



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a los  
nidos de *Malacosoma incurvum* (Lepidoptera:  
Lasiocampidae) en el Parque Ecológico de Xochimilco,  
D.F. (México)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIOLOGA**

**P R E S E N T A :**

**Tagle Villalpando Carmen Itzel**



**DIRECTOR DE TESIS:  
Dr. Zenón Cano Santana**

**Ciudad Universitaria, CD. MX.**

**2021**



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.

## Hoja de datos del jurado

### 1. Datos del alumno

Tagle  
Villalpando  
Carmen Itzel  
Teléfono: 5513598594  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Biología  
307213266

### 2. Datos del tutor

Dr.  
Zenón  
Cano  
Santana

### 3. Datos del sinodal 1

Dra.  
Alicia  
Callejas  
Chavero

### 4. Datos del sinodal 2

Dra.  
Leticia  
Ríos  
Casanova

### 5. Datos del sinodal 3

Dr.  
Erick Alejandro  
García  
Trejo

### 6. Datos del sinodal 4

M. en C.  
Angela  
Arango  
Galván

### 7. Datos del trabajo escrito

Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a los nidos de *Malacosoma incurvum* (Lepidoptera: Lasiocampidae) en el Parque Ecológico de Xochimilco, D.F. (México)  
55 pp.  
2021

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia: mi mamá y mi hermana, por su apoyo incondicional.

Al doctor Zenón quien dirigió este trabajo. Gracias por su paciencia, confianza y enseñanzas; por permitirme ser parte del grupo de trabajo de Interacciones y Procesos Ecológicos y aprender de cada uno de los integrantes lecciones tanto académicas como personales.

Al Taller de “Ecología Terrestre y Manejo de Recursos Bióticos” por las revisiones los comentarios y las clases que contribuyeron a la realización del trabajo.

A mis sinodales: Dra. Alicia Callejas Chavero, Dra. Leticia Ríos Casanova, Dr. Erick Alejandro García Trejo y M. en C. Ángela Arango Galván, por las correcciones y sugerencias.

A todos mis profesores, gracias por desempeñar la más importante labor de enseñar, formar, instruir, construir un pensamiento crítico, concientizar y, como última y más deseable finalidad, humanizar a cada una de las mentes que por sí solas ya son un mundo. Gracias por mostrarme el maravilloso funcionamiento de la vida desde sus orígenes y lo más pequeño hasta las consecuencias de nuestro paso en la Tierra. Me ha hecho muy feliz ser partícipe de todos los conocimientos, experiencias y opiniones de cada uno.

A los amigos y compañeros que encontré o me encontraron. Gracias por compartir tan memorables momentos.

Por último, pero no menos importante, gracias al profesor Iván Castellanos Vargas quien me brindó su apoyo académica y, personalmente, por acompañarme al Parque Ecológico de Xochimilco (PEX), por su paciencia y confianza; por resolver muchas de mis dudas que podían ser un tanto confusas. Gracias por el tiempo.

## **ÍNDICE**

<b>Resumen</b>	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. La comunidad de artrópodos y su estructura	2
1.2. Los ingenieros ecosistémicos	3
1.3. Las orugas como ingenieros ecosistémicos	4
1.4. Los artrópodos asociados a los refugios de las orugas	5
1.5. Los gusanos de bolsa	7
1.6. Justificación	8
<b>II. OBJETIVOS Y PREDICCIONES</b>	<b>9</b>
<b>III. HISTORIA NATURAL DE <i>Malacosoma incurvum</i></b>	
3.1. Morfología y distribución	10
3.2. Ciclo de vida	11
3.3. Hábitos alimentarios y conducta	12
3.4. Enemigos naturales	13
<b>IV. HISTORIA NATURAL DE <i>SALIX BONPLANDIANA</i></b>	<b>14</b>
<b>V. SITIO DE ESTUDIO</b>	
5.1. Localización, clima y suelos	16
5.2. Vegetación y biota	17
5.3. Servicios ambientales	18
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
6.1. Altura y orientación de ovipuestas y nidos	19
6.2. Variación temporal del tamaño de los nidos y de la comunidad de artrópodos asociados	19
6.3. Variación diurna de la temperatura en los nidos	20
6.4. Análisis de datos	20
<b>VII. RESULTADOS</b>	
7.1. Fauna asociada a los nidos	23

7.2. Fauna asociada a las ovipuestas	31
7.3. Altura y orientación de ovipuestas y nidos	32
7.4. Variación de la temperatura	33
7.5. Volumen del nido y componentes estructurales	35
<b>VIII. DISCUSIÓN</b>	
8.1. La comunidad de artrópodos asociada a los nidos	38
8.2. Funciones tróficas en la comunidad de los nidos de M. incurvum	40
8.3. Selección del hábitat: orientación de nidos y ovipuestas	41
8.4. Variación local y temporal de la temperatura	43
8.5. El papel del tamaño del nido	45
8.6 Complejidad estructural de los nidos	46
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	47
Literatura citada	48

Tagle-Villalpando, C.I. 2021. Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a los nidos de *Malacosoma incurvum* (Lepidoptera: Lasiocampidae) en el Parque Ecológico de Xochimilco, D.F. (México). Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 53 pp.

## RESUMEN

Durante su fase larvaria *Malacosoma incurvum* (Lepidoptera: Lasiocampidae) construye nidos que son empleados como refugio por otras especies. El trabajo busca conocer la estructura de la comunidad de artrópodos asociados a los nidos, y de manera particular, (1) obtener la relación del tamaño de los nidos con la riqueza, abundancia y diversidad de los artrópodos refugiados, (2) conocer la altura y orientación de ovipuestas y nidos, y (3) comparar la temperatura en el interior de los nidos respecto a la externa. Para conocer la orientación, en noviembre de 2012 se seleccionaron 40 árboles de *S. bonplandiana* en el Parque Ecológico de Xochimilco (PEX), en cada uno se contabilizó el número de ovipuestas, la orientación y altura de cada una. En enero de 2013, al inicio de la construcción de los nidos, se contabilizaron y se determinó la orientación y altura de cada uno de ellos. De enero a julio del 2013 se colectaron mensualmente 15 nidos los cuales se midieron y se extrajeron, cuantificaron e identificaron los artrópodos que contenían. Las ovipuestas y nidos mostraron una ubicación preferencial hacia el suroeste ( $114.46 \pm 5.39^\circ$  y  $113.18 \pm 10.54^\circ$ ) y el volumen varió significativamente entre fechas de colecta. En 105 nidos se encontraron 7,540 ejemplares pertenecientes a 94 morfoespecies y 16 órdenes, siendo los más abundantes Collembola (70.1%) y Hemiptera (6.3%), mientras que Coleoptera y Araneae presentaron el mayor número de morfoespecies (22 y 18). La riqueza, abundancia y diversidad mostraron una correlación significativa e inversamente proporcional con el volumen de los nidos. Se discute la importancia de factores como 1) la acumulación de exuvias, heces y detrito como recurso para los artrópodos; 2) la temporada de lluvias que incrementa la abundancia y diversidad de organismos, y 3) el papel del sotobosque, el dosel y el tiempo de colonización sobre la estructura de la comunidad de artrópodos que albergan los nidos.

**Palabras clave:** alogénico, ingeniero ecosistémico, plaga, refugio, *Salix bonplandiana*.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. La comunidad de artrópodos y su estructura

Una comunidad biológica es el conjunto de poblaciones de diferentes especies que interactúan en el mismo tiempo y espacio, su estudio se ha centrado principalmente en describir y analizar su estructura y composición (Begon *et al.*, 2009). Se entiende por composición al conjunto de especies que conforman a la comunidad (Begon *et al.*, 2009) y como estructura el arreglo de las propiedades que la describen en un momento dado (Diamond y Case, 1986). Existen tres enfoques generales para describir la estructura de una comunidad de artrópodos: (i) la diversidad de especies (ii) las interacciones entre las especies y (iii) la organización funcional de las especies. Cada uno proporciona información útil, el enfoque propicio depende de los objetivos del proyecto (Siemann *et al.*, 1999).

Las comunidades de artrópodos terrestres son de gran importancia en los ecosistemas ya que desempeñan diversas funciones y ocupan una gran cantidad de nichos, su participación en los procesos de intercambio de materia, energía e información son vitales para el mantenimiento de los ecosistemas (Schowalter, 2006; Begon *et al.*, 2009).

Algunos de los factores que determinan la estructura de la comunidad, en especial de los artrópodos, son:

(1) Área y complejidad del hábitat: ha sido ampliamente documentado que existe una relación proporcional entre el área del hábitat y la riqueza de especies capaces de establecerse y colonizar (MacArthur y Wilson, 1967). El aumento de la superficie del hábitat puede representar más heterogeneidad de las condiciones del hábitat proporcionando un mayor número de microambientes que podrán ser ocupados por especies con una explotación diferencial de los recursos (Strong *et al.*, 1984).

(2) Estabilidad del hábitat: la frecuencia con la que ocurren disturbios en el hábitat tiene efectos significativos en la respuesta de la comunidad debido a que estos eventos liberan espacios, de esta manera, la composición de especies cambia en el tiempo

después de un disturbio (Begon *et al.*, 2009). Connell (1978) propone la hipótesis del disturbio intermedio, que predice picos en la riqueza de especies en los niveles medios de perturbación.

(3) Condiciones del hábitat y disponibilidad de recursos: la tolerancia de cada especie hacia las diferentes condiciones es diferencial, sin embargo para cada especie existe uno o varios recursos limitantes los cuales regulan y controlan la supervivencia y persistencia de los organismos (Schowalter, 2006). En cuanto a los recursos se ha comprobado que la homogeneidad de recursos facilita la dominancia de las especies más competitivas y por lo tanto la reducción de la riqueza de especies, por lo contrario un aumento en la heterogeneidad de recursos diversifica los nichos que pueden ser explotados lo cual conlleva la disminución de la competencia entre especies con requerimientos similares y por lo tanto, a un aumento en la riqueza de especies (Strong *et al.*, 1984).

(4) Interacción de las especies: Las interacciones pueden mejorar o impedir la persistencia de algunas especies, las interacciones varían considerablemente en su forma, fuerza y efecto y crean redes bastante complejas entre las especies afectando la estructura y dinámica de la comunidad (Schowalter, 2006).

## **1.2. Los ingenieros ecosistémicos**

Las interacciones directas como la competencia, depredación y mutualismo son las más estudiadas (Paine, 1966; Lawton y Strong, 1981; Begon *et al.*, 2006). Sin embargo, las interacciones indirectas, que ocurren cuando la interacción entre dos especies es mediada por una tercera, influyen en la estructura de las comunidades pudiendo afectar el balance demográfico aún más severamente que las interacciones directas (Soberón, 2002).

Una interacción indirecta afecta a las especies involucradas mediante la modificación de las condiciones físicas y/o biológicas del medio (Bertness y Callaway, 1994). Dentro de estas relaciones se presentan las propiciadas por los ingenieros

ecosistémicos, que son organismos que alteran la disponibilidad de recursos para otros organismos mediante la modificación o la creación de un recurso o hábitat (Jones *et al.*, 1994, 1997). A pesar de que todas las especies tienen el potencial de modificar el entorno en el que habitan, los cambios que producen los ingenieros ecosistémicos son profundos (Wilby *et al.*, 2001).

Los ingenieros del ecosistema se dividen en dos categorías (Jones *et al.*, 1997): alogénicos y autogénicos. Los ingenieros alogénicos cambian el ambiente transformando materia orgánica o inorgánica de un estado físico a otro a través de medios mecánicos, en tanto que los autogénicos modifican el ambiente a través de sus propias estructuras físicas (*i.e.*, sus tejidos vivos y muertos) creando hábitats para que otros organismos vivan allí.

Las actividades que realizan los ingenieros ecosistémicos varían en su efecto para las otras especies, ya que en algunos casos su efecto se limita a uno o unos pocos organismos, mientras que otros afectan a grupos completos de especies (Jones *et al.*, 1997).

### **1.3. Las orugas como ingenieros ecosistémicos**

Los herbívoros afectan a la comunidad en una gran variedad de formas, aunque está mejor documentado su efecto sobre las comunidades vegetales, de modo que los trabajos que indagan los efectos que tienen al modificar la estructura física del ambiente se encuentran en mucho menor proporción (ver Wilby *et al.*, 2001). Muchos de los efectos de los herbívoros pueden ser clasificados como ingeniería de ecosistemas del tipo estructural ya que inducen cambios en la arquitectura de las plantas (Crawley, 1983; Berke, 2010).

Cuando las orugas construyen refugios en forma de rollos, pliegues o nidos, crean nuevos espacios que se utilizan al mismo tiempo o posteriormente por otras especies de insectos influyendo positivamente en la riqueza de especies y en el valor de diversidad de la comunidad (Lawton y Strong, 1981; Lawton, 1983; Lill y Marquis, 2003).

Se ha demostrado que los refugios construidos artificialmente en el dosel de los árboles, son fácilmente colonizados tanto por herbívoros como por otros grupos funcionales de organismos (Cappuccino, 1993; Cappuccino y Martin, 1994; Larsson *et al.*, 1997; Martinsen *et al.*, 2000).

Los factores principales que determinan la presencia de artrópodos, ya sea coexistiendo simultáneamente o colonizando el refugio desocupado construido por larvas de Lepidoptera son: (1) microclima favorable con un incremento de temperatura y humedad dentro del refugio y (2) heterogeneidad de recursos dentro del refugio que puede albergar diferentes gremios de artrópodos (Joos *et al.*, 1988; Fitzgerald, 1995; Fukui, 2001).

También se han encontrado efectos positivos que los refugios brindan a los artrópodos presentes como el incremento en la palatabilidad de las hojas ocupadas en la construcción del refugio, ya que se reduce la incidencia de luz y esto provoca disminución de su dureza y reducción de la concentración de taninos haciéndolas más palatables. No obstante, algunos atributos foliares como la concentración de nitrógeno y la cantidad de agua no se ve afectada por la presencia de los refugios. Los refugios también proporcionan protección contra los depredadores y otros enemigos naturales; sin embargo, existe la posibilidad de que algunos de éstos utilicen el refugio como imagen de búsqueda lo que incrementaría la mortalidad de los ocupantes (Fukui, 2001).

#### **1.4. Los artrópodos asociados a los refugios de las orugas**

Los nidos de las orugas pueden ser colonizados por otros artrópodos promoviendo la creación y diversificación del hábitat. Por ejemplo, Branco *et al.* (2008) encontraron que los refugios de las orugas de *Thaumetopoea pityocampa* Den. Schiff (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) en un bosque de pino, incrementan la supervivencia de una alta variedad de especies durante la hibernación. Los nidos de esta especie albergan a 60 especies de artrópodos de los órdenes Araneae, Chilopoda, Diplopoda, Blattodea, Collembola, Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera. Estos mismos autores encontraron que la riqueza y la abundancia de artrópodos estuvieron positivamente relacionadas con el tamaño de nido y que, en su mayoría, los

organismos encontrados fueron juveniles o hembras con huevos, por lo que sugieren que los nidos son un recurso importante para el cuidado de las crías. Por su parte, Martinsen *et al.* (2000) reportaron que *Anacamptis niveopulvella* Chambers (Lepidoptera: Gelechiidae) construye, en su etapa de oruga, refugios enrollando las hojas de *Populus angustifolia* E. James y *P. fremontii* S. Watson (Salicaceae), los cuales eran colonizados por artrópodos de los órdenes Acarina, Araneae, Dermaptera, Hemiptera, Homoptera, Neuroptera, Lepidoptera, Hymenoptera y Coleoptera. Estos autores compararon árboles con y sin nidos reportando diferencias significativas de abundancia y diversidad de artrópodos hasta siete veces más altas en los árboles que sostenían refugios. A fin de descartar otros efectos y constatar que estas diferencias eran debidas a los refugios construidos por las orugas, los rollos de las hojas fueron removidos de los árboles, registrándose una disminución tanto en la riqueza como en la abundancia de artrópodos que sostenían los árboles.

