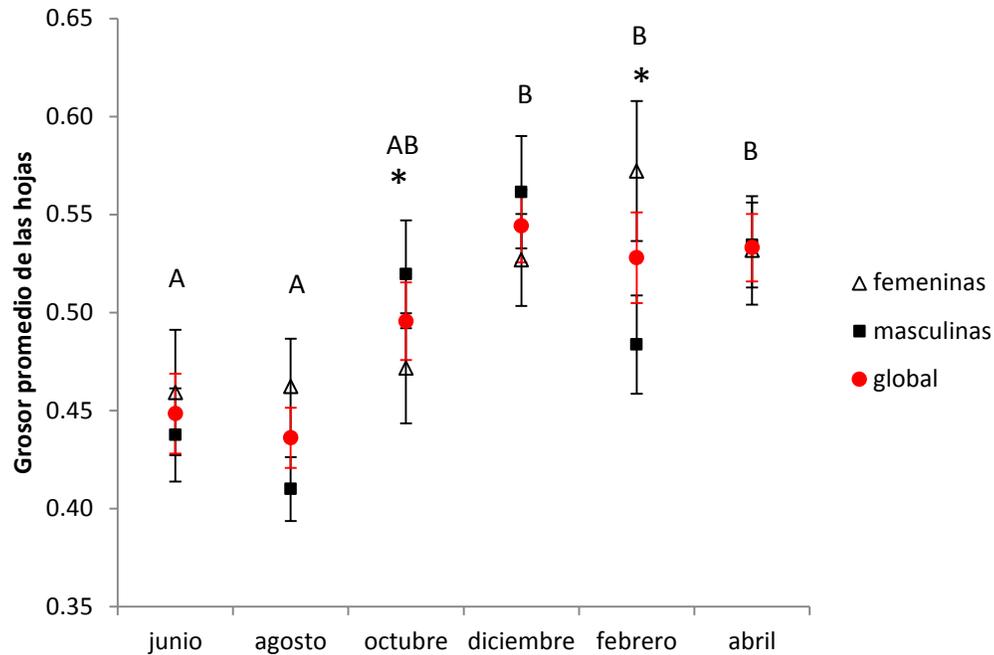
valores que fueron desde  $0.017 \pm 0.002$  % AFC/21 días en abril hasta  $9.45 \pm 0.87$  % AFC/21 día en agosto (Tabla 4.5).

**Tabla 4.5.** Tasas de herbivoría (% de área foliar consumida/21 días  $\pm$  e.e.) en plantas masculinas y femeninas de *B. cordata* en la REPSA en cada una de las fechas de colecta de junio 2010 a abril 2011 ( $N = 13$  plantas). Se muestran los valores de las tasas de herbivoría mensuales de los datos agrupados ( $N = 26$ ). Letras minúsculas diferentes denotan diferencias entre sexos (prueba de *t* pareada), y letras mayúsculas diferentes denotan diferencias significativas entre fechas (ANDeVA de una vía) con  $P < 0.05$ .

	Junio	Agosto	Octubre	Diciembre	Febrero	Abril
Plantas masculinas	$9.3 \pm 1.16^a$	$3.9 \pm 0.48^a$	$0.26 \pm 0.11^a$	$0.03 \pm 0.003^a$	$0.02 \pm 0.005^a$	$0.02 \pm 0.003^a$
Plantas femeninas	$9.6 \pm 0.62^a$	$3.7 \pm 0.55^a$	$0.21 \pm 0.15^a$	$0.03 \pm 0.004^a$	$0.03 \pm 0.006^a$	$0.02 \pm 0.003^a$
Promedio global	$9.45 \pm 0.87^A$	$3.85 \pm 1.77^B$	$0.24 \pm 0.14^C$	$0.029 \pm 0.004^D$	$0.026 \pm 0.005^D$	$0.017 \pm 0.002^D$

Por otro lado, se observaron diferencias significativas en el grosor de las hojas de plantas femeninas y masculinas, las cuales variaron con el tiempo. En octubre las hojas de las plantas masculinas ( $0.51 \pm 0.02$  mm) fueron significativamente más gruesas que las femeninas ( $0.47 \pm 0.02$  mm;  $P=0.03$ ), mientras que en agosto y febrero las plantas femeninas mantuvieron hojas más gruesas ( $0.46 \pm 0.02$  y  $0.57 \pm 0.03$  mm) que las masculinas ( $0.41 \pm 0.01$  y  $0.48 \pm 0.02$  mm;  $P = 0.07$  y  $0.03$ , respectivamente), aunque en octubre estas diferencias fueron marginalmente significativas (prueba de *t* para muestras pareadas; Figura 4.7). Las hojas fueron significativamente más gruesas en diciembre, febrero y abril que en junio y agosto (ANDeVA de una vía,  $P < 0.0001$ ).

Finalmente, no se observaron diferencias significativas en el contenido de agua de las hojas entre plantas femeninas y masculinas en ninguna fecha de colecta. Sin embargo, en agosto de 2010 las hojas de las plantas femeninas tuvieron marginalmente más agua que las de las plantas masculinas ( $P= 0.07$ ) (Tabla 4.6).

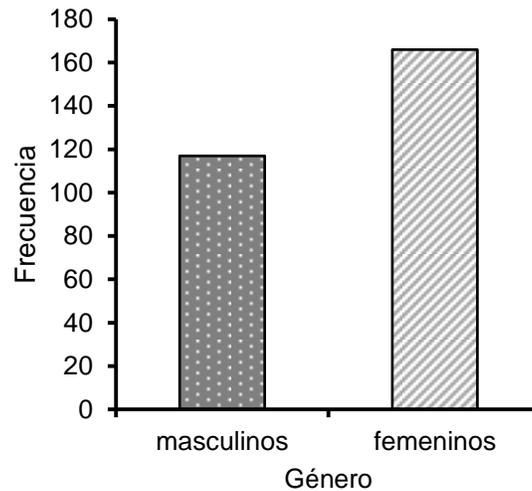


**Figura 4.7.** Grosor ( $\pm$  e.e.) de las hojas de individuos masculinos y femeninos de *Buddleia cordata* durante el periodo de junio de 2010 a febrero de 2011. Los asteriscos indican diferencias significativas entre sexos (prueba de t pareada). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre meses en los datos globales con  $P < 0.05$  (ANDeVA de una vía).

