



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

Parasitismo diferencial por *Arrenurus* sp. (Acari:  
Hydrachnidia) entre machos y morfos femeninos en  
*Ischnura denticollis* (Odonata: Zygoptera)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

PRESENTA:

SONIA MAYANY MARTÍNEZ ZAMILPA

ASESOR:

M. en C. JESÚS GUILLERMO JIMÉNEZ CORTES



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# Agradecimientos

En esta experiencia agradezco a cada persona que ha formado parte de mi formación tanto académica como personal, haciendo hincapié:

- Al M. en C. Jesús Guillermo Jiménez Cortes por su asesoría, su tiempo, su paciencia y enseñarme que la letra con sangre entra. Pero sobre todo gracias por el incalculable aprendizaje que me proporciono.
- Al Dr. Alejandro Córdoba Aguilar por adoptarme y por permitirme formar parte del grupo de trabajo.
- A todo el equipo del laboratorio de Acarología de de la Facultad de Ciencias
- A la Dra. Cristina Cramer Hemkes, al Dr. Gerardo Rivas Lechuga y a la Biól. Ma. del Carmen Letechipía Torres, por su gran e invaluable apoyo con la determinación de las larvas de los ácaros, además de brindarme parte de su invaluable tiempo y conocimientos.
- A mis sinodales M. en C. María del Pilar Villeda Callejas, Dra. Leticia Ríos Casanova, Dr. Estéban Jiménez Sánchez y al Dr. Arturo Rocha Ramírez, por sus enriquecedores comentarios.
- A todos los compañeros del laboratorio por su grata compañía y apoyo.

## **Dedico este trabajo a:**

- A toda mi familia porque siempre me han apoyado en las decisiones que he tomado y me han guiado sabiamente.
- A todos mis amigos, los quiero mucho.

**L**as grandes enseñanzas llegan como paquetes de contenidos insospechados. Algunos vienen con envolturas dolorosas de agudas espinas; otras más complicadas, como pequeñas cajas fuertes que hay que saber descifrar. En cuanto esto suceda, los conocimientos se dispararán por doquier, enganchándose a tu mente. Algunos serán tan intensos que rasgaran las intrincadas sinapsis del tiempo. Entonces tendrás que discernir, cuales tomar con tus pequeñas manos y cuales tendrás que dejar marchar. Sin embargo, algunos permanecerán en un aire de inconsciencia. Y cuando los remanentes de las experiencias sean ladrillos del recuerdo, construiremos las percepciones del pasado. Llenos de nociones calcificadas que intervendrán en este océano incontrolable, nos desvaneceremos sin alarmas, sin sorpresas.

S.M.M.Z.

# Contenido

<b>CONTENIDO</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
1.1 PARASITISMO	3
1.2 ÁCAROS	4
1.3 ODONATOS	7
1.4 DIMORFISMO SEXUAL Y POLIMORFISMO EN EL COLOR DE LOS HOSPEDEROS CON RELACIÓN AL PARASITISMO. 11	
1.5 ORGANISMO MODELO	12
<b>2 ANTECEDENTES</b>	<b>12</b>
<b>3 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>15</b>
3.1 OBJETIVOS PARTICULARES	15
<b>4 MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	<b>15</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	15
4.2 COLECTA DE LIBÉLULAS	18
4.3 TRATAMIENTO Y EXAMEN ACAROLÓGICO	18
4.4 DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE LAS LARVAS DE ÁCAROS	18
4.5 ANÁLISIS DE DATOS	19
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>20</b>
5.1 DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES DE ÁCAROS	20
5.2 VARIACIÓN TEMPORAL EN EL PARASITISMO POR LARVAS DE ÁCAROS EN HEMBRAS Y MACHOS Y EN AMBOS MORFOS DE HEMBRAS.	21
5.2.1 DIFERENCIAS EN EL PARASITISMO ENTRE MORFOS DE HEMBRAS Y ENTRE MACHOS POR MUESTREO.	26
5.2.2 ABUNDANCIA	28
5.2.3 INTENSIDAD PROMEDIO	28

<b>6</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS CITADAS.</b>	<b>37</b>
<b>9</b>	<b>ANEXO</b>	<b>44</b>