Las larvas de *Psilocorsis* sp. (Oecorhoridae) construyen refugios denominados “sándwich de hojas” ya que son hojas empalmadas unidas con seda. En un experimento llevado a cabo por Lill y Marquis (2004) se construyeron refugios artificiales sobre *Quercus alba* L. (Fagaceae) imitando los refugios de *Psilocoris*, los cuales fueron colonizados y utilizados como sitios de oviposición sugiriendo que este hábitat es un recurso de calidad para los artrópodos de distintos gremios tales como herbívoros, depredadores y detritívoros de los órdenes Coleoptera, Hymenoptera Lepidoptera y Phasmatodea.

Al parecer, los refugios y su patrón de distribución pueden regular indirectamente el daño total a la planta y modificar la estructura de la comunidad de artrópodos del dosel, mediante la ocupación realizada por los constructores de los nidos y los usuarios secundarios coexistentes (Lewis, 1979; Cappuccino, 1993; Larsson *et al.*, 1997; Fukui, 2001; Lill y Marquis, 2003-2004).

## 1.5. Los gusanos de bolsa

Entre las orugas de Lepidoptera existen algunas capaces de construir refugios sobre las plantas, los cuales pueden consistir en rollos de hojas, pliegues, hojas empalmadas y bolsas o tiendas, siendo estas últimas las construcciones más impresionantes y conspicuas hechas con seda (Fitzgerald y Willer, 1983). Fitzgerald (1995) y Fitzgerald y Underwood (2000) revisaron la biología de las orugas que hacen este tipo de refugios, según se expone a continuación. Las orugas constructoras de bolsas o tiendas pertenecen al género *Malacosoma* (Lepidoptera: Lasiocampidae), y son conocidas como gusanos de bolsa (*tent caterpillars*, en habla inglesa) y se distribuyen a lo largo de la región Holártica. Pocas especies del género construyen una serie de pequeñas tiendas que se abandonan en secuencia, en tanto que la mayoría fabrica un solo refugio que es ocupado a través de la totalidad de la etapa larval. Dicha construcción comienza unos pocos días después de la eclosión, momento en el cual las orugas exhiben cierto comportamiento de construcción colectiva que implica la sincronización de toda la colonia para la creación y expansión periódica del refugio. La tienda consiste en múltiples capas de seda separadas por huecos. Las orugas hilan en grupo y adicionan seda a la tienda al regresar después de alimentarse. Esta adición de seda se hace de forma intermitente intercalándola con momentos de descanso. Las orugas comúnmente sitúan sus tiendas en los nodos y ramas de los extremos de un árbol encerrando las hojas y ramas pequeñas. El nido es una estructura que presenta sitios discretos de entrada y salida, los cuales pueden estar situados en donde las ramas sobresalen de la estructura, aunque también son comunes en el vértice superior del nido (Fitzgerald y Underwood, 2000). Las orugas de las primeras etapas larvales salen del nido en grupos para trasladarse a sitios de alimentación cercanos; posteriormente, en las últimas etapas, las orugas se mueven a sitios de alimentación distantes y es común el forrajeo solitario.

Las orugas de bolsa muestran una forma sofisticada de forrajeo en la cual reclutan a sus compañeros de nido para ir en busca de alimento y establecen senderos con pistas de feromonas exploratorias a medida que pasan sobre las ramas del árbol que permiten a las orugas encontrar su camino de regreso a la tienda permitiendo, además, explotar los sitios de alimentación más provechosos (Olivares. 2004).

## 1.6. Justificación

En la Ciudad de México *Malacosoma incurvum* var. *aztecum*, ataca el follaje de los ahuejotes, *Salix bonplandiana* Kunth (Salicaceae), en los humedales de Xochimilco, causándoles daño (GDF, 2006), por esta razón los enfoques de estudio de *Malacosoma incurvum* se centran en conocer su papel como insecto plaga (Valenzuela, 1975; Rodríguez, 1982; Filip y Dirzo, 1985; Arriola, 1998; Olivares, 2004; Jiménez, 2008). Actualmente no existen registros de trabajos que aborden a *Malacosoma incurvum* como un ingeniero ecosistémico, ni tampoco que evalúen el papel que tienen sus refugios como hábitat de otros artrópodos. Por lo anterior es necesario tener un enfoque cuantitativo y sistemático de los organismos que están presentes en los nidos de este lepidóptero.

Conocer la estructura de la comunidad de artrópodos presentes en los nidos de *M. incurvum* genera conocimiento acerca de las interacciones indirectas y sobre cómo esta especie puede estar funcionando como un ingeniero ecosistémico al dar refugio a fitófagos, depredadores y parasitoides. Estas interacciones podrían estar regulando indirectamente el daño total al dosel, sin embargo, al brindar un refugio temporal a varias especies de artrópodos, podría incrementar la diversidad de este grupo dentro del Parque Ecológico de Xochimilco.

## II. OBJETIVOS Y PREDICCIONES

Este estudio tiene como objetivo general conocer la estructura de la comunidad de artrópodos asociados a los nidos de *Malacosoma incurvum* var. *aztecum* construidos en *Salix bonplandiana* (ahuejote) en el Parque Ecológico de Xochimilco en la Ciudad de México, así como reconocer si las condiciones y recursos que presenta el nido influyen en la estructura de la comunidad.

Los objetivos particulares que se abordarán en esta investigación son:

1. Conocer los artrópodos asociados a las ovipuestas de *Malacosoma incurvum*
2. Correlacionar el tamaño de los nidos con la riqueza, abundancia y diversidad de las especies de artrópodos que alberga.
3. Conocer la altura y orientación en la que se establecen los nidos dentro del árbol.
4. Comparar la temperatura en el interior de los nidos respecto a la externa.

En función de la información existente, las predicciones que se plantean son las siguientes:

1. Se espera encontrar principalmente a enemigos naturales y organismos parasitoides asociados a las ovipuestas.
2. Existe un patrón especies-área, por lo cual se espera que el tamaño de los nidos esté correlacionado de manera positiva y significativa con la abundancia y riqueza de organismos que habitan en su interior.
3. Debido a que los nidos se construyen utilizando las dicotomías de ramas primarias y secundarias, éstos se establecerán sin importar la altura del árbol. También se espera encontrar una orientación preferencial de los nidos hacia el noroeste, ya que una de las funciones del nido es la protección contra altas temperaturas por el efecto de los rayos solares.
4. Debido a que la seda actúa como un aislante térmico que reduce el intercambio con el exterior, se espera que la temperatura dentro del nido sea constante en comparación con la exterior.

### III. HISTORIA NATURAL DE *Malacosoma incurvum*

#### 3.1. Morfología y distribución

*Malacosoma incurvum* fue descrita por Hy. Edwards (1882) dentro del género *Clasiocampa* y posteriormente se transfirió al género *Malacosoma*. Presenta dos sinonimias: *Clasiocampa azteca*, descrita por Neumoegen (1983); y *Clasiocampa luteomargo*, descrita por Dyar (1907). Se reconocen tres variedades de esta especie: *discoloratum* e *incurvum*, que se localizan en regiones de los Estados Unidos, mientras que la variedad *aztecum* está restringida a México (Stehr y Cook, 1968). Se ha reportado en Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Estado de México, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Ancona, 1930; Stehr y Cook, 1968; Cibrián *et al.*, 1995). Ancona (1930).

Cibrián *et al.* (1995) y Olivares (2004) describen detalladamente la morfología de esta especie, según se expone a continuación.

Los adultos tienen un color café sepia y su tórax y abdomen son vellosos. Los machos tienen un cuerpo robusto con una expansión alar de 23 a 30 mm, sus alas anteriores presentan dos bandas claras en la parte media y sus antenas son gruesas y bipectinadas. Las hembras, por su parte, tienen una expansión alar de 32 a 45 mm y antenas pectinadas. El huevo es blanquecino y cilíndrico de 1 mm de largo, y se depositan en grupos o masas de 100 a 300 que la hembra recubre con una sustancia espumosa blanquecina llamada espumalina que se endurece y oscurece horas después proporcionando una coloración críptica y protección física (Cibrián *et al.*, 1995; Olivares, 2004).

Las larvas presentan un cuerpo cilíndrico de color negro con el dorso cubierto con setas amarillo-anaranjadas y amarillo claras; asimismo, en ambos lados del cuerpo se presentan bandas de setas blanco amarillentas con puntos azules intercalados. Su cabeza está bien desarrollada pero sus antenas son muy cortas. En el último estadio alcanzan 50 mm de longitud. La pupa es de tipo obiecta de color café claro a oscuro y se localiza en el interior de las bolsas de seda, pero en algunos casos pueden estar bajo la corteza o en el suelo (Cibrián *et al.*, 1995; Olivares, 2004).

### 3.2. Ciclo de vida

Filip y Dirzo (1985) describieron los rasgos de *M. incurvum* var. *aztecum*. Presenta una sola generación al año y la eclosión de las primeras larvas se produce los primeros días de febrero, posiblemente regulada por la temperatura o el fotoperiodo. Las larvas, que tienen un comportamiento gregario, comienzan a construir una bolsa que les proporciona refugio. Se presentan cinco estadios larvarios con una duración total promedio de 2 meses. La pupación ocurre durante los últimos días de marzo y se completa en 8 a 23 días. Cuando emergen los adultos, la hembra es fecundada y coloca una sola puesta de huevos. Dos semanas después se desarrolla una larva farada, correspondiente a un estado de diapausa, permaneciendo en el interior de los huevos por un periodo de 8 meses hasta emerger como larva de primer estadio.

Los datos de la duración de cada etapa del ciclo de vida varían entre estudios, según se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Comparación de la duración (en días) de los distintos estadios de *M. incurvum* var. *aztecum*,. Los datos de Hernández (1970) se obtuvieron bajo condiciones de laboratorio, los demás autores no especifican las condiciones en que obtuvieron los datos. N.D.= no existe dato.

Autor	Duración del proceso (días)				
	Huevo	Diapausa	Larva	Pupa	Adulto
Ancona (1930)	240	N.D.	105	23	3-5
Hernández (1970)	240-270	N.D.	46	22	2
Valenzuela (1975)	60-75	200-210	45	20-22	2-4
Olivares (2003)	30-40	240-270	48	8-10	3-5

La mayor frecuencia de emergencia de adultos ocurre durante marzo y abril, tiempo en el que se pueden desplazar para llevar a cabo el apareamiento y la oviposición; son de vuelo crepuscular y fácilmente atraídos a las luces de casa y calles (Cibrián *et al.*, 1995).

### 3.3. Hábitos alimentarios y conducta

*Malacosoma incurvum* se alimenta de diferentes especies del género *Salix* (Salicaceae; como: *S. bonplandiana*, *S. chilensis* Molina, *S. humboldtiana* Willd, *S. babylonica* L., *S. lasiolepis* Benth y *S. mexicana* Seemen, del género *Prunus* (Rosaceae; como *P. persica* y *P. serotina* subsp. *capuli*), así como de fresnos (*Fraxinus* spp., Oleaceae) y el tejocote (*Crataegus pubescens*; Rosaceae) (Riquelme, 1911; Ancona, 1930; Hernández, 1970; Valenzuela, 1975; Rodríguez, 1982; Filip y Dirzo, 1985; Arriola, 1998; Olivares, 2004). Valenzuela (1975) reporta pupas adheridas a romeritos, acelgas, malvas y ortigas.

Sus larvas son defoliadoras y se desplazan y alimentan en grupos durante los primeros estadios (1-3); al principio sólo ingieren el parénquima de las hojas jóvenes o la epidermis de las hojas bien desarrolladas, y sólo es durante el tercer estadio cuando comienzan a alimentarse de las hojas maduras, evitando solamente el peciolo (Ancona, 1930; Filip y Dirzo, 1985). Las hojas son consumidas durante el día y algunas veces durante la noche (Cibrián *et al.*, 1995). Su distancia de desplazamiento se incrementa conforme sus estadios larvales avanzan, alcanzando de 0.6 a 2.5 m en el último estadio (Olivares, 2004).

La cópula de los adultos se efectúa de 12 a 14 h después del nacimiento; la hembra por lo regular muere habiendo tenido una sola oviposición o iniciada la segunda, y los machos mueren unas horas antes que las hembras, siendo el periodo de vida de los adultos de aproximadamente 2-5 días (ver Tabla 3.1). La proporción sexual es de 1.4 machos por cada hembra (Ancona, 1930; Filip y Dirzo, 1985).

Valenzuela (1975) observó que la oviposición se presenta en las ramas delgadas y en la unión de dos ramas y que al ovipositar las hembras evitan las cortezas rugosas características de árboles viejos. Las masas ovígeras se presentan principalmente en la copa, aunque en los árboles jóvenes prefieren el eje central, en medianos y grandes prefieren las ramas primarias y secundarias y, en menor medida, el fuste.

Las bolsas de seda son conspicuas y se sitúan entre las axilas de las ramas o en la copa de los árboles, éstas comienzan a ser construidas en la ramificación basal de la zona de alimentación (Olivares, 2004) hacia el mediodía por grupos de 80 a 100 orugas (Ancona, 1930).

### 3.4. Enemigos naturales

Se han registrado al menos nueve especies de artrópodos depredadores y parasitoides de esta especie pertenecientes a cinco órdenes, los cuales atacan huevos, larvas y pupas (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Lista de enemigos naturales de *Malacosoma incurvum* en México.

Especie o grupo	Tipo	Referencias
<b>Ácaros</b>		
Trombidiidae	Depredador de huevos	Valenzuela (1975)
<b>Himenópteros</b>		
<i>Iserpus coelebs</i> Wash. (Ichneumonidae)	Parasitoide de pupas	Filip y Dirzo (1984)
<i>Ooencyrtus kuvanae</i> Howard. (Eulophidae)	Parasitoide de huevos	Olivares (2004), Jiménez (2008)
<i>Baryscapus</i> sp. (Encyrtidae)	Parasitoide de huevos	Valenzuela (1975), Olivares (2004), Jiménez (2008)
<b>Dípteros</b>		
<i>Leschenaultia</i> sp. (Tachinidae)	Parasitoide de pupas	Filip y Dirzo (1984)
Tachinidae	Parasitoide de larvas	Olivares (2004)
<b>Coleópteros</b>		
Dermestidae	Depredador de pupas	Olivares (2004)
<b>Hemípteros</b>		
<i>Stenomacra marginella</i> Herrich-Schaeffer. (Pyrrhocoridae)	Depredador de larvas	Filip y Dirzo (1984)
<i>Zelerus</i> sp. Reduviidae)	Depredador de larvas	Filip y Dirzo (1984)

Las especies del género *Malacosoma* también son susceptibles a una variedad de enfermedades causadas por virus, protozoos, hongos y bacterias (Clark, 1955; Meeker, 2001); en particular, se conoce que el virus de la polihedrosis nuclear es un factor importante de la mortalidad de las larvas en Xochimilco (Filip y Dirzo, 1985).

#### IV. HISTORIA NATURAL DE *Salix bonplandiana*

*Salix bonplandiana* (Kunth) (Salicaceae) es un árbol conocido comúnmente como sauce, aguejote, ahuejote y huejote que ha sido descrito en detalle por Vázquez-Yanes *et al.* (1999). Son árboles monoicos perennifolios o caducifolios de 6-10 y hasta 15 m de altura que tienen una copa columnar y estrecha con hojas simples, ramas abundantes y corteza rugosa café oscura a negruzca. Florece y fructifica prácticamente todo el año y es polinizado por un amplio espectro de insectos. Es una especie de rápido crecimiento y llega a vivir entre 20 y 30 años. (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Se encuentra en ambientes riparios a orillas de canales, zanjas y arroyuelos de zonas de clima templado y suelos ácidos y húmedos.