**Tabla 4.6.** Fracción de agua foliar ( $\pm$  e.e.) en plantas femeninas y masculinas de *B. cordata* ( $N = 13$ ). Se muestran los valores de  $P$  y de pruebas de  $t$  para muestras pareadas (g.l. = 12) y los promedios ( $\pm$  e.e.) de los datos agrupados ( $N = 26$ ). Letras diferentes en los promedios de los datos agrupados denotan diferencias significativas con  $P < 0.05$ .

Sexo de las plantas	Junio 2010	Agosto 2010	Octubre 2010	Diciembre 2010	Febrero 2011	Abril 2011
Masculinas	0.62 $\pm 0.012$	0.64 $\pm 0.009$	0.60 $\pm 0.011$	0.55 $\pm 0.006$	0.52 $\pm 0.005$	0.54 $\pm 0.009$
Proporción de agua promedio						
Femeninas	0.61 $\pm 0.010$	0.66 $\pm 0.007$	0.61 $\pm 0.005$	0.55 $\pm 0.009$	0.52 $\pm 0.007$	0.54 $\pm 0.010$
Datos agrupados	0.67 <sup>a</sup> $\pm 0.006$	0.65 <sup>a</sup> $\pm 0.006$	0.61 <sup>b</sup> $\pm 0.006$	0.55 <sup>c</sup> $\pm 0.006$	0.52 <sup>d</sup> $\pm 0.006$	0.54 <sup>d</sup> $\pm 0.006$
$t$	0.75	1.97	0.49	0.31	0.10	0.21
$P$	0.46	0.07	0.64	0.76	0.92	0.83

Finalmente, la proporción sexual obtenida fue de 1.4 árboles femeninos por cada árbol masculino (Fig. 4.8), las cuales fueron significativamente diferentes del modelo nulo 1:1 ( $\chi^2 = 8.48$ , g.l. = 1,  $P = 0.003$ ;  $N = 283$ ).



**Figura 4.8.** Número de árboles masculinos y femeninos de *B. cordata* registrados en la REPSA en mayo de 2010.

## V. DISCUSIÓN

### V.1. Características de la comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata*

Con base en el ajuste de la curva de acumulación de especies se estima que la riqueza específica de la comunidad de artrópodos de *B. cordata* es de 90 morfoespecies (Figura 4.1). Esta es una riqueza inferior a las 151 morfoespecies reportadas para *Muhlenbergia robusta*, una gramínea dominante en la comunidad vegetal de la REPSA (López-Gómez y Cano-Santana, 2010) y representa el 11% de las especies de artrópodos que se reportan para el Pedregal de San Ángel (Rueda-Salazar y Cano-Santana, 2009).

El 32% de las morfoespecies de artrópodos registradas en *B. cordata* estuvieron representadas por un solo individuo (*singletons*). Este porcentaje coincide con el promedio de *singletons* reportado para estudios realizados en comunidades de artrópodos de zonas tropicales (Coddington *et al.*, 2009). La gran proporción de *singletons* registrada en las comunidades de artrópodos se ha explicado de tres maneras (Coddington *et al.*, 2009): (1) un esfuerzo de muestreo insuficiente, el cual debe ser muy alto debido a la alta diversidad de estas comunidades; (2) la colecta de artrópodos con vagilidad mayor a la escala del estudio en cuestión, los cuales no juegan un papel importante dentro de la comunidad de estudio, y se conocen como turistas a una escala local; o bien (3) por la colecta accidental de organismos a los que no va dirigida la colecta (*e.g.*, organismos del dosel colectados por accidente en trampas *pit fall*) (Coddington *et al.*, 2009).

En el caso de *B. cordata*, la curva de acumulación de especies muestra un buen esfuerzo de muestreo; y la colecta fue dirigida a todos los organismos del dosel, por lo que la explicación más factible para la alta proporción de *singletons* es la colecta de organismos turistas. Esta idea se apoya en el hecho de que la mayoría de las

morfoespecies que estuvieron representadas por un solo organismo fueron dípteros e himenópteros, que son organismos que poseen una alta vagilidad.

Otro aspecto que resulta muy característico de la comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata* es la gran variación que existe en sus atributos de riqueza y abundancia a lo largo del año, siendo ambos parámetros muy superiores en la época de lluvias (junio y agosto) respecto al resto del año (Figura 4.4). Esta marcada variación en la comunidad de artrópodos se debe a la fenología de la comunidad vegetal y animal de la REPSA, la cual está determinada por ciclos anuales, habiendo abundancia de recursos y condiciones favorables durante la época de lluvias y escasez de recursos el resto del año (Wolda, 1987; 1988; César-García, 2002; Castillo-Argüero *et al.*, 2004; Santibáñez-Andrade *et al.*, 2009).

## **V.2. Efecto del sexo sobre la comunidad de artrópodos**

Diversos estudios han mostrado que el dimorfismo sexual que existe entre plantas femeninas y masculinas modifica los recursos que éstas proveen a los herbívoros y puede afectarlos en sus preferencias de alimentación y densidad (Danell *et al.*, 1985; Hjaltén, 1992; Boecklen *et al.*, 1994; Agren, 1999; Hendricks y Collier, 2003; Carneiro *et al.*, 2006). Además, se ha visto que los cambios en la abundancia de recursos disponibles para los herbívoros puede afectar también al gremio de los carnívoros a través de fuerzas ascendentes (Chen y Wise, 1999; Utsumi *et al.*, 2009; Gruner, 2004). Dado que los recursos que ofrecen las plantas dioicas varían según el sexo, se esperaba que hubiera diferencias en los atributos de las comunidades de artrópodos asociadas a plantas femeninas y masculinas de *B. cordata*. Sin embargo, no se registraron diferencias en los atributos de densidad de especies, densidad de individuos y diversidad de las comunidades de artrópodos asociadas a plantas femeninas y masculinas de *B. cordata*. El efecto del género de la planta hospedera se observó más bien a nivel de las densidades

de individuos de los diferentes gremios tróficos y de órdenes de artrópodos, particularmente en el gremio de los carnívoros, y en los tisanópteros y las arañas (Tablas 4.1, 4.2 y 4.3). Estos resultados indican que el género de la planta hospedera no afecta el número de individuos, ni de especies que conforman a la comunidad de artrópodos, sino su identidad funcional, es decir la proporción de organismos que desempeñan cierta función trófica en la comunidad con respecto a las otras. Esto es un indicio de que lo que cambia entre plantas de diferente género es la manera en la que fluye la energía a través de los distintos niveles tróficos, desde la planta hasta los carnívoros, probablemente debido a cambios en la calidad y cantidad de recursos que ofrecen las plantas.