# Resumen

Se sabe que hembras y machos pueden mostrar distintos niveles de parasitismo. Un tópico menos explorado es el parasitismo en especies que presentan más de un morfo en algunos de los sexos. En el presente estudio se evaluaron las diferencias en las tasas parasitarias por larvas de ácaros acuáticos entre sexos y entre dos diferentes morfos de hembras (hembras androcromáticas, hembras coloridas y fenotípicamente parecidas a los machos y hembras ginocromáticas, que presentan colores más discretos y distintos de los machos) en una población de la especie de libélula *Ischnura denticollis* (Zigoptera: Coenagrionidae) durante un periodo de 15 meses. Larvas de *Arrenurus* sp. fue el género de ácaro que parasitó a la población estudiada. Aunque no se detectó un claro patrón estacional en el parasitismo por larvas de ácaros en cada morfo de hembras y en los machos, septiembre y noviembre de 2009, presentaron los valores más altos en prevalencia y abundancia. Este patrón podría estar determinado por factores abióticos y/o en relación con una respuesta inmune fluctuante en los hospederos a lo largo del año. También se registraron niveles de parasitismo distintos entre los morfos de hembras y machos que podrían estar explicados por diferencias en el uso del hábitat, y/o por un sistema inmunitario distinto entre los morfos de hembras y de los machos.

# Abstract

It has been shown that there are differences between the levels of parasitism in females and males. However, a less explored topic is parasitism in species with polymorphism in color. In this study we evaluated the load of parasites by counting mite larvae between sexes and between two female morphs (androchrome female, i. e. male-mimic and gynochrome females that show a more discrete and different to males in coloration) in a population of the damselfly *Ischnura denticollis* (Zygoptera: Coenagrionidae) along 15 months. The larvae mite *Arrenurus* sp. was the only specie that parasited the population of *I. denticollis*. It's not detected a clear seasonal pattern in the parasitism for this specie of mite in males or in both morphs of females. September and november in 2009, were the months with higher values in prevalence and abundance. Abiotic factors, like rain, maybe influenced this pattern and/or-the seasonal immune response of the hosts. Also, it was observed a differential parasitism between both morphs of females and males. It's probably this differences in are explained by a differential use in the habitat and/or a different immune system between two female morphs and males.

# 1 Introducción

## 1.1 Parasitismo

Una de las formas de vida con mayor éxito en el mundo es el parasitismo. Se estima que por cada especie de vida libre existe al menos una especie que es parásita (Brown, 2010; Lafferty, 2008; Poulin, 2011). Aunque no hay un consenso total que defina el parasitismo como condición biológica, existen cinco características que pueden presentar estos organismos: a) Tienen un grado de dependencia metabólica hacia al hospedero, b) Parte del ciclo de vida se desarrolla en el hospedero, c) Presentan una mayor tasa de fecundidad que el hospedero d) No matan a su hospedero y e) Provocan una respuesta inmune por parte del hospedero (Lafferty, 2010; Bush *et al.*, 2001).

Existen distintas formas de clasificar a los organismos parásitos. Las categorizaciones naturales se basan en relaciones filogenéticas que guardan los organismos. Aunque si el interés de estudio del parasitismo no es filogenético, se pueden utilizar clasificaciones funcionales. Pueden clasificarse por su tamaño (micro y macroparásitos), por el gremio ecológico al que pertenecen (por ejemplo, hematófagos o intestinales) o de acuerdo a su distribución espacial en el cuerpo del hospedero (Schmid-Hempel, 2011). Cuando se agrupan de esta última manera, podemos identificar dos tipos de parásitos: endoparásitos y ectoparásitos. Se consideran endoparásitos a todos aquellos organismos que viven en el interior del hospedero, tales como protozoos, platelmintos (tremátodos y céstodos), nematodos y acantocéfalos. Si se desarrollan en el exterior de sus hospederos, se clasifican como ectoparásitos; estos incluyen a monogéneos (platelmintos) y principalmente artrópodos (ácaros, piojos, pulgas) (Begon *et al.*, 2006; Bush *et al.*, 2001).