Es una planta nativa del Valle de México y es típica del paisaje lacustre del sureste de la Ciudad de México. Se distribuye en los estados de: Baja California Sur, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Ciudad de México, Durango, Guanajuato Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas, en un intervalo altitudinal de 1,200 a 2,500 m (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

Entre los usos que esta especie tiene se mencionan los siguientes (Valenzuela, 1975; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999): es maderable, sus ramas se usan en la cestería, se planta con fines de reforestación, pero sobre todo para la construcción de “chinampas” como rompevientos, protege a los cultivos contra el efecto del granizo y las tormentas, retiene el suelo y la humedad; además, su presencia en las zonas chinamperas del Valle de México mejora la arquitectura del paisaje.

El ahuejote tiene como enemigos naturales a *Aculops tetranoyhris* Nalepa (Acari: Eriphyidae), las chinches *Stenomacra marginella* (Hemiptera: Pyrrhocoridae), el gusano de bolsa, el gusano medidor *Hylaea punctillaria* Schaus (Lepidoptera: Geometridae), las orugas de la palomilla *Paranthrene dollii* Neumoegen (Lepidoptera: Sesiidae), el pulgón gigante *Tuberolachnus salignus* Gmelin (Homoptera: Aphididae) y, en menor proporción, caracoles y babosas. Asimismo son infestadas por la planta parásita conocida como muérdago *Cladocolea loniceroides* (Tiegh.) Kuijt (Loranthaceae), que le

provoca un importante debilitamiento (Martínez y Chacalo, 1994; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

Por otra parte, se reportó que *S. bonplandiana* sostiene la vida de al menos 23 especies de artrópodos que buscan en su copa alimento o resguardo (Estrada-Venegas, 2011).

## V. SITIO DE ESTUDIO

### 5.1. Localización, clima y suelos

El Parque Ecológico de Xochimilco (PEX; 215 ha, 19° 17' 39" N, 99° 5' 39" O, 2239 m s.n.m.) se localiza al norte de la delegación Xochimilco, cuenta con 215 ha y forma parte del Área Natural Protegida (ANP) “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” (SMA, 2003; Figura 5.1).

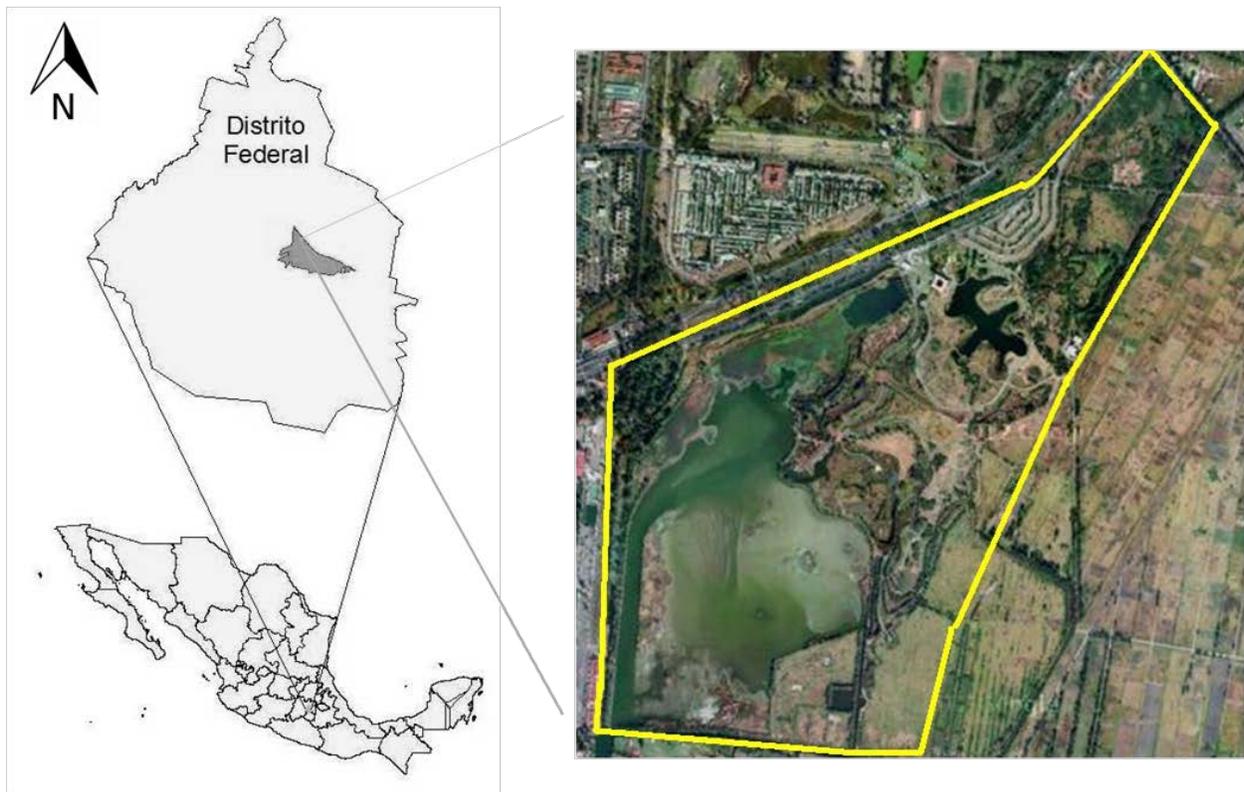


Figura 5.1. Localización del Parque Ecológico Xochimilco dentro del ANP “Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” (sombreado en gris).

Su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, cuya temperatura media anual varía entre 12° y 18°C y pueden llegar a presentarse heladas de noviembre a enero [C(w2)(w)b(i'); García, 1988]. La precipitación media anual es de 620 mm y las lluvias más abundantes se presentan entre junio y septiembre (INEGI, 2005). Durante la mayor parte del año los vientos dominantes provienen del norte y noreste, mientras que

de noviembre a febrero dominan los vientos del sureste, con una velocidad promedio de 10 km/h (GDF, 2006).

El ANP se ubica en la provincia fisiográfica del Eje Volcánico Transversal, en la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac (Rzedowski, 2006). El origen y formación geológica de la región lacustre se remonta a finales del terciario superior y principios del cuaternario, con suelos son predominantemente lacustres y palustres de composición geológica diversa (GDF, 2006); de acuerdo con el sistema FAO-UNESCO, pertenecen a los tipos Phaeozem háplico (Hh) y gléyico (Hg), Histosol eútrico (Oe), Solonchak mólico (Zm) y Andosoles mólicos (Ao) (INEGI, 2005).

## 5.2. Vegetación y biota

La vegetación natural encontrada se puede dividir en tres tipos (GDF, 2006):

(1) *Halófila*, que se distribuye en zonas propensas a inundaciones someras, en suelos salinos, alcalinos y mal drenados; consiste en un pastizal bajo y denso en el que dominan las gramíneas (Poaceae).

(2) *Acuática y subacuática*, que se encuentra en los cuerpos de agua permanentes, entre los que destacan los tulares (Typhaceae) y la vegetación flotante está integrada por capas delgadas y densas de lentejilla (Lemnaceae) y lirio acuático (Pontederiaceae).

(3) *Terrestre o riparia*, que se establece a la orilla de los canales y está conformada por diferentes especies de árboles, como ahuejotes (Salicaceae) y ahuehetes (Taxodiaceae), acompañados por el chapulixtle (*Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.; Sapindaceae), araucaria (*Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco; Araucariaceae), casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.; Casuarinaceae) y eucalipto (*Eucalyptus* spp.; Myrtaceae).

### **5.3. Servicios ambientales**

El sistema lacustre “Ejidos Xochimilco y San Gregorio Atlapulco” (dentro de la cual se encuentra el PEX) es una zona sujeta a conservación ecológica, decretada como sitio RAMSAR, y se encuentra dentro de la zona de monumentos históricos y patrimonio mundial cultural y natural Inscrito por la UNESCO (SMA, 2003).

El PEX cuenta con cuerpos de agua, lagos, ciénegas, canales, áreas destinadas para refugio de fauna, zonas recreativas, así como áreas en las que se realizan actividades de restauración ecológica, investigación hidrológica, botánica productiva y cultural (CONANP, 2010). Su objetivo principal son las actividades turísticas y de esparcimiento, y cuenta con un Centro de Educación Ambiental y de información sobre las tradiciones xochimilcas en cultivo chinampero, cuidado y protección de los recursos naturales, un jardín botánico y una reserva natural de aves (SEMARNAT, 2003).

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Altura y orientación de ovipuestas y nidos

En noviembre de 2012, en un sitio al noroeste del PEX en el cual se encuentra también la especie *Taxodium mucronatum* Ten. (Pinales: Taxodiace), se seleccionaron 40 árboles de *S. bonplandiana* (aproximadamente el 25% con presencia de *Cladocolea loniceroides*), a cada uno de los cuales se midió la altura. En cada uno de ellos se contabilizó el número de ovipuestas, así como la orientación y altura de cada una de ellas. Por otro lado, al inicio de la temporada de establecimiento de los refugios (en enero de 2013) se contabilizó, en estos mismos, el número de nidos, así como la orientación y altura de cada uno de ellos.

### 6.2. Variación temporal del tamaño de los nidos y de la comunidad de artrópodos asociados

En noviembre de 2012 se colectaron 32 ovipuestas de las cuales se extrajeron y contabilizaron los organismos presentes en ellas, también se contabilizó el número de huevos y sus dimensiones.

Mensualmente (de enero a junio de 2013), se eligieron 15 nidos de *M. incurvum*, seleccionados al azar, a lo largo del PEX entre las 9:00 y 12:00 h, cuyo volumen se determinó con base en tres medidas (largo, ancho y profundidad).

Los nidos se envolvieron en su totalidad en bolsas de plástico evitando el desplazamiento de organismos y se cortaron las ramas en los que éstos se insertaban. Los nidos fueron trasladados al laboratorio para la extracción manual de la fauna (artrópodos  $\geq 2$  mm de longitud corporal) sobre una charola de disección. Posteriormente, se examinó el nido con ayuda de un microscopio estereoscópico a diferentes aumentos para extraer la micro y mesofauna, los cuales se colocaron en frascos con alcohol al 70% para su posterior identificación taxonómica.

Se obtuvo el peso fresco del nido y, posteriormente, se separaron los componentes en dos grupos: (1) tejidos aportados por las orugas (seda + exuvias +

pastillas fecales), y (2) elementos vegetales (ramas, hojas y otros materiales de sostén o anclaje). Se registró el peso fresco de cada uno de estos componentes y el peso seco de las muestras se obtuvo al someterlos a temperatura constante de 40°C durante 10 días.

### **6.3. Variación diurna de la temperatura en los nidos**

De enero a junio de 2013, se eligió mensualmente un nido (a excepción del 3 de marzo en el cual se registraron temperaturas de dos nidos distintos) de *M. incurvum*. Se registró la temperatura interna y de manera simultánea se registró la temperatura exterior del aire a una distancia de 1 a 3 cm fuera del nido cada 30 min de las 10:30 hasta 18:00 h con un termohigrómetro modelo AT-1 de RadioShack.

### **6.4. Análisis de datos**

Para evaluar el esfuerzo de colecta de artrópodos se utilizó EstimateS v. 9.1, para construir una curva de acumulación de morfoespecies, se obtuvo la ecuación de Clench, como:

$$S = a * n / (1 + b * n)$$

según este modelo la probabilidad de añadir nuevas especies aumentará (hasta un máximo) conforme más tiempo se pase en campo, la relación  $a/b$  nos permite conocer el número total teórico de especies (Soberón y Llorente, 1993).

Para conocer la diversidad de la comunidad de artrópodos asociados a los nidos de *M. incurvum* se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) para cada mes de colecta usando la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum p_i (\log_{10} p_i)$$

donde:  $p_i$  es la proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base del número de especies presentes y su abundancia relativa. Este índice es ampliamente utilizado

debido a dos propiedades: (1)  $H' = 0$  si y sólo si existe una sola especie en el nido, y (2) este índice toma su valor máximo sólo cuando hay una distribución uniforme de las abundancias (Ludwig y Reynolds, 1988).

Se calculó la equidad de Pielou para cada fecha de colecta con la finalidad de obtener la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

Para conocer si la diferencia en la composición de especies está relacionada con la fecha de colecta, se comparó la frecuencia de los órdenes de artrópodos más abundantes en cada fecha por medio de una prueba de  $\chi^2$  con tablas de contingencia. En caso de resultar significativa, se hizo la prueba post-hoc de residuos estandarizados, la cual permite determinar si las frecuencias observadas son significativamente mayores o menores a los datos esperados por azar (Siegel y Castellan, 1995).

Con el fin de averiguar si existía un efecto de la altura del árbol sobre el número de ovipuestas y nidos, se llevó a cabo un análisis de correlación entre las variables antes mencionadas, los datos discretos se transformaron previamente como  $\sqrt{(x + 0.5)}$  (Zar, 2010).

Para evaluar si existía una orientación preferencial de nidos y ovipuestas se calculó una prueba de Rayleigh ajustada con una distribución  $Z$ , asumiendo que la orientación de ovipuestas y nidos siguen una distribución uniforme (Zar, 2010). Con los datos se obtuvieron histogramas circulares de frecuencia y se calculó la moda, media y el error estándar angular tanto para las ovipuestas como para los nidos de *M. incurvum*. Posteriormente, se llevó a cabo la prueba de Watson-Williams para conocer si la orientación es significativamente diferente entre las ovipuestas y nidos (Zar, 2010). La realización de la estadística circular se efectuó en el programa ORIANA version 4.0 (Kovach, 2011).

El volumen de los nidos ( $V$ ) se obtuvo utilizando la fórmula de un elipsoide:

$$V = \frac{4}{3} \pi abc$$

donde:  $a$ ,  $b$  y  $c$  son el largo, el ancho y la profundidad de éstos.

Se realizó un análisis de correlación entre el volumen de los nidos y el índice de diversidad de Shannon-Wiener, la riqueza específica y la abundancia. Por tratarse de variables discretas los datos se transformaron previamente con  $\sqrt{(x + 0.5)}$  (Zar, 2010). También se hizo un ANOVA de una vía para conocer el efecto de la fecha de colecta sobre el volumen del nido y posteriormente se llevó a cabo una prueba *post-hoc* de Tukey.

Con la finalidad de saber si había un efecto de la fecha de colecta y la fuente de los materiales sobre el peso seco de los nidos, se realizó un ANOVA de dos vías, las diferencias significativas fueron analizadas con una prueba *post-hoc* de Tukey para identificar los grupos homogéneos.

Para conocer el comportamiento de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) fuera y dentro del nido se realizaron gráficas por cada fecha de colecta.

## VII. RESULTADOS

### 7.1. Fauna asociada a los nidos

La curva de acumulación de morfoespecies construida con 105 muestras tiende a la asíntota sin alcanzarla, el número total teórico de especies  $a/b = 104$  indica que para obtener un muestreo completo hizo falta la captura de seis especies más. Se obtuvo un valor de  $R^2 = 0.983$  lo cual indica un esfuerzo de muestreo aceptable (Fig.7.1).