Resulta extraño que haya habido diferencias significativas entre plantas de diferente género en la densidad de individuos y diversidad de los carnívoros pero no en la de los herbívoros (Tablas 4.3 y 4.4). Sin embargo, en un estudio previo, García-García (2004) reportó que, en condiciones de laboratorio, orugas herbívoras de *Acronyctodes mexicanaria* (Lepidoptera: Geometridae) colectadas en octubre prefieren alimentarse de plantas femeninas de *B. cordata*. El patrón observado por García-García (2004) coincide con los resultados de este trabajo, pues en el momento de su observación, se esperaría que las plantas femeninas fueran más apetecibles para los herbívoros, lo que explicaría el aumento de carnívoros encontrado en este estudio. Además, esta autora reporta que las orugas alimentadas con hojas de árboles femeninos son menos susceptibles al parasitoidismo y se desarrollan en menor tiempo, lo cual, al igual que los resultados de este estudio, sugiere que existen diferencias en la calidad nutricional de las partes vegetativas entre plantas masculinas y femeninas de *B. cordata*.

Una posible explicación de la ausencia de efecto del sexo de la planta sobre los herbívoros en este estudio es que los carnívoros son más sensibles a los cambios en los niveles tróficos inferiores que los herbívoros. Esto podría deberse a que una

disminución en la productividad primaria reduce la cantidad de recursos para los carnívoros en promedio diez veces más que para los herbívoros de acuerdo con Lindeman (1942) y Pauly y Christensen (1995). Aunque también es probable que no se observaran diferencias en el grupo de los herbívoros debido a un tamaño de muestra insuficiente. Si se aumentara el tamaño de muestra, probablemente se observarían diferencias en el grupo de los herbívoros, equiparables a los observados en los carnívoros.

Las diferencias que se observaron a nivel del grupo de las arañas y los tisanópteros se explican debido a que las morfoespecies de estos grupos cumplen una función muy particular dentro de la comunidad y dicha función es favorecida por alguno de los sexos de *B. cordata*. En el caso de los tisanópteros, que son florívoros y polinívoros, es natural que sean más abundantes en las plantas masculinas ya que en ellas encuentran mayor abundancia de polen (Mound, 2005). Por su parte el grupo de las arañas, que forma parte del gremio de los carnívoros, fue más abundante en las plantas femeninas. A partir de los datos obtenidos en este trabajo no es posible desentrañar la razón de este patrón; sin embargo, este fenómeno podría tener dos causas: (1) la presencia de las panículas de los frutos podría proporcionar una mayor heterogeneidad espacial, aspecto que favorece la diversidad y abundancia de arañas; y (2) podría haber una mayor cantidad de recursos para los carnívoros en las plantas femeninas con respecto a las plantas masculinas en el momento de la observación. Es necesario hacer estudios más detallados al respecto.

### **V.3. Importancia de la fenofase de la planta**

Como se discutió en la introducción, en general, los herbívoros prefieren alimentarse de plantas masculinas que de plantas femeninas; sin embargo, existen casos en los que los herbívoros prefieren a las plantas femeninas o no muestran ninguna preferencia (Agren,

1999). En este trabajo se encontró que los gremios de artrópodos asociados a *B. cordata* fueron más o menos diversos en plantas de distinto género dependiendo del momento del año en que se observó: (1) en la época de floración, (2) en la época de fructificación, o (3) en la época no reproductiva. Durante la floración (junio-agosto), hubo mayor diversidad de carnívoros y herbívoros en las plantas masculinas; en contraste, en la época de fructificación (octubre-diciembre), hubo una mayor diversidad de carnívoros en las plantas femeninas; mientras que en la época no reproductiva no hubo diferencias entre las comunidades de artrópodos asociadas a ambos sexos (Figura 5.1).

Los tisanópteros, que son principalmente polinívoros, fueron más abundantes en las plantas masculinas en el mes de octubre, probablemente debido a que en este periodo aún hay flores que producen polen (obs. pers.). En contraste, en diciembre hubo más tisanópteros en las plantas femeninas, probablemente debido a que, tal como se registró en campo, en ese momento ya no había flores masculinas que les proveyera recursos.

La sincronía de los cambios de las comunidades de artrópodos asociadas a plantas de distinto género con las fenofases de *B. cordata* sugieren que el efecto del género está muy ligado con la producción de flores y frutos. Esto se debe a que el polen (en el caso de las plantas masculinas) y los frutos (en las plantas femeninas) son recursos que se producen exclusivamente en uno de los géneros y que atraen a grupos específicos de artrópodos, como los polinívoros y los frugívoros, cuya presencia atrae depredadores modificando la estructura de la comunidad entera. Esta idea se ve apoyada por el hecho de que durante la época no reproductiva (colectas de febrero y abril) no se registraron diferencias en las comunidades de artrópodos asociadas a plantas femeninas y masculinas (Figura 5.1).

Aunados a los cambios temporales en la oferta de recursos como el polen y los frutos, se ha observado que pueden existir diferencias en los caracteres vegetativos de plantas masculinas y femeninas dependientes de su función sexual (Gross y Soule, 1981; Allen y Antos, 1988; Delph *et al.*, 1993; Delph, 1999; Geber *et al.*, 1999). Por ello, es de esperarse que en el momento de mayor esfuerzo reproductivo las plantas asignen menos recursos a su mantenimiento y crecimiento vegetativo, como la expresión de una disyuntiva de historia de vida, aspecto ampliamente reportado en la literatura (Agren, 1988; Allen y Antos, 1988; Krischik y Denno, 1990; Begon *et al.*, 2006; Williams *et al.*, 2011). Entonces, teóricamente en el momento de la floración, las plantas masculinas tendrían menos defensas y ofrecerían menos nutrientes a los herbívoros. Al contrario, en el momento de la fructificación, las plantas femeninas estarían asignando menos recursos a la defensa y al crecimiento. La variación de los caracteres vegetativos de *B. cordata* se discuten en la siguiente sección.

Fenofase de <i>Buddleia cordata</i>	Floración	Fructificación	No reproductiva
Fechas de colecta	junio y agosto	octubre y diciembre	febrero y abril
♂	+ diversidad y abundancia de carnívoros + diversidad y abundancia de herbívoros *	- Thysanoptera (diciembre)	No hay diferencias
♀		+ abundancia de arañas + abundancia de carnívoros * - Thysanoptera (octubre)	

**Figura 5.1.** Características de las comunidades asociadas a plantas femeninas y masculinas de *B. cordata* de acuerdo con la fenofase de la planta. (\*Valores marginalmente significativos:  $0.05 < P < 0.09$ ).

Los resultados obtenidos coinciden con los de García-García (2004), quien, como ya se mencionó anteriormente, reporta que en el momento de la fructificación (octubre), las orugas de *A. mexicana* prefieren alimentarse de plantas femeninas de *B. cordata* debido probablemente a que disminuyen sus defensas.

Los resultados anteriores ponen de manifiesto la importancia del momento del año en el que se estudia la interacción entre las plantas y sus comunidades de artrópodos asociadas. El efecto del momento del año en que se realiza el estudio radica en dos factores que están íntimamente ligados: por un lado la estacionalidad del ambiente y, por otro, la sincronización de la fenología de los organismos (plantas y animales) con esta estacionalidad ambiental (Wolda, 1987,1988). En el caso de las plantas hospederas es particularmente importante determinar la fenofase (reproductiva/vegetativa) en la que se encuentran las plantas, sobre todo si se trata de estudios muy puntuales en el tiempo.

#### **V.4. El dimorfismo sexual de *B. cordata***

Se registraron diferencias en ciertos caracteres vegetativos de las plantas masculinas y femeninas, pero éstas variaron con el tiempo. El grosor de las hojas fue mayor en las plantas masculinas durante la época de fructificación; y mayor en las plantas femeninas en la época no reproductiva (Figura 4.6). Esto apoya la idea de que los atributos de las plantas dioicas varían según la fenología de la planta (Allen y Antos, 1988; Delph, 1999). Estos cambios estacionales en las características de las plantas pueden afectar sus interacciones con otros organismos, sobre todo con aquellos que tienen ciclos de vida cortos y que responden a cambios en el corto plazo, como los artrópodos. El grosor de las hojas no logró asociarse claramente con los cambios observados en la comunidad de artrópodos; sin embargo, su variación entre plantas de distinto género y a través del tiempo es una prueba de que existe un cierto dimorfismo sexual en caracteres vegetativos de *B. cordata*.

Un aspecto relevante es que se sabe que el dimorfismo sexual puede acentuarse en plantas con un síndrome anemófilo de dispersión de polen (Delph, 1999). Esto se debe a que se requiere una gran producción de polen para asegurar la polinización, lo que implica una asignación muy grande de energía de las plantas masculinas a la reproducción, acentuando el dimorfismo sexual en el momento de la floración. Aunque por el momento no existen estudios enfocados en el sistema de dispersión de polen de *B. cordata*, las observaciones en campo y su morfología, que consta de flores muy pequeñas dispuestas en grandes panículas terminales (congruentes con un síndrome de polinización anemófilo) sugieren una dispersión de polen por viento (Culley *et al.*, 2002).

Finalmente, la población de *B. cordata* tuvo una proporción sexual de 1.4 árboles femeninos por cada árbol masculino (Figura 4.7). Si se probara que la proporción de semillas femeninas es igual a la de semillas masculinas, la proporción de adultos encontrada podría indicar una supervivencia diferencial entre plantas de distinto género, debida a una respuesta distinta a las presiones de selección o bien, a la existencia de distintas presiones de selección para cada género (Lloyd, 1974).

#### **V.5. Tasa de herbivoría**

No se registraron diferencias en la tasa de herbivoría de las plantas masculinas y femeninas, lo cual es congruente con el hecho de que no hubo diferencias significativas en los atributos del gremio de los herbívoros. Sin embargo, estos resultados deben tomarse con mesura, ya que el método que se utilizó para medir la herbivoría no evaluó el daño hecho por los herbívoros chupadores de savia, que fueron el grupo de herbívoros más importante después de los coleópteros.

## V.6. Aspectos metodológicos y perspectivas de estudio

Es importante considerar el hecho de que al extraer trozos de las ramas de *B. cordata* cada dos meses durante un año, podríamos estar teniendo un efecto negativo sobre la adecuación de los árboles. A pesar de ello consideramos que esto no afectó notablemente nuestros resultados pues el tratamiento fue el mismo para los individuos de cada pareja, de manera que la afección sería la misma para plantas masculinas y femeninas. Por otro lado, comparado con otros métodos en los que se utiliza insecticida, este método resulta menos dañino al ambiente.

Uno de los aspectos que se podrían mejorar en un trabajo como éste es la manera en la que se midió el daño por herbívoros, pues el método empleado no permite cuantificar el daño hecho por organismos chupadores, los cuales son muy abundantes en la comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata*.

Los estudios en este tema deben seguir las siguientes estrategias:

- a) Emplear diseños pareados.
- b) Realizar los estudios comparativos al menos durante un ciclo vegetativo/reproductivo de la planta que se estudia.
- c) Emplear métodos más precisos para medir herbivoría (e.g. software especializado), así cómo aumentar el tamaño de muestra de las hojas y el periodo que permanecen disponibles para los herbívoros en campo.