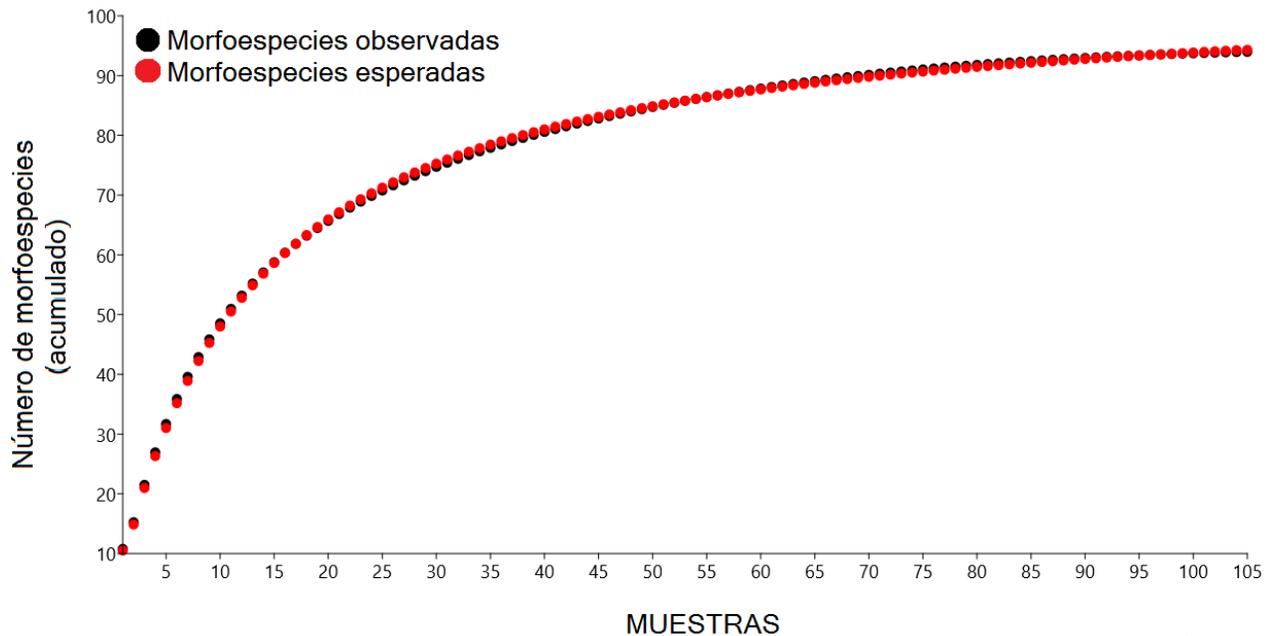


Figura 7.1. Curva de acumulación de morfoespecies obtenida a partir de 105 muestras.

Se encontraron 7,540 ejemplares de artrópodos asociados a los 105 nidos. Estos artrópodos pertenecen a 94 morfoespecies (Tabla 7.1) agrupadas en 16 órdenes: Collembola, Hemiptera, Coleoptera, Araneae, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera, Acari, Homoptera, Neuroptera, Psocoptera, Zygentoma, Thysanoptera, Pseudoscorpionida, Isopoda y Dermaptera. Los más abundantes fueron los colémbolos (5,286 ejemplares; 70.1%), seguido de los hemípteros (473 ejemplares; 6.3%) y los coleópteros (466 ejemplares; 6.2%) (Fig. 7.2). El orden que aportó la mayor riqueza de morfoespecies fue Coleoptera (con 22 especies; 23.4%), seguido de Araneae (18 especies; 19.1%) y Hemiptera (14 ejemplares; 14.9%) (Fig. 7.3).

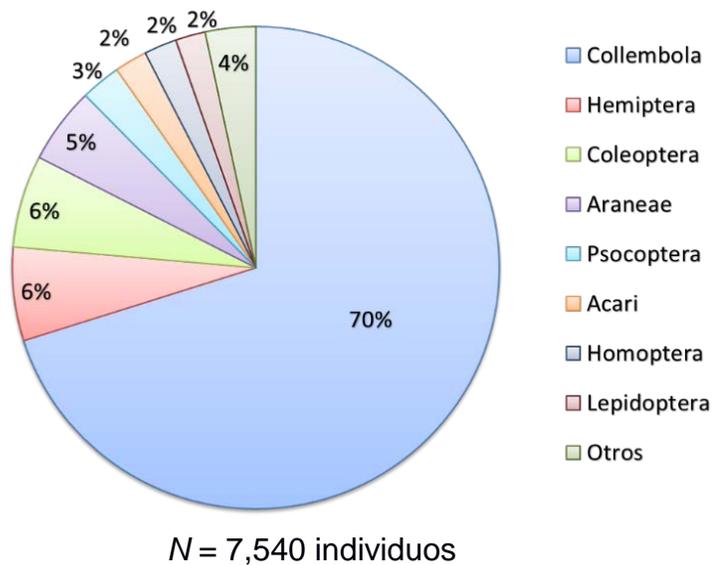


Figura 7.2. Abundancia relativa de cada orden de artrópodos presentes en una muestra de 105 nidos de *Malacosoma incurvum* colectados en el Parque Ecológico de Xochimilco durante el periodo de enero a julio de 2013. (Total: 7,540 organismos).

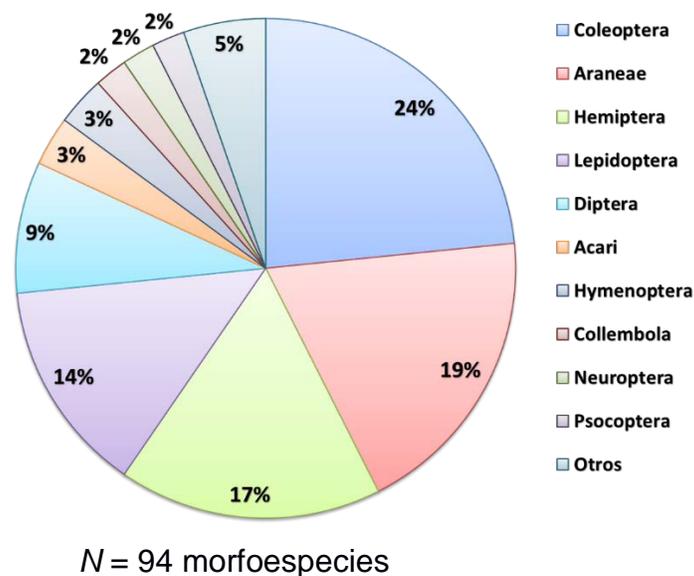


Figura 7.3. Riqueza de morfoespecies de artrópodos registrados en 105 nidos de *Malacosoma incurvum*.

En la Tabla 7.1 se muestran los organismos encontrados en los nidos de *M. incurvum*. Se identificaron a nivel de familia 53 de un total de 94 morfoespecies. Se

identificó el tipo de alimentación de acuerdo con Shear (1986), Morón (2003) y Triplehorn y Johnson (2005). Los depredadores están representados por 29 morfoespecies seguido de los fitófagos con 27, omnívoros con 6, parasitoides con 4, detritívoros y micófagos con 2, saprófagos con 1 y 6 morfotipos que presentan más de un tipo de alimentación (Fig. 7.4).

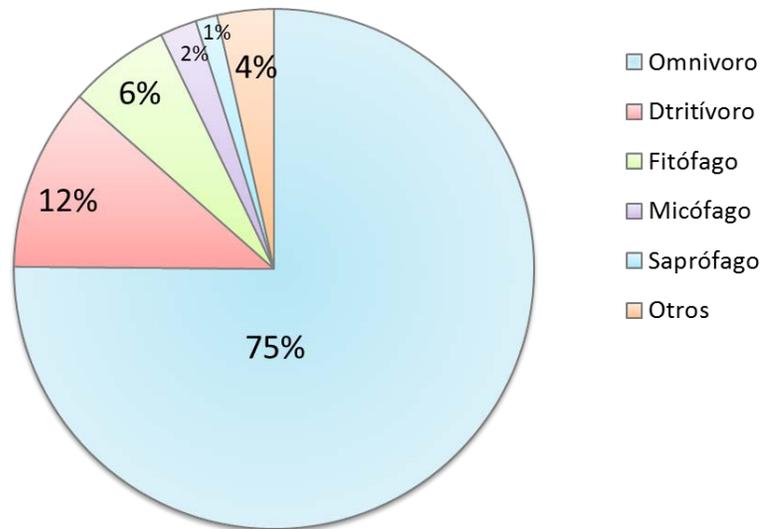


Figura 7.4. Gremios de los artrópodos presentes en 105 muestras.

Se encontraron 26 morfoespecies con individuos en estado adulto, 13 en estado de larva, una morfoespecie en estado pupal y una de juvenil. También se identificaron las mismas morfoespecies en diferentes etapas de vida, adulto y larva en seis morfoespecies, adulto y pupa así como larva y pupa en dos, sin embargo, lo más frecuente fue encontrar adulto y juvenil (31 morfoespecies) (Fig. 7.6).

La frecuencia registrada para cada orden de artrópodos fue significativamente diferente para cada fecha de colecta ( $\chi^2 = 3755.8$ , g.l.= 30,  $P < 0.0001$ ; fig. 7.5)

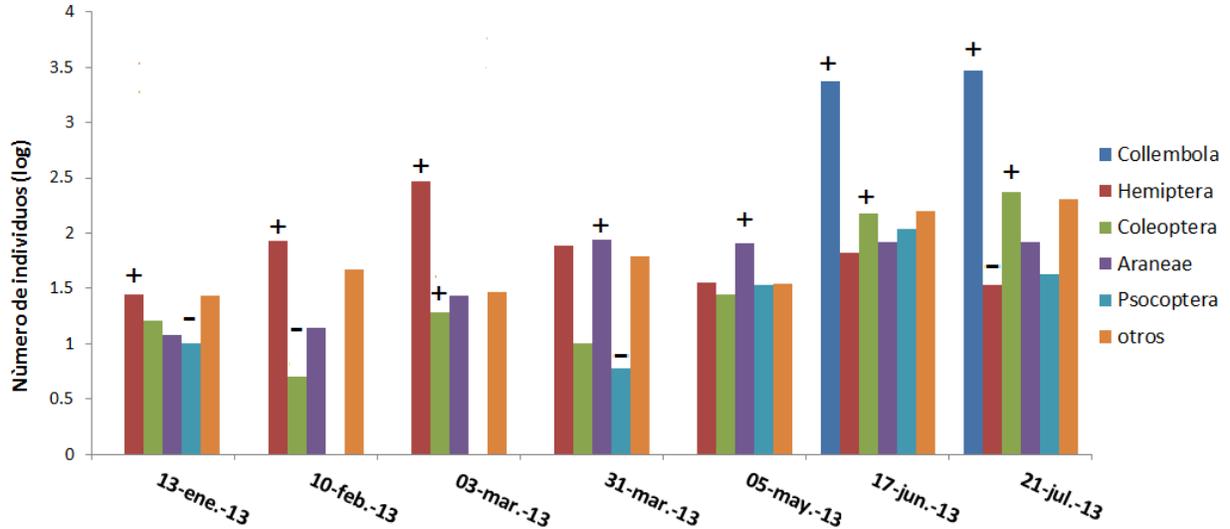


Figura 7.5. Comparación de las frecuencias registradas para los órdenes más abundantes en cada fecha de colecta. Los signos indican una frecuencia significativamente menor o mayor a lo esperado  $P < 0.05$ .

Hubo un efecto significativo de la fecha de colecta sobre la abundancia promedio de individuos por nido ( $F_{98,6} = 78.76$ ,  $P < 0.001$ ; Fig. 7.7A), y el número de morfoespecies promedio por nido ( $F_{98,6} = 90.53$ ,  $P < 0.001$ ; Fig. 7.7B) y sobre el índice de diversidad de Shannon-Wiener asociado al ensamblaje que alberga cada nido ( $F_{98,6} = 20.61$ ,  $P < 0.001$ ; Fig. 7.8). En la última fecha de colecta se registraron más individuos, así como un mayor número de especies por nido, en tanto que el índice de diversidad promedio más alto ( $1.89 \pm 0.1$ ) se obtuvo a principios de mayo (Fig. 7.8), fecha en la que los nidos ya habían sido abandonados por las orugas de *M. incurvum*, empezaban su desintegración y éstos albergaban una gran acumulación de materia orgánica (exuvias y pastillas fecales).

Tabla 7.1. Lista de familias encontradas en 105 nidos de *M. incurvum* en el Parque Ecológico de Xochimilco. Clasificación basada en Shear (1986), Brusca y Brusca (2003), Morón (2003) y Triplehorn y Johnson (2005).

Grupo (abundancia relativa)	Familia	Estadios	Morfo-spp.	Alimentación
S.0ubphylum Crustacea				
Clase Malacostraca				
Orden Isopoda (0.3%)	Porcellionidae		1	SA/CO
Subphylum Hexapoda				
Clase Entognatha				
Orden Collembola (70.1%)	Entomobrydae		2	OM
Clase Insecta				
Orden Coleoptera (6.2%)	Anobidae	A	1	FI
	Bruchidae	A	1	FI
	Cantharidae	A	1	OM
	Cerylonidae	A	1	MI
	Cleridae	A/L	1	DE
	Coccinellidae	A/L	3	DE
	Crysolmelidae	A	1	DE/FI
	Curculionidae	A	2	FI
	Elateridae	A	1	FI
	Escaphidiidae	A	1	SA
	Latridiidae	A	1	MI
	Nitidulidae	A	1	DE/SA
	Scirtidae	A	1	FI/SA
	Sin identificar	A	1	-
	Tenebrionidae	A	2	DET
	Trogossitidae	A	1	DE
Orden Dermaptera (0.7%)	Forficulidae	A	1	OM
Orden Diptera (0.7%)	Curtonotidae	A	1	FI
	Empididae	A	1	DE
	Sin identificar	A	2	-
	Sin identificar	L	-1	-
	Sin identificar	P	-1	-
	Tachinidae	A/P	2	PA
Orden Hemiptera (6.2%)	Anthocoridae	A/J	5	DE
	Largidae			
	( <i>Stenomacra marginella</i> )	A/J	1	DE
	Lasiochilidae	A/J	1	DE
	Sin identificar	J	1	-
	Miridae	A/J	1	DE/FI
	Tingidae	A/J	1	FI
Orden Homoptera (2.16%)	Aphididae	A/J	3	FI
	Pseudococcidae	A/J	1	FI
Orden Hymenoptera (0.4%)	Bethylidae	A	1	PA
	Encyrtidae	A	1	PA
	Formicidae	A	1	DE/FI

Tabla 7.1. (Continúa).

Grupo (abundancia relativa)	Familia	Estadios	Morfo-spp.	Alimentación <sup>1</sup>
Orden Lepidoptera (2%)	Lymantriidae	L	1	FI
	Gelechiidae	L/P	2	FI
	Noctuidae	L	1	FI
	Sin identificar	L	10-	FI
Orden Neuroptera (0.2%)	Crysopidae	A/L	1	DE
	Hemerobiidae	A/L	1	DE
Orden Psocoptera (2.7%)	Asiopsocidae	A/J	1	OM
	Liposcelidae	A/J	1	OM
Orden Thysanoptera (0.8%)	Thripidae	-	1	OM
Orden Thysanura (0.01%)	Lepismatidae	A	1	SA
Subphylum Cheliceriformes				
Clase Chelicerata				
Orden Acari (2.2%)	Tenuipalpidae	-	1	FI
	Tetranychidae	-	1	FI
	Tydeidae	-	1	OM
Orden Araneae (5.1%)	Anyphaenidae	A/J	3	DE
	Dictynidae	A/J	2	DE
	Gnaphosidae	A/J	3	DE
	Miturgidae	A/J	1	DE
	Philodromidae	A/J	1	DE
	Prodidomidae	A/J	2	DE
	Salticidae	A/J	3	DE
	Theridiidae	A/J	1	DE
	Thomisidae	A	1	DE
Orden Pseudoescorpionida (0.2%)	Chernetidae	-	1	DE

<sup>1</sup>CO = Coprófago, DE = Depredador, DET = detritívoro FI = Fitófago, MI = Micófago, OM = Omnívoro, PA = Parasitoide, SA = Saprófago. A = Adulto, J = Juvenil, L = Larva, P = Pupa.

## 7.2. Fauna asociada a las ovipuestas

Se extrajeron 543 ejemplares presentes en las ovipuestas, los cuales pertenecen a tres morfoespecies: una avispa parasitoide (Hymenoptera: Encyrtidae) (522 ejemplares, 96.13%), un coleóptero (Coleoptera: Cleridae) (12 ejemplares, 2.21%) y un pseudoescorpión (Pseudoescorpionida: Chernetidae) (9 ejemplares, 1.66%) (Fig. 7.9). De las 32 ovipuestas analizadas el 12.5% registró presencia externa de depredadores

(pseudoescorpiones), 25% mostró presencia de parasitoides (avispas) y un 15.62% presencia de larvas de Cleridae.