A partir de este estudio surgen muchas interrogantes teóricas que resulta muy interesante probar de manera empírica. A continuación, se plantean en forma de preguntas las más interesantes:

- a) En el marco de las fuerzas ascendentes, ¿los cambios a nivel de productores primarios afectan con la misma intensidad a consumidores primarios y a consumidores secundarios?
- b) ¿De qué manera el número y variedad de presas determina el número y variedad de depredadores?
- c) ¿Cómo interactúa la disponibilidad de presas y la presencia de condiciones ambientales favorables en el establecimiento de los depredadores?
- d) ¿El cambio en las características vegetativas de las plantas masculinas y femeninas a lo largo de sus fenofases es un patrón en las plantas dioicas?
- e) ¿Cuál es sistema de polinización de *B. cordata*? ¿Los tisanópteros son polinizadores o robadores de polen?
- f) ¿Existen diferencias en la proporción de carbono/nitrógeno y la concentración de compuestos secundarios, como la linarina, en plantas masculinas y femeninas de *B. cordata*?
- g) ¿Por qué existe una proporción sexual distinta a 1:1 en *B. cordata*?

## VI. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- 1) La comunidad de artrópodos asociada a *B. cordata* tiene 87 morfoespecies de adultos y se caracteriza por tener una alta dominancia y una marcada estacionalidad relacionada con la época de lluvias. Las plantas masculinas presentaron 81 morfoespecies, y las femeninas 77 de las cuales 59 fueron compartidas, obteniéndose un índice de similitud de Sørensen de 0.74.
- 2) No existe un efecto del género de la planta hospedera sobre la riqueza, abundancia, diversidad de artrópodos asociados a *B. cordata*; sin embargo, sí lo tiene sobre la diversidad y abundancia de los carnívoros.
- 3) El efecto que tiene el género de la planta hospedera sobre la comunidad de artrópodos asociada depende del momento en que se realice la comparación, particularmente de la fenofase de la planta.
- 4) Con el método empleado, no se detectaron diferencias en la tasa de herbivoría entre plantas femeninas y masculinas
- 5) Sí existe dimorfismo sexual en caracteres vegetativos de *B. cordata*, tales como el grosor de las hojas, y éstos varían a lo largo del año.
- 6) La proporción sexual de la población de *B. cordata* muestra un mayor número de individuos femeninos que masculinos.

**LITERATURA CITADA**

- Agren, J. 1987. Intersexual differences in phenology and damage by herbivores and pathogens in dioecious *Rubus chamaemorus*, *Oecologia*, **72**: 161-169.
- Agren, J. 1988. Sexual differences in biomass and nutrient allocation in the dioecious *Rubus chamaemorus*. *Ecology*, **69**: 962-973.
- Agren, J., K. Danell, T. Elmqvist, L. Ericson y J. Hjaltén. 1999. Sexual dimorphism and biotic interactions. Pp. 123-148, en: Geber, M. A., T. E. Dawson y L. F. Delph (eds.). *Gender and Sexual Dimorphism in Flowering Plants*. Springer, Nueva York.
- Allen, G. A. y J. A. Antos. 1988. Relative reproductive effort in males and females of the dioecious shrub *Oemleria cerassiformis*. *Oecologia*, **76**: 111-118.
- Barret, S. C. H. 2002. The evolution of plant sexual diversity. *Nature Reviews*, **3**: 274-284.
- Begon, M., C. R. Townsend y J. L. Harper. 2006. *Ecology from Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, Malden. 738 pp.
- Boecklen, W. J., S. Mopper y P. W. Price. 1990. Sex and drugs and herbivores: Sex-biased herbivory in arroyo willow (*Salix lasiolepis*). *Ecology*, **71**: 581-588.
- Cano-Santana, Z. 1994. Flujo de energía a través de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera Acrididae) y productividad primaria neta aérea en una comunidad xerófila. Tesis de Doctorado. UACPyP-CCH y Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 198 pp.
- Castillo-Argüero, S., G. Montes-Cartas, M. A. Romero-Romero, Y. Martínez-Orea, P. Guadarrama-Chávez, I. Sánchez-Gallén y O. Nuñez-Castillo. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la Reserva

- Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*, **74**: 51-75.
- César-García, S. F. 2002. Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 105 pp.
- Chen, B. y D. Wise. 1999. Bottom-up limitation of predaceous arthropods in a detritus-based terrestrial food web. *Ecology*, **80**: 761-772.
- Coddington, J. A., I. Agnarsson, J. A. Miller, M. Kunther y G. Homiga. 2009. Undersampling bias: the null hypothesis for singleton species in tropical arthropods surveys. *Journal of Animal Ecology*, 573-584.
- Conn, J. S. 1981. Phenological differentiation between the sexes of *Rumex hastalulus*: Niche partitioning or different optimal reproductive strategies? *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, **108**: 374-378.
- Culley, T. M., S. G. Weller y A. K. Sakai. 2002. The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*, **17**: 361-369.
- Danell, K., T. Elmqvist, L. Ericson y A. Salomonson. 1985. Sexuality in willows and preference by bark-eating voles: defence or not? *Oikos*, **44**: 82-90.
- Elmqvist, T. y H. Gardfjell. 1988. Differences in response to defoliation between males and females of *Silene dioica*. *Oecologia*, **77**: 225-230.
- García-García, P.L. 2004. Desempeño y ecología alimentaria de *Acronyctodes mexicanaria* (Lepidoptera: Geometridae) sobre *Buddleia cordata* (Loganiaceae) de distinto sexo. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 59 pp.
- Geber, M. A., T. E. Dawson y L. F. Delph. 1999. *Gender and Sexual Dimorphism in Flowering Plants*. Springer, Nueva York. 305 pp.

- Giribet, G. y G. D. Edgecombe. 2012. Reevaluating the arthropod tree of life. *Annual Review of Entomology*, **57**: 167-186.
- González-Rebeles G., G. 2012. Efecto de cinco años de acciones de restauración sobre la comunidad vegetal y dos poblaciones de artrópodos en el área A11 de la Reserva del pedregal de San Ángel. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 81 pp.
- Graham, E. B. y M. Telford. 2009. The origin and evolution of arthropods. *Nature*, **457**: 812-817.
- Gruner, D. 2004. Attenuation of top-down and bottom-up processes in a complex terrestrial community. *Ecology*, **85**: 3010-3022.
- Gurevitch, J., S.M. Scheiner y G. A. Fox. 2006. *The Ecology of Plants*. Sinauer Associates, Nueva York. 518 pp.
- Hjaltén, J. 1992. Plant sex and hare feeding preferences. *Oecologia*, **89**: 253-256.
- Hjaltén, J., M. Åstrom, E. Åberg y K. Danell. 1993. Biased sex ratios in Spanish populations of *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae): The possible role of herbivory. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, **51**: 49-53.
- Krischik, V. A. y R. F. Denno. 1990. Patterns of growth, reproduction, defense, and herbivory in the dioecious shrub *Baccharis halimifolia* (Compositae). *Oecologia*, **83**: 182-190.
- Lindeman, R. L. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, **23**: 399-417.
- Lloyd, D. G. 1974. Female-predominant sex ratio in angiosperms. *Heredity*, **32**: 35-44.
- López-Gómez, V. y Z. Cano-Santana. 2010. Best host-plant attribute for species-area relationship, and effects of shade, conspecific distance and plant phenophase in an arthropod community within the grass *Muhlenbergia robusta*. *Entomological Science*, **13**: 174-182.

- López-Gómez, V. y Z. Cano-Santana. 2011. Host-plant specialisation and diurnal dynamics of the Arthropod community within *Muhlenbergia robusta* (Poaceae). Pp.15-26, en López Pujol, J. (ed.). *The Importance of Biological Interactions in the Study of Biodiversity*. InTech, Rijeka, Croacia.
- Lot, A. y P. Camarena. 2009. El pedregal de San Ángel de la ciudad de México: Reserva Ecológica Urbana de la Universidad Nacional. Pp. 19-25, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University, Press, Nueva Jersey. 179 pp.
- Mound, L. A. 2005. Thysanoptera: diversity and interactions. *Annual Review of Entomology*, **50**: 247-269.
- Norman, M., 2000. Buddlejaceae. En: Luteyn, J. L., M. F. Cary y S. R. Gradstein (eds.). *Flora Neotropica*. Monografía 81. The New York Botanical Garden, Nueva York. 225 pp.
- Ollerton, J. y E. Coulthard. 2009. Evolution of animal pollination. *Science*, **326**: 808-809.
- Pauly, D. y V. Christensen. 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, **374**: 255-257. [Con errata en *Nature*, **376**: 379].
- Polhemus, D. A. 1988. Intersexual variation densities of plant bugs (Hemiptera, Miridae) on *Juniperus scopulorum*. *Annals of the Entomological Society of America*, **81**: 742-747.
- Primer, 2001. Primer 5. Software for Windows.
- Renner, S. S. y R. E. Ricklefs. 1995. Dioecy and its correlates in the flowering plants. *American Journal of Botany*, **82**: 596-606.

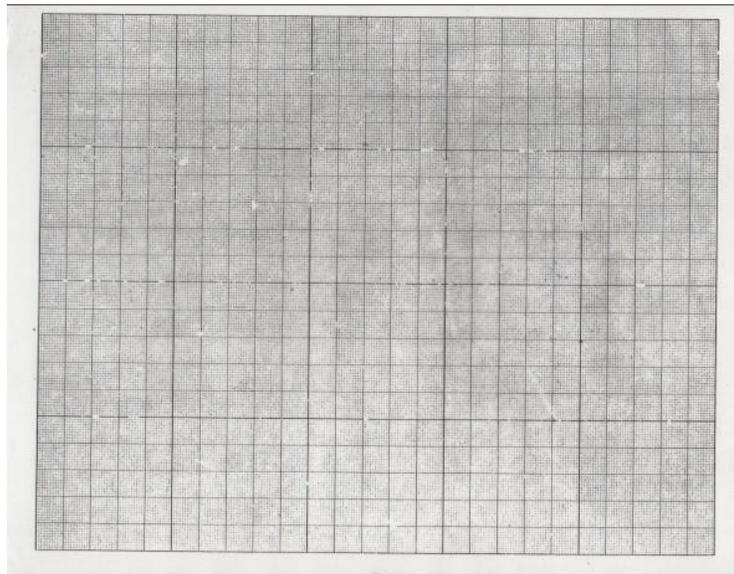
- REPSA, Reserva Ecológica del Pedregal del San Ángel. 2012. Portal de la Reserva Ecológica del Pedregal del San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México. En: <<http://www.repsa.unam.mx/ubicacion.htm>>. Fecha de consulta: 20/10/2012.
- Rojo, A. y J. Rodríguez. 2002. *La Flora del Pedregal de San Ángel*. Instituto Nacional de Ecología, México. 95 pp.
- Rueda-Salazar, A. M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artrópodo-fauna. Pp 171-202, en: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel. Pp. 9-63, en: Rojo, A. (ed.). *Reserva Ecológica "El Pedregal" de San Ángel: Ecología, Historia Natural y Manejo*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Sakai, A. K. y S. G. Weller. 1999. Gender and sexual dimorphism in flowering plants: a review of terminology, biogeographic patterns, ecological correlates, and phylogenetic approaches. Pp. 1-32, en: Geber, M. A., T. E. Dawson y L.F. Delph. (eds.). *Gender and Sexual Dimorphism in Flowering Plants*. Springer, Nueva York.
- Santibáñez-Andrade, G., S. Castillo-Argüero, J. A. Zavala-Hurtado, Y. Martínez-Orea y M. Hernández-Apolinar. 2009. La heterogeneidad ambiental en un matorral xerófilo. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana*, **85**: 71-79.
- Schoonhoven, L. M., J. J. A. Van Loon y M. Dicke. 2005. *Insect-Plant Biology*. Oxford University Press, Oxford. 421 pp.
- Schowalter, T. D. 2006. *Insect Ecology. An Ecosystem Approach*. Elsevier, Oxford. 572 pp.