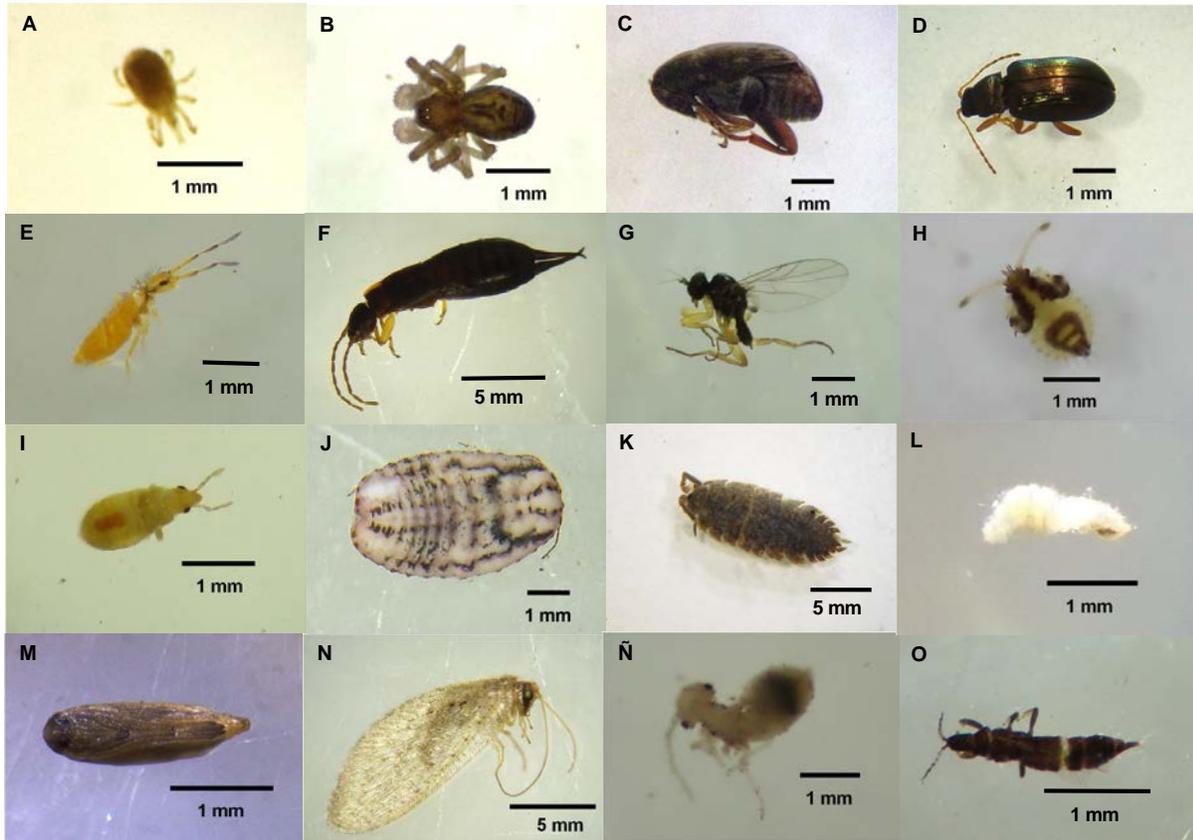


Figura 7.6. Ejemplos de organismos encontrados dentro de los nidos de *Malacosoma incurvum* en el Parque Ecológico de Xochimilco durante el periodo de enero a julio de 2013. **A.** Acari. **B.** Araneae. **C** y **D.** Coleoptera. **E.** Collembola. **F.** Dermaptera. **G.** Diptera. **H-I.** Hemiptera. **J.** Homoptera. **K.** Isopoda. **L-M.** Lepidoptera. **N,** Neuroptera. **Ñ.** Psocoptera y **O** Thysanoptera.

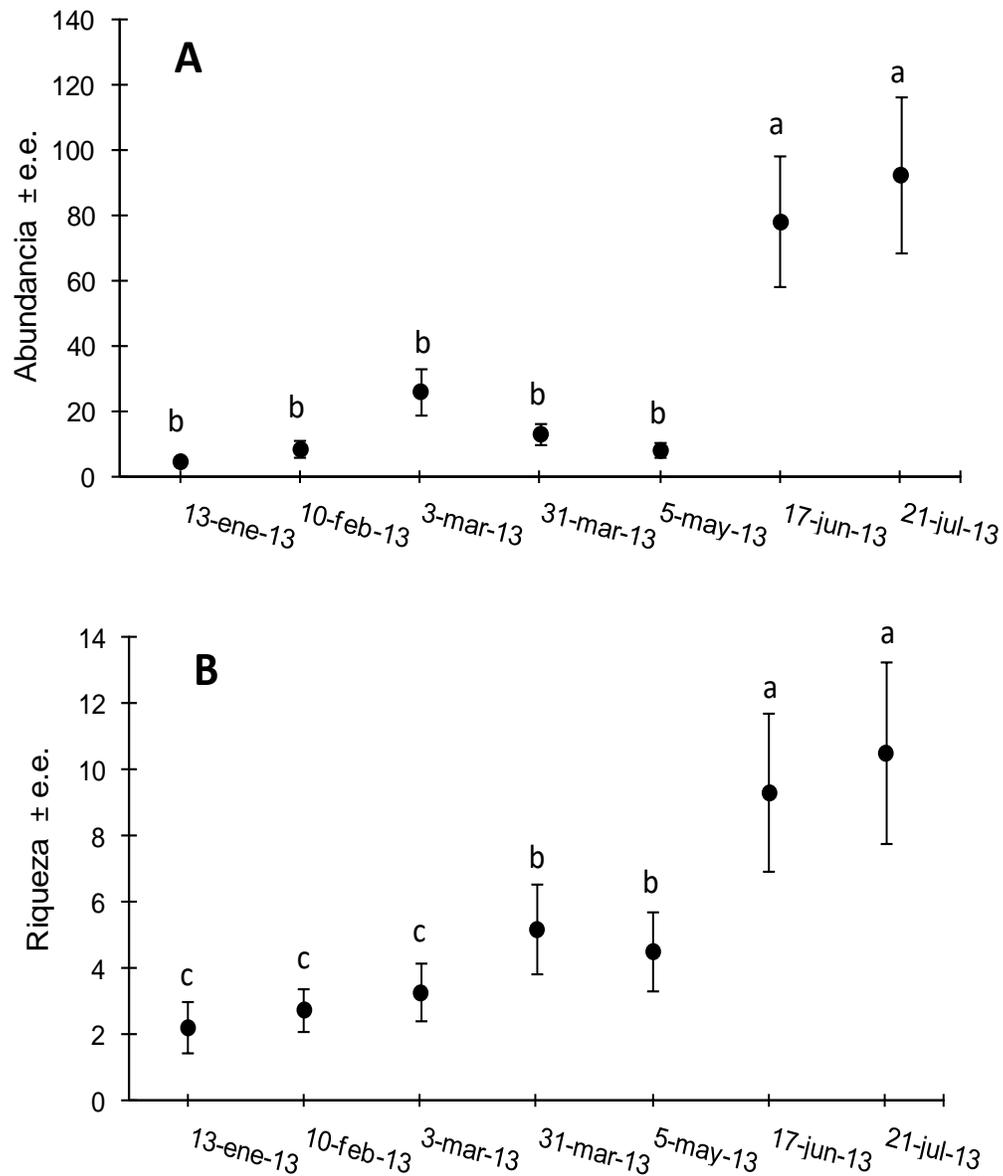


Figura 7.7. Variación temporal de: **A**. Abundancia promedio de ejemplares por nido y de **B**. Número de morfoespecies promedio por nido de artrópodos asociados a los nidos de *Malacosoma incurvum* en el Parque Ecológico de Xochimilco durante el periodo de enero a julio de 2013. Letras diferentes denotan diferencias significativas con  $P < 0.05$  (prueba de Tukey).  $n = 15$  en todos los casos.

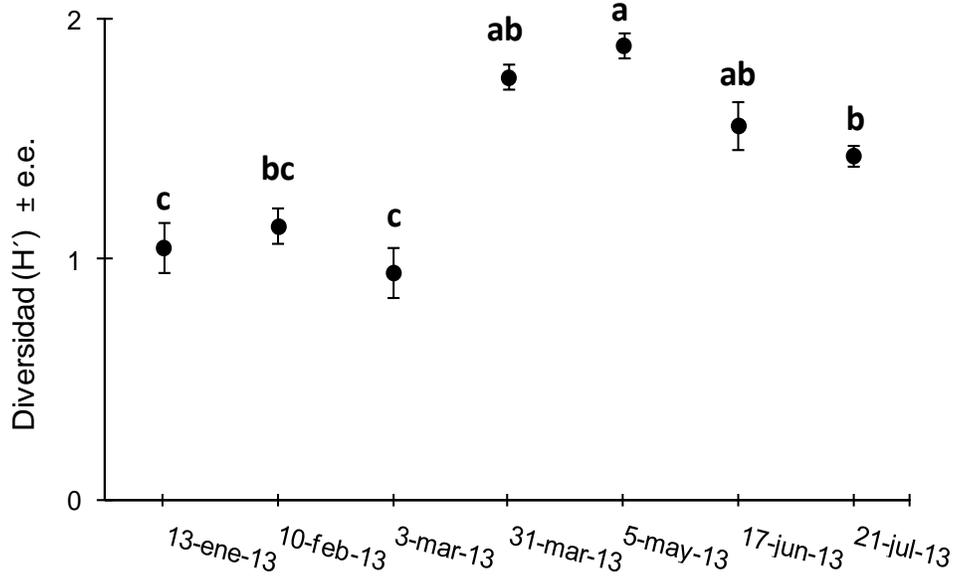


Figura 7.8. Variación temporal del índice de diversidad  $H'$  de artrópodos asociados a nidos de *M. incurvum* en el Parque Ecológico de Xochimilco. Letras diferentes denotan diferencias significativas con  $P < 0.05$  (prueba de Tukey),  $n = 15$  en todos los casos.



Figura 7.9. Artrópodos encontrados en ovipuestas de *Malacosoma incurvum* colectadas en el Parque Ecológico Xochimilco en noviembre de 2012. **A.** Avispa parasitoide (Hymenoptera: Encyrtidae). **B.** Seudoescorpión depredador (Pseudoescorpionida: Chernetidae). **C.** Larva de un escarabajo depredador (Coleoptera: Cleridae).

### 7.3. Altura y orientación de ovipuestas y nidos

Los árboles seleccionados presentaron un promedio de altura de  $4.9 \pm e.e. 0.19$  m (intervalo: 2.7—8.6 m;  $N = 40$ ). En ellos se encontraron 522 ovipuestas y 413 nidos a un

promedio por árbol de  $13.1 \pm \text{e.e. } 1.5$  ovipuestas (intervalo: 1—38;  $N = 40$ ) y  $10.3 \pm 1.0$  nidos (intervalo: 0—24;  $N = 40$ ).

Se observó que las hembras de *M. incurvum* muestran una preferencia por ovipositar en los árboles de *S. bonplandiana* que sobre *Taxodium mucronatum*. Asimismo, los muérdagos, *Cladocolea loniceroides*, asociados a los ahuejotes no eran utilizados como sitios de oviposición ni sus hojas eran utilizadas como alimento por las larvas.

El área ocupada por las ovipuestas fue de  $44.57 \pm 1.11 \text{ mm}^2$  (intervalo: 35.7—62.5  $\text{mm}^2$ ;  $n = 32$  ovipuestas), dentro de las cuales cada huevo mostró una altura de  $1.2 \pm 0.02 \text{ mm}$  (intervalo: 1.02—1.38 mm) y un diámetro de  $0.68 \pm 0.01 \text{ mm}$  (intervalo: 0.37—0.88 mm) ( $n = 160$  huevos). Cada ovipuesta contiene  $190.6 \pm 7.6$  huevos (intervalo: 90—253 huevos;  $n = 32$  ovipuestas). Se calcula que cada árbol sostiene en promedio 2,501 huevos de *M. incurvum*.

No hubo una correlación significativa entre la altura del árbol y el número de ovipuestas ( $r = 0.121$ , g.l. = 38,  $P = 0.46$ ), pero sí entre el número de nidos y la altura del árbol, la cual fue positiva ( $r = 0.405$ , g.l. = 38,  $P = 0.009$ ).

La orientación de ovipuestas registrada en noviembre de 2012 ( $n = 522$ ) fue preferencialmente hacia el suroeste con una media angular de  $114.46 \pm \text{e.e. } 5.39$  (este-sureste), moda angular:  $180^\circ$  (sur), prueba de Rayleigh:  $Z = 53.54$ , g.l. = 521,  $P < 0.05$ . Los nidos registrados en marzo de 2013 presentaron igualmente un establecimiento preferencial hacia el suroeste ( $n = 413$ ) con una media angular de  $113.18 \pm 10.54$  (este-sureste); moda angular:  $120^\circ$  (sur-sureste) (prueba de Rayleigh  $Z = 14.53$ , g.l. = 412,  $P < 0.05$ , Fig. 7.10).

La orientación de ovipuestas y nidos no difiere entre sí (prueba de Watson-Williams:  $F_{1, 933} = 0.182$ ,  $P = 0.67$ ).

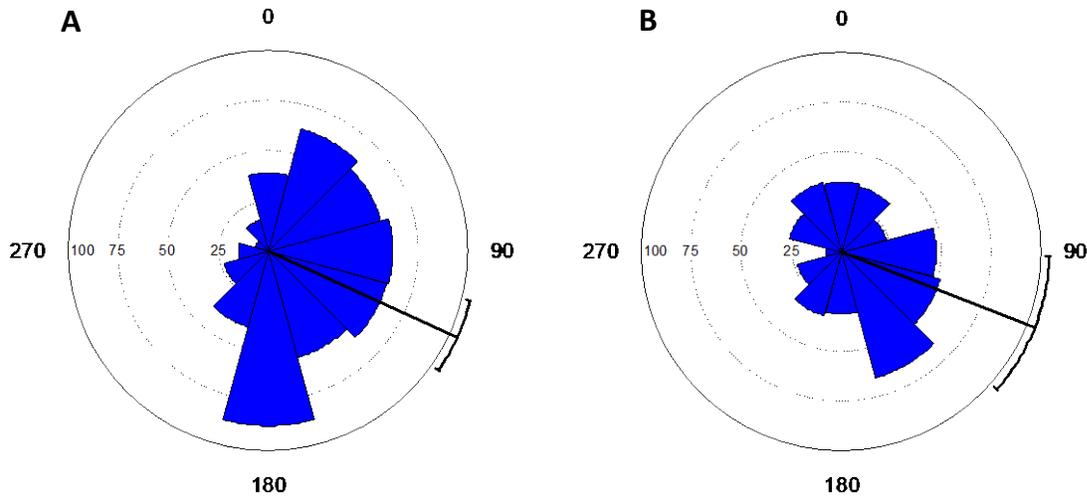


Figura 7.10. Frecuencia a la que se orientan **A)** ovipuestas  $114.46 \pm e.e. 5.39$ ; prueba de Rayleigh  $Z = 53.54$ , g.l. = 521,  $P < 0.05$ ,  $n = 522$  **B)** Nidos  $113.18 \pm 10.54$ , prueba de Rayleigh  $Z = 14.53$ , g.l. = 412,  $P < 0.05$ ,  $n = 413$ .

#### 7.4. Variación de la temperatura

La variación de temperatura respecto a la fecha y la ubicación del registro (dentro y fuera del nido) (Fig. 7.11) mostró un comportamiento similar, ya que la temperatura del nido depende del ambiente. Sin embargo, el comportamiento de la temperatura a lo largo del día muestra como en las primeras horas del registro ésta incrementa tanto en el interior del nido como en el exterior, y alrededor de las 16:00 h la temperatura en el exterior del nido desciende más respecto al interior. El registro de febrero mostró que hay una temperatura más baja dentro del nido en horas cálidas y más alta en horas frías. Los registros del 3 de marzo, fecha en la cual las orugas alcanzan sus últimos estadios, presentan la mayor diferencia de temperatura teniendo en el interior hasta  $4^{\circ}\text{C}$  más que el exterior (17:30 h), 5 de mayo: el nido es más fresco en las primeras horas, más cálido al final del día, no se observaron diferencias de temperaturas entre el interior y el exterior del nido mayores a  $2^{\circ}\text{C}$ . En junio, el nido es ligeramente más fresco durante todo el día y en julio se presentaron temperaturas similares entre el interior y el exterior.