- Siebe, C. 2000. Age and archeological implications of Xitle volcano, southwestern Basin of Mexico-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **104**: 45-64.
- Stearns, S. C. 1989. Trade-offs in life history evolution. *Functional Ecology*, **3**: 259-269.
- Strong, D. R., R. Southwood y J. H. Lawton. 1984. *Insects on plants. Community Patterns and Mechanisms*. Harvard University Press, Cambridge. 313 pp.
- Uribe-Mú, C. A. y M. Quesada. 2006. Preferences, patterns and consequences of branch removal on the dioecious tropical tree *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) by the insect borer *Oncideres albomarginata chamela* (Cerambycidae). *Oikos*, **112**: 691-697.
- Vargas, N. A. 2001. Longaniaceae. Pp. 546-550 en: Rzedowski y J. Rzedowski (eds.). *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro.
- Verhoef, H. A. y P. J. Morin. 2010. *Community Ecology: Processes, Models and Applications*. Oxford University Press, Nueva York. 247 pp.
- Williams, A., J. Antonovics y J. Rolff. 2011. Dioecy, hermaphrodites and pathogen load in plants. *Oikos*, **120**: 657-660.
- Wolda, H. 1987. Seasonality and the community. Pp. 519-542 en: Gee, J. H. R. y P.S. Giller (eds.). *Organization of Communities. Past and Present*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Wolda, H. 1988. Insect seasonality: Why? *American Review of Ecology and Systematics*, **19**: 1-18.
- Zar, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River. 944 pp.

## ANEXO 1

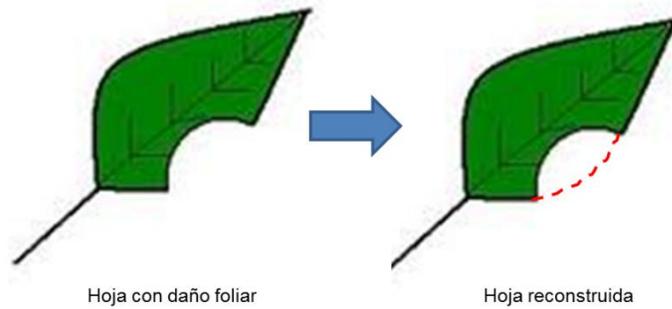
### Método para medir área foliar con acetato

En la actualidad existen métodos por computadora que permiten calcular la herbivoría a través de la medición del área foliar total (*AFT*) y el área foliar consumida (*AFC*). En este estudio se utilizó un método manual para estimar el *AFT* y *AFC* que sólo requiere del uso de una hoja de papel milimétrico impresa en una hoja de acetato (Figura 1).



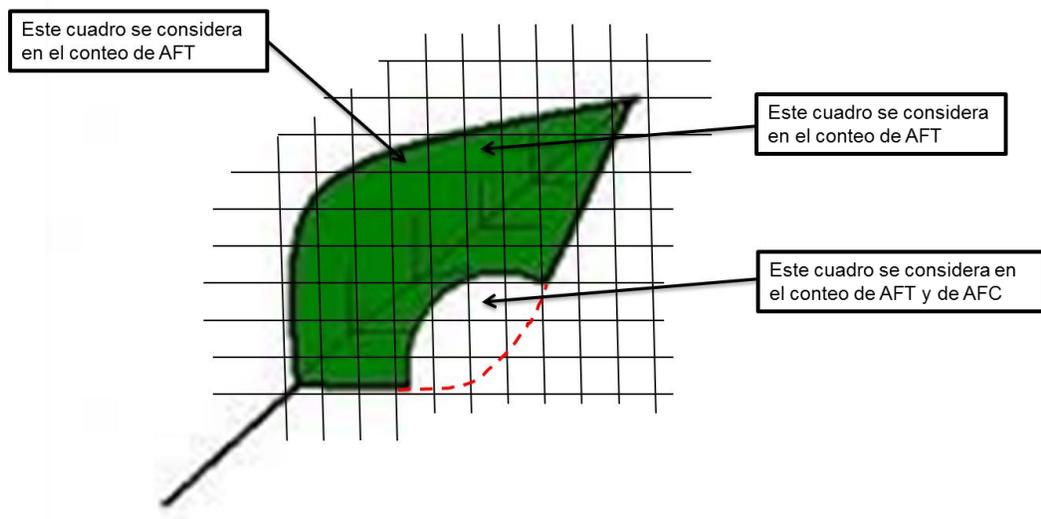
**Figura 1.** Papel milimétrico impreso en acetato utilizado para medir herbivoría

Para obtener el *AFT*, se colocó el acetato con una cuadrícula de 1 mm sobre la hoja y se registra el número de cuadros ocupados por la hoja reconstruida. La reconstrucción se hace completando el contorno de la hoja con base en la superposición de otra hoja sin daño foliar del mismo tamaño (Figura 2).



**Figura 2.** Reconstrucción de las hojas.

Si un cuadro de 1 mm<sup>2</sup> estaba ocupado en más del 50% por el área foliar remanente, se incluía en el conteo del área foliar total. Para medir el AFC, se contaron los cuadros de 1 mm<sup>2</sup> que presentaban daño foliar, incluyendo área consumida (zonas en donde el tejido se quitó completamente), y área dañada (zonas en donde aún hay tejido pero este se encuentra dañado) (Figura 3).



**Figura 3.** Esquema del método para medir herbivoría

**ANEXO 2.** Lista de morfoespecies colectadas en *Buddleia cordata*. Se muestra la abundancia acumulada de individuos de cada morfotipo, así como el grupo funcional que se asignó a cada uno de ellos. Para la elaboración de esta tabla se consideró la clasificación de los Chelicerata propuesta por Schultz (2007) y de Hexapoda propuesta por Gillot (2005).

Número consecutivo	Subphylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Número total de individuos	Grupo funcional	
1	<b>Miriapoda</b>	<b>Diplopoda</b>	<b>Julida</b>	<b>Julidae</b>	<i>Julus</i> sp 1	6	detritívoro	
2	<b>Chelicerata</b>	<b>Arachnida</b>	<b>Acari</b>		morfoespecie 1	4	NA	
3				<b>Araneae</b>	<b>Thomisidae</b>	<i>Misumenooides</i> sp 1	9	carnívoro
4				<b>Agelenidae</b>	morfoespecie 1	25	carnívoro	
5				<b>Salticidae</b>	morfoespecie 1	53	carnívoro	
6						morfoespecie 1 (inmaduro)	1	carnívoro
7						morfoespecie 2	41	carnívoro
8						morfoespecie 3	20	carnívoro
9						morfoespecie 4	5	carnívoro
10						morfoespecie 5	1	carnívoro
11						morfoespecie 6	2	carnívoro
12						morfoespecie 7	3	carnívoro
13						morfoespecie 8	4	carnívoro
14						morfoespecie 9	3	carnívoro
15						morfoespecie 10	1	carnívoro
16			<b>Hexapoda</b>	<b>Collembola</b>			morfoespecie 1	1
17		<b>Insecta</b>	<b>Orthoptera</b>	<b>Pyrgomorphidae</b>	<i>Sphenarium purpurascens</i>	17	herbívoro	
18				<b>Acrididae</b>	morfoespecie 1	1	herbívoro	
19			<b>Hemiptera: Auchenorrhyncha</b>	<b>Cycadellidae</b>		<i>Apogonalia mediolineata</i>	22	herbívoro
20						<i>Chlorogonalia losoplanensis</i>	132	herbívoro
21						morfoespecie 2	1	herbívoro

## ANEXO 2 (Continuación)

Número consecutivo	Subphylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Número total de individuos	Grupo funcional	
22	Hexapoda	Insecta	Hemiptera:	Cycadellidae	morfoespecie 3	131	herbívoro	
23				Auchenorrhyncha	Membracidae	<i>Aconophora laminata</i>	1	herbívoro
24				Issidae	morfoespecie 1	8	herbívoro	
25			Hemiptera:	Lygaeidae	morfoespecie 1	29	herbívoro	
26			Heteroptera	Oxycarenidae	morfoespecie 1	29	herbívoro	
27					morfoespecie 1	5	herbívoro	
28					morfoespecie 2	1	herbívoro	
29					morfoespecie 3	3	herbívoro	
30					morfoespecie 4	5	herbívoro	
31					morfoespecie 5	3	herbívoro	
32					morfoespecie 6	5	herbívoro	
33					morfoespecie 7	2	herbívoro	
34					morfoespecie 8 (inmaduro)	5	herbívoro	
35					morfoespecie 9	3	herbívoro	
36					morfoespecie 10 (inmaduro)	5	herbívoro	
37					morfoespecie 11	1	herbívoro	
38					morfoespecie 12	3	herbívoro	
39					morfoespecie 13	2	herbívoro	
40					morfoespecie 14	1	herbívoro	
41					morfoespecie 15	1	herbívoro	
42				Lepidoptera	Geometridae	<i>Acronyctodes mexicanaria</i>	3	herbívoro
43						morfoespecie 1 (larva)	12	herbívoro
44						morfoespecie 2 (larva)	1	herbívoro
45				morfoespecie 3 (larva)	1	herbívoro		
46				morfoespecie 4 (larva)	1	herbívoro		

## ANEXO 2 (Continuación)

Número consecutivo	Subphylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Número total de individuos	Grupo funcional
47	Hexapoda	Insecta	<b>Lepidoptera</b>		morfoespecie 5	1	herbívoro
48			<b>Coleoptera</b>	<b>Crysomelidae</b>	<i>Nodonota curtula</i>	863	herbívoro
49					<i>Oedionychus conspurcatus</i>	108	herbívoro
50					<i>Hemiphrynus</i> sp. 1	1	herbívoro
51					morfoespecie 1	8	herbívoro
52					morfoespecie 2	3	herbívoro
53				<b>Curculionidae</b>	morfoespecie 1	17	herbívoro
54				<b>Cantharidae</b>	<i>Polemius</i> sp. 1	5	carnívoro
55				<b>Bruchidae</b>	morfoespecie 1	31	herbívoro
56					morfoespecie 1	2	NA
57					morfoespecie 2	40	NA
58					morfoespecie 3	1	NA
59					morfoespecie 4	1	NA
60					morfoespecie 5	1	NA
61					morfoespecie 6 (larva)	2	NA
62			<b>Hymenoptera</b>	<b>Formicidae</b>	<i>Iridomyrmex</i> sp. 1	4	detritívoro
63					<i>Pseudomyrmex</i> sp. 1	1	herbívoro
64					<i>Camponotus</i> sp. 1	4	detritívoro
65			<b>Hymenoptera:</b>		morfoespecie 1	4	NA
66			<b>Chalastogastra</b>		morfoespecie 2	7	NA
67					morfoespecie 3	2	NA
68					morfoespecie 4	3	NA
69					morfoespecie 5	9	NA
70					morfoespecie 6	6	NA
71					morfoespecie 7	3	NA

## ANEXO 2 (Continuación)

Número consecutivo	Subphylum	Clase	Orden	Familia	Especie	Número total de individuos	Grupo funcional		
72	Hexapoda	Insecta	Hymenoptera:		morfoespecie 8	7	NA		
73					Chalastogastra	morfoespecie 9	2	NA	
74						morfoespecie 10	5	NA	
75						morfoespecie 11	7	NA	
76						morfoespecie 12	1	NA	
77				<b>Neuroptera</b>	<b>Crisopidae</b>	<i>Chrysopa carnea</i>	10	carnívoro	
78				<b>Blatodea</b>	<b>Blattidae</b>	<i>Blatta</i> sp. 1	2	detritívoro	
79				<b>Thyssanoptera</b>		morfoespecie 1	141	herbívoro	
80				<b>Psocoptera</b>		morfoespecie 1	8	detritívoro	
81						morfoespecie 2	2	detritívoro	
82						morfoespecie 3	1	detritívoro	
83						morfoespecie 4	1	detritívoro	
84					<b>Diptera</b>		morfoespecie 1	7	NA
85							morfoespecie 2	2	NA
86							morfoespecie 3	2	NA
87							morfoespecie 4	1	NA
88							morfoespecie 5	1	NA
89							morfoespecie 6	4	NA
90							morfoespecie 7	1	NA
91							morfoespecie 8	5	NA
92					morfoespecie 9	1	NA		
93					morfoespecie 10	6	NA		
94					morfoespecie 11	1	NA		
95			<b>Trichoptera</b>		morfoespecie 1	1	herbívoro		
96			larva no identificada			2	NA		