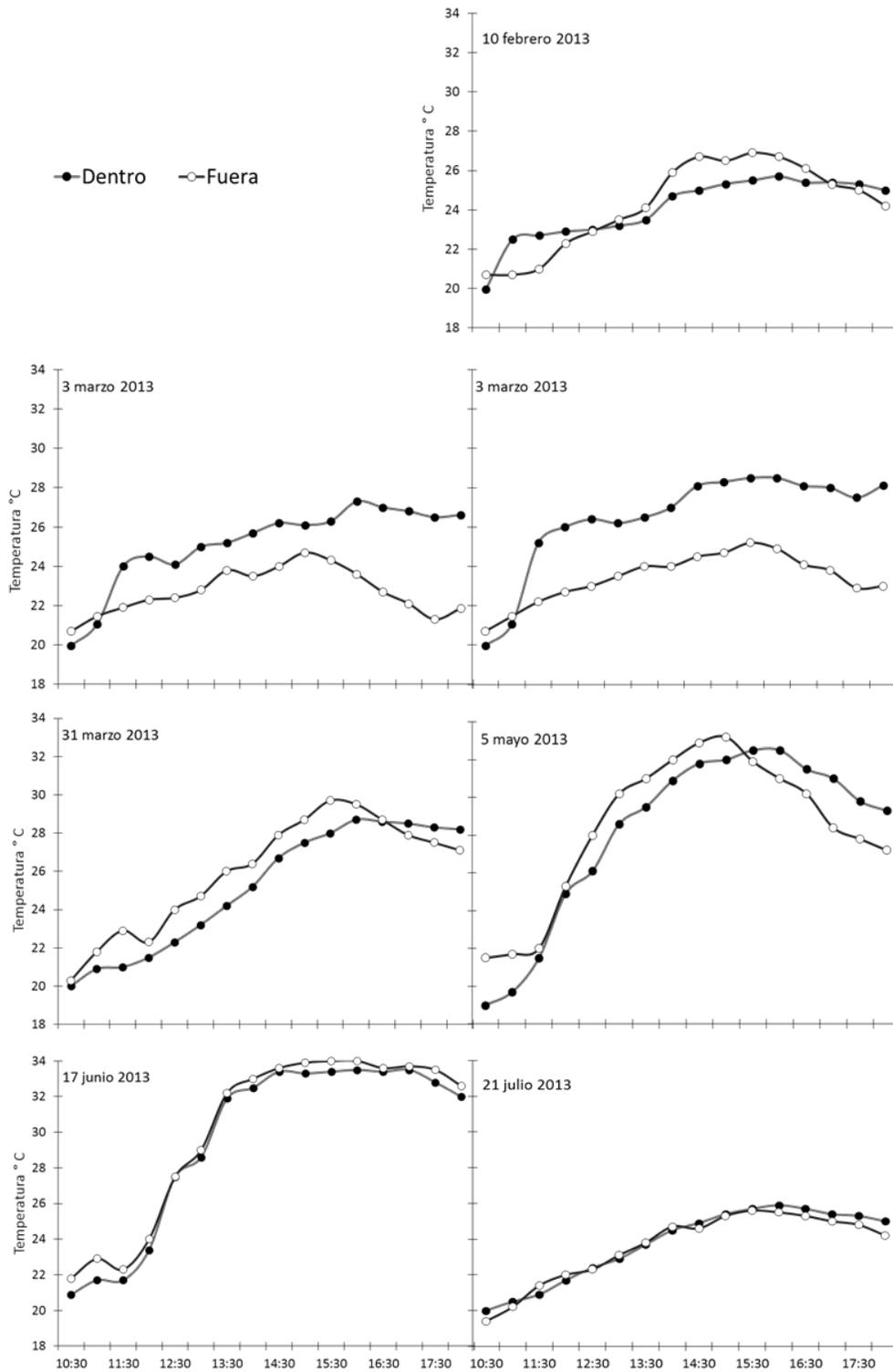


Figura 7.11. Temperaturas registradas dentro y fuera del nido de *Malacosoma incurvum* de las 10:00 a las 18:00 horas en el Parque Ecológico de Xochimilco.

### 7.5. Volumen del nido y componentes estructurales

El volumen de los nidos varió significativamente entre fechas de colecta ( $F_{6,98} = 21.14$ ,  $P < 0.001$ ). Las fechas en las que se colectaron los nidos con un volumen significativamente más grande fueron el 10 de febrero y el 13 de marzo, en tanto que los nidos más pequeños fueron colectados a mediados de enero y a finales de marzo de 2013 (Fig. 7.12). Hubo una correlación negativa y significativa entre el volumen del nido y la abundancia de artrópodos ( $r = -0.26$ , g.l. = 103,  $P = 0.006$ ), al igual que el volumen con la riqueza específica ( $r = -0.38$ , g.l. = 103,  $P < 0.001$ ) y con la diversidad ( $H'$ ) ( $r = -0.34$ , g.l. = 103,  $P < 0.001$ ).

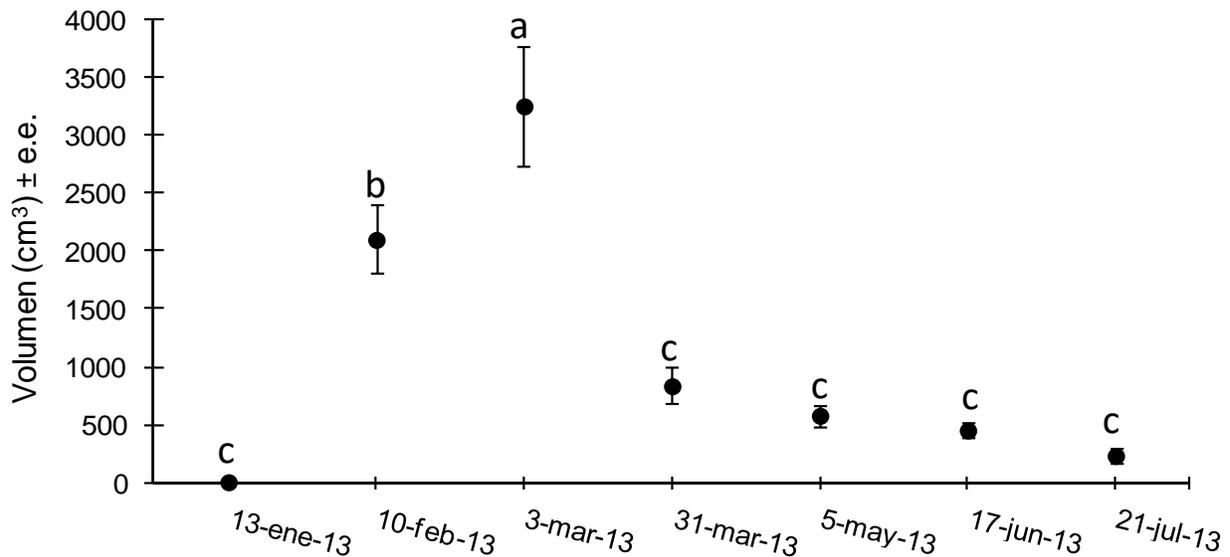


Figura 7.12. Variación del volumen de los nidos de *M. incurvum* sobre *S. bonplandiana* del Parque Ecológico de Xochimilco en distintas fechas de 2013.

Por otro lado, hubo un efecto significativo de la fecha de colecta ( $F_{5, 168} = 8.08$ ,  $P < 0.001$ ), sobre el peso seco de los nidos. El peso de los componentes es significativamente más alto en las primeras tres fechas de colecta (10 de febrero al 31 de marzo) que al final de la temporada (21 de julio). La contribución en peso seco de los materiales aportados por las orugas y de los tejidos pertenecientes a los árboles no

resultado significativamente diferente ( $F_{1, 168} = 2.37$ ,  $P = 0.13$ ) ni de la interacción fecha  $\times$  componente ( $F_{1, 168} = 0.43$ ,  $P = 0.83$ ) (Fig. 7.13).

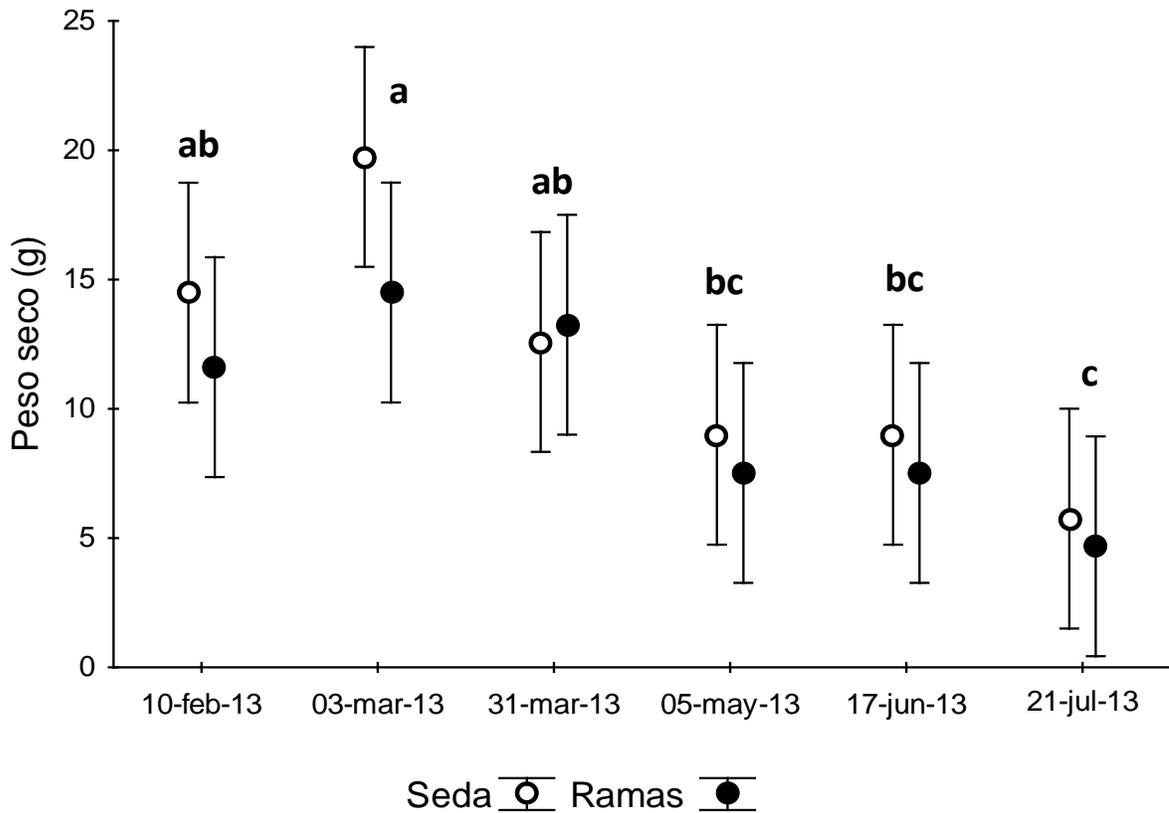


Figura 7.13. Variación temporal del peso seco de los componentes que aportan las orugas y los que aportan los tejidos vegetales a los nidos de *Malacosoma incurvum* en el Parque Ecológico de Xochimilco, las letras diferentes muestran diferencias significativas entre fechas con  $P < 0.05$  (prueba de Tukey)  $N = 90$  nidos.

En la tabla 7.2 se puede observar las variaciones de peso que registraron los principales componentes estructurales de los nidos de *M. incurvum* en el PEX. Destaca que los valores de mayor peso son la seda y las ramas. Respecto al número de orugas y pupas presentes en los nidos debe tomarse en cuenta que en el momento de la colecta del nido las orugas podían estar en sus sitios de alimentación y, como se menciona en la historia natural de la especie, suelen pupar en otras plantas o en el

suelo. Se debe mencionar que en los datos de la primera colecta no se tiene el registro del peso, ya que la báscula que se utilizó no detectaba pesos por debajo de 1 mg.

Tabla. 7.2. Intervalos de peso seco y fresco (g) de los componentes obtenidos de 15 nidos por fecha de colecta así como el intervalo del número de larvas y pupas presentes en los nidos en el Parque Ecológico de Xochimilco.

Fecha colecta	de	No. orugas	No. Pupas	Intervalo peso fresco (g)			Intervalo peso seco (g)		
				Seda	Ramas	Orugas	Seda	Ramas	Orugas
13-ene-13		5-161	0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
10-feb-13		13-92	0-12	4.28-37.89	3.05-31.06	3.77-35.78	4.05-36.43	1.62-21.93	0.59-8.19
03-mar-13		0-49	0-18	3.49-51.89	3.54-63.40	0.12-20.80	2.21-38.43	3.41-34.27	0.07-3.43
31-mar-13		0-5	0-18	3.49-35.89	3.24-32.04	0.30-1.60	3.21-32.43	2.46-17.55	0.08-0.40
05-may-13		0	0-1	5.03-41.48	1.23-83.40	ND	4.62-36.43	1.22-40.36	ND
17-jun-13		0	0	0.94-10.37	0.92-41.49	ND	2.21-10.25	0.87-19.71	ND
21-jul-13		0	0	2.20-15.76	0.37-30.99	ND	1.81-12.88	0.25-17.28	ND

## VIII. DISCUSIÓN

### 8.1. La comunidad de artrópodos asociada a los nidos

Los resultados muestran que los nidos de *M. incurvum* albergan una amplia variedad de artrópodos de diferentes estadios, gremios y órdenes, la colonización de nidos construidos por otras especies tiene una serie de beneficios importantes para los ocupantes; por ejemplo, Sliwinski y Sigmon (2013) discuten que las orugas que habitan nidos que no fueron construidos por ellas tienen un beneficio al obtener refugio disponible y evadir la depredación; por su parte, Cappuccino (1993), Larsson *et al.* (1997) y Lewis (1979) indican que la colonización de nidos prefabricados reduce la inversión de tiempo y energía en su construcción, garantizando la protección ante el medio físico.

En las muestras analizadas se encontraron recurrentemente ovisacos de arañas cazadoras. Se encontraron 13 morfoespecies de orugas de Lepidoptera (Tabla 7.1), además de arañas cazadores errantes que fácilmente pueden aprovechar la presencia del refugio. Se registraron arañas de la familia Gnaphosidae que, según los datos de Shear (1986), son cazadoras nocturnas del suelo las cuales se esconden durante el día en el detrito o debajo de las rocas, por lo cual los nidos coloniales de este lepidóptero protegen a organismos que están en etapas de desarrollo vulnerables (como larvas y pupas) y, a la vez, algunos organismos errantes encuentran un refugio temporal o permanente, también ofrecen refugios a organismos que han sido reportados como habitantes habituales de los ahuejotes, tales como ácaros, áfidos, arañas, crisomélidos, curculiónidos y hormigas (Estrada-Venegas *et al.*, 2001).

En los nidos de *M. incurvum* se encontraron refugiados isópodos y colémbolos cuando había mayor cantidad de detrito acumulado, se sabe que estos organismos generalmente se encuentran en lugares húmedos ya que son capaces de detectar fluctuaciones microclimáticas (principalmente de temperatura y humedad) (Prinzing, 2001, 2005). La migración vertical de estos organismos es una estrategia para compensar estas fluctuaciones, lo cual podría ser la explicación para encontrarlos sobre plantas epífitas y en este caso en los nidos siendo organismos que comúnmente no habitan en el dosel (Prinzing, 2001).

Los órdenes de artrópodos encontrados en el presente estudio, y que no son mencionados en otros estudios son: Isopoda, Thysanura y Pseudoescorpionida; los órdenes restantes coinciden con los registros reportados para otros refugios de lepidópteros que se muestran en la Tabla 8.1. No obstante, se debe tomar en cuenta que en los trabajos de Martinsen *et al.* (2000), Lill y Marquis (2004) y Lill *et al.* (2007) no se mencionan las familias ni el número de especies encontradas, por lo cual no se puede hacer una comparación a nivel más fino. El trabajo hecho por Branco *et al.* (2008) fue el que mostró una mayor similitud en las familias encontradas, lo que puede deberse al parecido y cercanía de las especies, ya que *Thaumetopoea pityocampa* a pesar de pertenecer a una familia distinta (Notodontidae) y las condiciones de los sitios de estudio presentan grandes diferencias (un bosque de pino en Portugal vs sistema lacustre de Xochimilco), la construcción del nido en forma de tienda puede brindar recursos y condiciones similares y albergar a usuarios coexistentes y secundarios de las mismas familias.

La comunidad biótica presente en los nidos de *M. incurvum* es un reflejo de la diversidad de artrópodos que habitan tanto en el suelo y en el sotobosque del PEX, como el dosel de *S. bonplandiana* (obs. pers.). Por lo cual es importante considerar el papel de *M. incurvum* con fines de manejo del PEX, ya que se llevan a cabo acciones para su control a pesar de que esta especie puede estar funcionando como un ingeniero ecosistémico dando refugio no sólo a fitófagos sino a depredadores y parasitoides. Este sistema es adecuado para estudiar las interacciones indirectas mediadas por ingenieros ecosistémicos, lo cual es necesario considerar para entender la dinámica total del sistema de estudio. *Malacosoma incurvum* sólo se ha estudiado para controlar sus poblaciones que son consideradas una plaga, sin embargo, esta especie puede regular indirectamente la abundancia de depredadores y parasitoides, así como brindar un refugio temporal a distintos grupos de artrópodos lo que incrementa la diversidad total de artrópodos dentro del Parque Ecológico de Xochimilco.

Tabla 8.1. Referencias de las familias reportadas en refugios de orugas, que también fueron encontradas en el presente estudio.

Grupo	Familia	Menciones en otros estudios
Orden Collembola		Lill y Marquis (2004)
Orden Coleoptera	Entomobrydae	Branco <i>et al.</i> (2008)
	Coccinelidae	Lill y Marquis (2004), Lill <i>et al.</i> (2007), Nakamura y Ohgushi (2003)
	Crysolimelidae	Branco <i>et al.</i> (2008), Martinsen <i>et al.</i> (2000)
	Curculionidae	Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011), Lill (2004) Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011), Lill (2004), Martinsen <i>et al.</i> (2000)
Orden Dermaptera	Forficulidae	Branco <i>et al.</i> (2008), Martinsen <i>et al.</i> (2000)
Orden Diptera	Tachinidae	Lill y Marquis (2004), Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011), Diniz <i>et al.</i> (2012) Branco <i>et al.</i> (2008)
Orden Hemiptera		Lill y Marquis (2004), Kudo (1994)
	Anthocoridae	Branco <i>et al.</i> (2008), Martinsen <i>et al.</i> (2000)
	Miridae Tingidae	Martinsen <i>et al.</i> (2000)
Orden Homoptera		Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011), Branco <i>et al.</i> (2008), Nakamura y Ohgushi (2003)
Orden Hymenoptera	Aphididae	Lill y Marquis (2004), Lill (2004) Diniz <i>et al.</i> (2012), Lill <i>et al.</i> (2009) Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011) Branco <i>et al.</i> (2008), Martinsen <i>et al.</i> (2000), Nakamura y Ohgushi (2003)
	Formicidae	Lill y Marquis (2004) Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011), Branco <i>et al.</i> (2008), Lill (2004), Diniz <i>et al.</i> (2012), Lillet <i>et al.</i> (2007), Martinsen <i>et al.</i> (2000)
Orden Lepidoptera		Lill y Marquis (2004)
Orden Neuroptera	Crysopidae	Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011), Branco <i>et al.</i> (2008), Martinsen <i>et al.</i> (2000)
Orden Psocoptera		Lill y Marquis (2004)
Orden Thysanoptera		Lill y Marquis (2004)
Orden Acari		Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011), Martinsen <i>et al.</i> (2000)
Orden Araneae		Estrada-Venegas <i>et al.</i> (2011), Martinsen <i>et al.</i> (2000)
	Gnaphosidae	Branco <i>et al.</i> (2008)
	Philodromidae	Branco <i>et al.</i> (2008)
	Salticidae	Branco <i>et al.</i> (2008)
	Theridiidae	Branco <i>et al.</i> (2008)
	Thomisidae	Branco <i>et al.</i> (2008)

## 8.2. Funciones tróficas en la comunidad de los nidos de *Malacosoma incurvum*

Los tipos de alimentación de los organismos presentes en los refugios de *M. incurvum* incluyen fitófagos, detritívoros, micófagos, saprófagos, parasitoides y omnívoros, depredadores y coprófagos lo cual indica que existen diferentes recursos que pueden ser utilizados por estos organismos. Esto concuerda con el estudio de Branco *et al.* (2008) quienes encontraron que el 98% de los artrópodos pertenecían a un tipo de alimentación distinto de los fitófagos, lo cual podría reducir la herbívora de la planta Fukui (2001). En contraste con lo anterior, Cappucino (1993) y Cappucino y Martin (1994) discuten que los refugios contribuyeron a fomentar la interacción entre las

especies fitófagas incrementando así el daño hacia la planta hospedera. En el presente estudio se encontró un mayor número de morfotipos depredadores y en conjunto existen una mayor cantidad de familias que explotan otros recursos diferentes a las plantas.

Respecto a los parasitoides, dentro de los nidos se encontraron los reportados para *M. incurvum* (dos morfoespecies de la mosca Tachinidae y una avispa de la familia Encirtydae), los cuales presentaron abundancia altas en comparación con la avispa de la familia Bethilydae, de la cual solo se encontró un organismo. Esto coincide con lo reportado por Branco *et al.* (2008) quienes dicen que los parásitoides altamente específicos se hallaran en mayor proporción que los parásitoides generalistas.

Los cambios en la composición de la comunidad puede ser resultado de los cambios en la acumulación de recursos y en la variación estacional en las condiciones ambientales, pues los últimos muestreos coinciden con la temporada de lluvias (junio-julio), cuando se presentaron los 16 órdenes con una mayor riqueza y diversidad. Se ha documentado que en esta temporada, al ser abundante el agua, las plantas producen hojas jóvenes, un recurso importante para los artrópodos fitófagos, lo que favorece, por efectos ascendentes, la diversidad y abundancia de depredadores y parasitoides (Richards y Windsor, 2007).

### **8.3. Selección del hábitat: orientación de nidos y ovipuestas**

El comportamiento de selección de oviposición por parte de las hembras de *M. incurvum* y en general en los insectos fitófagos es importante ya que de ello depende la probabilidad de que la descendencia encuentre el alimento adecuado, el ejemplo más evidente es la elección de la hembra a la planta hospedera, algunas especies realizan una elección más fina por cierta parte de la planta (Sánchez *et al.*, 1991).

La correlación positiva entre el número de nidos y la altura del árbol puede ser debida a la mayor probabilidad, que tienen las hembras de esta especie de encontrar sitios adecuados para la oviposición, un árbol más grande tiene mayor número de ramas primarias y secundarias para el establecimiento de los nidos y a su vez facilita el

forrajeo de las orugas al disminuir el desplazamiento y la exposición a enemigos naturales estando fuera del refugio.

Las ovipuestas y nidos tienen preferentemente una orientación hacia el sureste, existiendo una selección activa del sitio por parte de las hembras (Fig. 7.1). La selección del sitio de oviposición puede determinar la posición del sitio del nido, ya que en un 38% de las ocasiones dentro del nido se encontraba la rama con los restos de la ovipuesta, lo que indica que las orugas que eclosionan muy probablemente no se desplazan para comenzar la construcción del nido. Esto sugiere que en la selección del sitio del nido las hembras tienen un papel crucial y explica por qué la orientación de ovipuestas y de nidos es muy parecida.

La orientación preferencial hacia el sureste sugiere que estas estructuras se ubican en sitios que reciben una mayor insolación durante el amanecer, las orientaciones hacia direcciones soleadas juegan un papel importante en la biología de las orugas, ya que reciben buena radiación solar importante en su termorregulación por ser organismos ectotermos (Breuer *et al.*, 1989; Breuer y Devkota, 1990). Como ha sido reportado para otras especies, como *Malacosoma americanum* Fabricius (Fitzgerald, 2008). Se sabe que las hembras de esta especie eligen un sitio de oviposición en el lado sur del árbol, y de no ser así, las orugas recién eclosionadas migran a la parte del árbol que recibe sol por la mañana para establecer el nido (ver Fitzgerald, 2008).

En el trabajo de Breuer y Devkota, 1990 el viento representó un factor determinante, ya que las ramas ubicadas al sur de los pinos donde ovipositan estas palomillas están protegidas de los vientos que soplan desde las direcciones norte y oeste, sin embargo en el presente trabajo no se tomaron medidas de este factor.

Por otro lado, la ubicación preferencial de ovipuestas hacia una orientación particular puede generar competencia; sin embargo, el establecimiento de una masa de huevos adyacente a otra, a pesar de existir otros sitios disponibles, representa una ventaja adaptativa ya que se puede formar una colonia más grande que la que una sola hembra pudiera establecer; al parecer, la competencia por el alimento se incrementa hasta los últimos estadios, en los cuales también existe una mayor movilidad por parte

de las orugas, las cuales pueden dispersarse a distintos sitios de alimentación (Fitzgerald y Willer, 1983).

Existe una gran cantidad de factores ambientales que pueden ejercer un control natural sobre las palomillas del género *Malacosoma* entre ellos los enemigos naturales como parásitos y depredadores que pueden tener efectos regulatorios importantes sobre las poblaciones de este lepidóptero (Jiménez, 2008). En este trabajo se encontraron tres enemigos naturales de *M. incurvum*, el más abundante fue un parasitoide de la familia Encyrtidae. Jiménez (2008) reportó la presencia de *Ooencyrtus kuvanae* (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitando 1.25% de las masas de huevos en distintas localidades del ANP Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. También se han encontrado ácaros, dípteros y otros depredadores en las masas de huevos, sin embargo no se tiene un registro cuantitativo y sistemático (Valenzuela, 1975). La importancia de estos organismos radica en que pueden ser utilizados para establecer estrategias de control biológico en caso de ser necesario.

#### **8.4 Variación local y temporal de la temperatura**

Los datos aportados por el presente trabajo no se sometieron a una prueba estadística, ya que las limitaciones del diseño experimental incluyen la sensibilidad de la herramienta utilizada así como el intervalo de las horas registradas y el número de muestras. Se recomienda repetir estos ensayos en distintas condiciones ambientales, con varias repeticiones y con aparatos más sensibles.

La mayor diferencia de temperaturas en el sistema estudiado ocurrió el 3 de marzo (esto es, más alta en el interior respecto al exterior) esto coincide con la fecha en la cual las orugas alcanzan su tamaño corporal máximo, por lo cual el calor biogénico generado por la actividad de las orugas es mayor, este factor, la energía proporcionada por el sol y el espesor del nido, determinan la temperatura de los nidos de orugas coloniales (Breuer y Devkota, 1990).

En cuanto a la variación de temperatura a lo largo del día, tal como se puede observar en la Fig. 7.2, al descender la temperatura ambiente alrededor de las 16:30 h

la temperatura del nido es más cálida y disminuye más lentamente, lo cual indica que el material actúa como un aislante térmico, se ha documentado que la diferencia de temperatura y humedad dentro de los refugios en comparación con el exterior proporciona un ambiente favorable para la supervivencia de las orugas, en particular, se ha encontrado una correlación positiva entre la temperatura y la tasa de crecimiento de las larvas así como con la masa pupal (Kingslover, 2000). En contraste con esto, existen trabajos que demuestran que la seda de la cual están hechos los refugios de las orugas se comporta como un material con efecto invernadero, acumulando calor en su interior atrapando la radiación solar aumentando hasta alcanzar niveles letales para las orugas (Goetzberger y Wittwer, 1993; Demolin, 1969).

Ruf y Fiedler (2002) encontraron que los nidos de *Eriogaster lanestris* L. (Lepidoptera: Lasiocampidae) se calentaban por encima de la temperatura ambiente y por la noche mantenían una temperatura por encima de la ambiental. En este caso, las altas temperaturas se compensaban mediante la conducta de las orugas que salían del nido cuando las temperaturas alcanzaban su máximo dentro del nido y cuando las temperaturas disminuían se concentraban dentro de él. Algo similar describen Fitzgerald y Underwood (2000), quienes encontraron que la conducta de las orugas consistía en desplazarse por las distintas capas del nido dependiendo sus requerimientos de temperatura, es decir, el refugio presentaba condiciones heterogéneas.

La construcción de los nidos de *M. incurvum* en el PEX muestra un diseño similar al propuesto por Fitzgerald y Underwood (2000) para *Eucheira socialis* Westwood (Lepidoptera: Pieridae). En esta especie se observó que conforme las orugas crecen, al nido se le añaden nuevas capas de seda, quedando una construcción concéntrica del nido en el que las orugas se desplazaban entre las capas para, probablemente, regular su temperatura; sin embargo, no se constató que el movimiento entre cámaras fuera una estrategia para dicha regulación.

Debido a limitaciones en el muestreo, no fue posible conocer las temperaturas posteriores a las 18:00 h tanto el crepúsculo como el amanecer (la hora más fría del

día), datos que pueden ser de gran importancia para conocer el comportamiento de la temperatura del nido y su papel en la termorregulación de las orugas.

En el presente trabajo no se obtuvieron datos de humedad, sin embargo la presencia de cuerpos de agua en el sitio de estudio pudo haber favorecido esta condición ambiental, haciendo así que la humedad relativa sea mayor dentro del nido con respecto al exterior, lo cual favorece la presencia de una gran variedad de artrópodos visitantes que prefieren ambientes húmedos dentro del dosel o el sotobosque, tal como lo son los isópodos, los dípteros Curtonotidae y Empidiidae, las larvas de Neuroptera, los colémbolos y los dermápteros (Triplehorn, 2005). La presencia de larvas de otros lepidópteros es también un indicio de la función del refugio en contra de la desecación, (Diniz *et al.*, 2012)

### **8.5. El papel del tamaño del nido**

El volumen del nido de *M. incurvum* se relacionó de forma significativa y negativa con la abundancia, la riqueza específica y la diversidad ( $H'$ ), sin embargo, debemos considerar que mientras las orugas de *M. incurvum* aumentan de talla, sobreponen una mayor cantidad de capas en el nido y así promueven el incremento de tamaño, no obstante, en el momento que las orugas desocupan el nido, aunque el nido reduce sus dimensiones es un espacio totalmente disponible para otros artrópodos. Bajo esta visión del espacio disponible, el patrón especies-área descrito por Williamson *et al.* (2001), que predice un incremento en el número de especies conforme aumenta el área se cumple en este sistema.

El trabajo de Branco *et al.* (2008) es el único en la literatura consultada que compara el volumen de los nidos con la diversidad, en el cual se encontró un patrón inverso; sin embargo, ellos calcularon el volumen del nido a partir de la biomasa larval, lo cual resulta poco adecuado, debido a que esta medida no necesariamente se relaciona de manera directa con el volumen del nido ya que esta medida pudo ser influida por los parasitoides, ya que también se obtuvo una correlación positiva entre su número y el número de larvas.

## 8.6. Componentes estructurales del nido

McCoy y Bell (1991) definen “complejidad estructural” como la cantidad de elementos estructurales (plantas, rocas, detrito, entre otros) contenidos en cierta unidad de área o volumen, distintos estudios han observado que la complejidad favorece la abundancia, riqueza y diversidad al proveer un mayor número de nichos y variedad de recursos a explotar (MacArthur y Wilson, 1967). Dentro de los nidos analizados de *M. incurvum* se encontraron 16 órdenes de artrópodos, 94 morfoespecies y 78 familias identificadas, lo cual indica que esta estructura provee recursos explotables. El análisis de los componentes del nido aportados por la planta y aportados por las orugas pretendía analizar la complejidad del nido y si tenía alguna relación con los atributos de la comunidad. Sin embargo Los componentes aportados por la planta y por las orugas no variaron entre sí significativamente (Fig. 7.4), y el peso seco siguió un patrón similar al observado por el volumen del nido.

Los refugios construidos por *M. incurvum* adquirieron una mayor complejidad estructural conforme pasaba el tiempo, ya que en el interior del nido se acumulaban heces, exuvias, hongos y artrópodos muertos, siendo los nidos desocupados los que contienen en mayor cantidad dichos elementos, este factor aunado a un mayor volumen disponible es muy importante para explicar la diversidad de especies que ocupan los nidos de *M. incurvum* de forma secundaria, estos usuarios podían utilizar estos recursos alimenticios fomentando la colonización y el incremento poblacional.

## IX. CONCLUSIONES

1. Las ovipuestas y los nidos de *M. incurvum* tienen preferencialmente una orientación sureste en los árboles de *S. bonplandiana* lo que les permite recibir el sol y calentarse durante la mañana.
2. La ausencia de diferencias entre la orientación de nidos y ovipuestas se debe a que la mayoría de los nidos son construidos en el mismo lugar en el que las hembras ovipositan, por lo que la hembra tiene un papel central en la selección del sitio para anidar.
3. En este estudio se reportan, por primera vez, los artrópodos presentes en los nidos de *Malacosoma incurvum*, los cuales proveen refugio a 94 morfoespecies de 16 órdenes de artrópodos en diferentes estadios, esto sugiere que los nidos contribuyen de manera importante a la conservación de la diversidad de artrópodos del PEX.
4. Los huevos de *M. incurvum* son atacados por tres morfoespecies de enemigos naturales: Hymenoptera (Encyrtidae), Coleoptera (Cleridae) y Pseudoescorpionida (Chernetidae).
5. El volumen del nido está correlacionado de manera negativa con la diversidad, riqueza y abundancia de artrópodos de otras especies, debido a que cuando los nidos son grandes el espacio es ocupado por las orugas y, cuando las orugas han abandonado el nido dejan espacios libres y recursos disponibles para su colonización.
6. Los nidos pueden contribuir a la conservación de la diversidad de artrópodos dentro del PEX.

## Literatura citada

- Ancona, L. 1930. Biología de *Clasiocampa azteca* Neum. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 1: 215-225.
- Arriola, V. 1998. Muestreo secuencial de *Malacosoma incurvum* var. *aztecum*. (Lasiocampidae: Lepidoptera) en el sauce llorón (*Salix babylonica*) en Toluca, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. 60 pp.
- Begon, M., C. R. Townsend y J. L. Harper. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. Blackwell Publishing, Oxford. 738 pp.
- Berke S. K. 2010. Functional groups of ecosystem engineers: a proposed classification with comments on current issues. *Integrative and Comparative Biology* 50 (2): 147-157.
- Bertness, M. y R. Callaway. 1994. Positive interactions in communities. *Trends in Ecology and Evolution* 9 (5): 191-193.
- Branco, M., M. Santos, T. Calvão, G. Telfer y M. Paiva. 2008. Arthropod diversity sheltered in *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Notodontidae) larval nests. *Insect Conservation and Diversity* 1 (4): 215–221.
- Breuer, M., B. Devkota, E. Douma-Petridou, A. Koutsaftikis y G. Schmidt. 1989. Studies on the exposition and temperature of nests of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in Greece. *Journal of Applied Entomology* 107 (4): 370–375
- Breuer, M. y B. Devkota. 1990. Studies on the importance of nest temperature of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Journal of Applied Entomology* 109: 331–335
- Brusca, R. C. y Brusca, G. J. 2003. *Invertebrates*. 2a. edición. Sinauer Associates, Arizona. 895 pp.
- Cappuccino, N. 1993. Mutual use of leaf-shelters by lepidopteran larvae on paper birch. *Ecological Entomology* 18 (4): 287-292.
- Cappuccino, N. y M. A. Martin. 1994. Eliminating early-season leaf-tiers of paper birch reduces abundance of mid-summer species. *Ecological Entomology* 19 (4): 399-401.
- Carroll, M. R. y W. H. Kearby. 1978. Microlepidopterous oak leaf tiers (Lepidoptera: Gelechioidea) in Central Missouri. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 51: 457-471.

- Castaño-Meneses, G., J. G. Palacios-Vargas, L. Q. Cutz-Pool. 2004. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 75 (1): 135-142.
- Cibrián, D., T. Méndez, R. Campos, H. O. Yates y J. Flores. 1995. *Insectos Forestales de México. Forest Insects of Mexico*. Universidad Autónoma de Chapingo, Edo. de México. 453 pp.
- Clark, E. C. 1955. Observations on the ecology of a polyhedrosis of the great basin tent caterpillar *Malacosoma fragilis*. *Ecology* 36 (3): 373-376.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2010. Listado de sitios Ramsar, en: <http://www.conanp.gob.mx>, consultada el 17 agosto de 2012.
- Crawley, M. J. 1983. *Herbivory: The Dynamics of Animal-Plant Interactions*. Blackwell Science, Londres. 437 pp.
- Cutz-Pool, L. Q., G. Castaño-Meneses, J. G. Palacios-Vargas y Z. Cano-Santana. 2010. Distribución vertical de colémbolos muscícolas en un bosque de *Abies religiosa* del Estado de México, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 457-463.
- Demolin, G. 1969. Bioecología de la procesionaria del pino, *Taumatopoea pityocampa* Schiff. Incidencia de los factores climáticos. *Boletín del Servicio de Plagas Forestales* 7 (23): 9-22.
- Diniz, I. R., J. D. Hay, V. Rico-Gray., H. F. Greene y H. C. Morais. 2012. Shelter-building caterpillars in the cerrado: seasonal variation in relative abundance, parasitism, and the influence of extra-floral nectarines. *Arthropod-Plant Interactions* 6 (4): 583-589.
- Estrada-Venegas, E. G., A. Equihua-Martínez, J. A. Acuña-Sotoy y M. P. Chaires-Grijalva. 2009. Diversidad de organismos asociados al ahuejote *Salix bonplandina* en la zona chinampera de Xochimilco, D.F. Págs. 87-93, en: XV *Simposio Nacional de Parasitología Forestal*. Oaxaca, México. 18 al 20 de noviembre.
- Filip, V. y R. Dirzo. 1985. Tabla de vida del gusano de bolsa *Malacosoma incurvum* Var. *aztecum* Neumogen (Lepidoptera: Lasiocampidae) en Xochimilco, D.F. México. *Folia Entomológica Mexicana* 66: 31-45.
- Fitzgerald, T. D y D. E. Willer. 1983. Tent-building behavior of the eastern tent caterpillar *Malacosoma americanum* (Lepidoptera: Lasiocampidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 56 (1): 20-31.
- Fitzgerald, T. D. 1995. *The Tent Caterpillars*. Cornell University Press, Nueva York. 303 pp.

- Fitzgerald, T. y D. Underwood. 2000. Winter foraging patterns and voluntary hypothermia in the social caterpillar *Eucheira socialis*. *Ecological Entomology* 25: 35-44.
- Fitzgerald, T. 2008. Tent caterpillars, *Malacosoma* spp. (Lepidoptera: Lasiocampidae). En: *Encyclopedia of Entomology*, en: <http://link.springer.com/>, consultada el 12 de febrero de 2014.
- Fukui, A. 2001. Indirect interactions mediated by leaf shelters in animal-plant communities. *Population Ecology* 43 (1): 31-40.
- García, E. 1964. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 71 pp.
- GDF, Gobierno del Distrito Federal. 2006. Gaceta Oficial del Distrito Federal, en: <http://www.consejeria.df.gob.mx>, consultada el 15 de agosto de 2012.
- Hernández, D. 1970. Biología del gusano de bolsa del capulín *Malacosoma azteca* (Neum.) y algunos ensayos con insecticidas para su combate. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. 49 pp.
- INEGI, Instituto Nacional de Geografía y Estadística. 2005. Prontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos, Xochimilco, Distrito Federal, en: <http://www.inegi.org.mx>, consultada el 15 de agosto 2012.
- Jiménez, E. 2008. Distribución, abundancia y parasitismo de *Ooencyrtus kuvanae* (Howard) (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitoide de los huevos de *Malacosoma incurvum* Hy. Edwards (Lepidoptera: Lasiocampidae) en Xochimilco, D. F. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México. 58 pp.
- Jones, C. G., J. H. Lawton y M. Shachak. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69 (3): 373-386.
- Jones, C. G., J. H. Lawton y M. Shachak. 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* 78 (7): 1946-1957.
- Joos, B., T. M. Casey, T. D. Fitzgerald y W. A. Buttemer. 1988. Roles of the tent in behavioral thermoregulation of eastern tent caterpillars. *Ecology* 69 (6): 2004-2011.
- Kudo, S. 1994. Observations on lepidopteran leaf-shelters as molting refuges for the stink bug *Elasmucha Putoni* (Heteroptera: Acanthosomatidae). *Psyche* 101: 183-186.
- Kovach, W. L. 2011. Oriana, Circular Statistics for Windows, ver. 4. Kovach Computing Services, Reino Unido.

- Larsson, S., H. Häggström y R. Denno. 1997. Preference for protected feeding sites by larvae of the willow-feeding leaf beetle *Galerucella lineola*. *Ecological Entomology* (4): 445-452.
- Lawton, J. H. y D. R. Strong. 1981. Community patterns and competition in folivorous insects. *American Naturalist* 118 (3): 317-338.
- Lawton, J. H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* 28: 23-39.
- Lill, J. y R. J. Marquis. 2003. Ecosystem engineering by caterpillars increases insect herbivore diversity on white oak. *Ecology* 84 (3): 682-690.
- Lill, J. 2004. Seasonal dynamics of leaf-tying caterpillars on white oak. *Journal of the Lepidopterists Society* 58: 1-6.
- Lill, J. y R. J. Marquis. 2004. Leaf ties as colonization sites for forest arthropods: An experimental study. *Ecological Entomology* 29 (3): 300-308.
- Lill, J., R. J. Marquis, M. Walker y L. Peterson. 2007. Ecological consequences of shelter sharing by leaf-tying caterpillars. *Entomologia Experimentalis* 124 (1): 45-53.
- Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley y Sons, Nueva York. 337 pp.
- MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Nueva Jersey. 224 pp.
- McCoy, E. y S. Bell. 1991. *Habitat Estructure: The Physical Arrangements of Objects in Space*. Chapman and Hall, Londres. 426 pp.
- Martínez, L. y A. Chacalo. 1994. *Los Árboles de la Ciudad de México*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 351 pp.
- Martinsen, G. D., K. D. Floate, A. M. Waltz., G. M. Wimp y T. G. Whitham. 2000. Positive interactions between leafrollers and other arthropods enhance biodiversity on hybrid cottonwoods. *Oecologia* 123 (1): 82-89.
- Meeker, J. R. 2001. Forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* Hübner (Insecta: Lepidoptera: Lasiocampidae). En: The Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida, en <http://entomology.ifas.ufl.edu/creatures>, consultada el 20 de agosto de 2012.
- Morón, M. 2003. *Atlas de los Escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia*, vol. II. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania, Barcelona. 227 pp.

- Nakamura, M. y T. Ohgushi. 2003. Positive and negative effects of leaf shelters on herbivorous insects: linking multiple herbivore species on a willow. *Oecologia* 136: 445-449.
- Nielsen, M. E. y D. R. Papaj. 2014. Effects of developmental change in body size on ectotherm body temperature and behavioral thermoregulation: caterpillars in a heat stressed environment. *Oecologia* 177: 171-179.
- Olivares, J. L. 2004. Biología y control de *Malacosoma incurvum* Hy. Edwards (Lepidoptera: Lasiocampidae) en Xochimilco, Distrito Federal, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México. 53 pp.
- Oriana. 2003. Oriana version 2.0. Kovach Computing Services, Londres.
- Paine, R. T. 1966. Food web complexity and species diversity. *American Naturalist* 100 (910): 65-75.
- Polis, G. A., W. B. Anderson y R. D. Holt. 1997. Toward an integration of landscape and food web ecology. *Annual Review of Ecology and Systematic* 28: 289-316.
- Prinzing, J. 2001. Use of shifting microclimatic mosaics by arthropods on exposed tree trunks. *Annals of the Entomological Society of America* 94 (2): 210-218.
- Prinzing, A. 2005. Corticolous arthropods under climatic fluctuations: compensation is more important than migration. *Ecography* 28: 17-28.
- Richards, L. A. y D. M. Windsor. 2007. Seasonal variation of arthropod abundance in gaps and the understorey of a lowland moist forest in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 23: 169-176.
- Riquelme, J. 1911. El gusano de los sauces. *Boletín de la Dirección General de Agricultura*, México. 63: 3-28.
- Rodríguez, R. 1982. *Plagas forestales y su Control en México*. Universidad Autónoma Chapingo, Edo de México. 187 pp.
- Ruf, C. y K. Fiedler. 2002. Tent-based thermoregulation in social caterpillars of *Eriogaster lanestris* (Lepidoptera: Lasiocampidae): behavioral mechanisms and physical features of the tent. *Journal of Thermal Biology* 27 (6): 493-501.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Disponible en: [www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones), consultada el 20 de febrero de 2013.
- Sánchez, N., P. Pereyra y M. Gentile. 1991. Relación entre las preferencias de oviposición de las hembras y los sitios de alimentación de las larvas del barrenador del brote de la soja, *Epinotia aporema* (Lepidoptera, Tortricidae). *Ecologia Austral* 1: 6-10

- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Bitácora del ordenamiento ecológico regional cuenca del valle de México. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx>, consultada el 15 de agosto de 2012.
- Shear, W. A. 1986. *Spiders Webs, Behavior and Evolution*. Stanford University Press, California. 492 pp.
- Siegel, S y J. Castellan. 1995. *Estadística no paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta*. Trillas, México, 437 pp.
- Sliwinski, M y E. Sigmon. 2012. Why do leaf-tying caterpillars abandon their leaf ties?, en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>, consultada el 8 de enero de 2014.
- SMA, Secretaria del Medio Ambiente. 2003. Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal. Disponible en: <http://www.sma.df.gob.mx>, consultada el 12 de agosto de 2012.
- Soberón, J y J. Llorente . 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7:480-488.
- Soberón, J. 2002. *Ecología de Poblaciones*. Fondo de Cultura Económica, México. 149 pp.
- Stehr, F. y E. F. Cook. 1968. *A revision of the Genus Malacosoma Hübner in North America (Lepidoptera: Lasiocampidae): Systematics, Biology, Immatures, and Parasites*. Smithsonian Institution Press, Washington. 321 pp.
- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2005. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Thomson Brooks Cole, EE.UU. 864 pp.
- Valenzuela, E. 1975. Combate del gusano de bolsa del sauce, *Malacosoma azteca* (Neum) utilizando productos biológicos y observaciones sobre su biología. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México. 63 pp.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología, UNAM, en: <http://www.conabio.gob.mx/>, consultada el 28 de febrero de 2012.
- Wilby, A., M. Shachak y B. Boeken. 2001. Integration of ecosystem engineering and trophic effects of herbivores. *Oikos* 92 (3): 436-444.
- Williamson, M., K. J. Gaston y W. M. Lonsdale. (2001). The species area relationship does not have an asymptote. *Journal of Biogeography* 28 (7): 827-830.
- Zar, J.H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey. 944 pp.