Las influencias del parasitismo en los hospederos se han evaluado ecológica y evolutivamente. Ecológicamente presentan profundas influencias en los ecosistemas, donde son partícipes en distintos procesos, tales como un papel preponderante como reguladores de poblaciones naturales de hospederos al reducir su fecundidad y la supervivencia de forma denso-dependiente (Begon *et al.*, 2006). Recientemente se ha señalado su participación en las redes tróficas, al aportar grandes cantidades de energía, además de influir en las interacciones en los distintos niveles (presas o consumidores) en los ecosistemas (Lafferty, 2008; Lafferty *et al.*, 2008).

Así mismo también se sabe de su participación en otros aspectos en la dinámica de los ecosistemas. Su presencia influye en la competencia intraespecífica e interespecífica de los organismos de vida libre. Se conoce que la intervención de un parásito puede mediar diferencialmente la competencia entre dos especies de hospederos; es decir los hospederos podrían estar mostrando distintos niveles de susceptibilidad a la misma especie de parásito. Esto se traduciría en mayores efectos negativos en la distribución, abundancia y adecuación de aquellas especies más susceptibles. El panorama anteriormente descrito, podría favorecer indirectamente a la(s) especie(s) que presente(n) una mayor resistencia al parásito (Lafferty, 2008; Preston y Johnson, 2010).

Las consecuencias evolutivas del parasitismo en los hospederos se han evaluado en dos puntos principales: sistema inmunitario y reproducción sexual. El sistema inmunitario de los hospederos provee el conjunto de defensas necesarias cuando son invadidos por diferentes especies de parásitos (Schmid-Hempel, 2011). Sin embargo, los parásitos no son agentes estáticos y despliegan un conjunto de respuestas, desde moleculares hasta conductuales, para contrarrestar las defensas de los hospederos. Esta coevolución en la carrera armamentista entre los hospederos y parásitos ha creado un sistema dinámico a lo largo del tiempo.

La reproducción sexual es uno de los mecanismos con el que cuentan los hospederos para enfrentar la invasión parasitaria (Bush, *et al.* 2001). En las especies donde la selección sexual es una parte primordial de la reproducción, han surgido y evolucionado estrategias y señales para comunicar la resistencia contra parásitos y patógenos. Hamilton y Zuk (1982) advirtieron una relación inversa entre la intensidad en el color del plumaje o en la complejidad del canto en aves paseriformes con respecto a la carga de parásitos en sanguíneos. Los resultados arrojaron tres supuestos y a partir de los cuales continúa la investigación en este campo: a) Los caracteres sexuales secundarios reflejan la salud y vigor del individuo, b) Parásitos y hospederos se encuentran coevolucionando y estos últimos desarrollan resistencia, la cual es heredable, c) Los parásitos tienen efectos negativos en la adecuación del hospedero.

## **1.2 Ácaros**

Los ácaros son un grupo de artrópodos que pertenecen al subfilum Chelicerata, y que se distinguen por la pérdida del rastro de segmentación opistosomal. Son animales pequeños que miden en promedio entre 0.2 y 0.8 mm de largo, aunque existen registros

de ácaros con dimensiones superiores a 30 mm. Su cuerpo se encuentra dividido en dos tagmata: el gnatosoma (llamado capitulum en ácaros acuáticos y garrapatas) y que corresponde a la parte anterior del cuerpo, donde están localizados los órganos de la alimentación tales como los palpos, quelíceros y las glándulas salivales. El segundo tagma es el idiosoma, que se encuentra en la región posterior, sitio de las funciones de locomoción, sensorial, reproducción, digestión postoral, respiración y excreción (Fig. 1). Los apéndices locomotores cuentan con siete artejos, pero estos pueden variar. Adultos y ninfas poseen cuatro pares de patas, en tanto los estadios larvales son hexápodos (Bush *et al.*, 2001; Krantz y Walter, 2009). Además de contar con una vasta diversidad morfológica, coloraciones, ornamentaciones como placas, proyecciones, estriaciones de la cutícula, sedas y uñas.

Estos organismos en su ciclo de vida pueden desarrollar distintas formas de vida o asociaciones, como formas depredadoras, la foresia y el parasitismo; siendo estas últimas las más comunes (Anderson, 2007; Krantz y Walter, 2009). Cuando se trata de especies foréticas, la larva ocupa a otro organismo (foronte) únicamente como vía de dispersión, ya sea para la búsqueda de hábitats o para completar su ciclo biológico (Smyth, 1994).

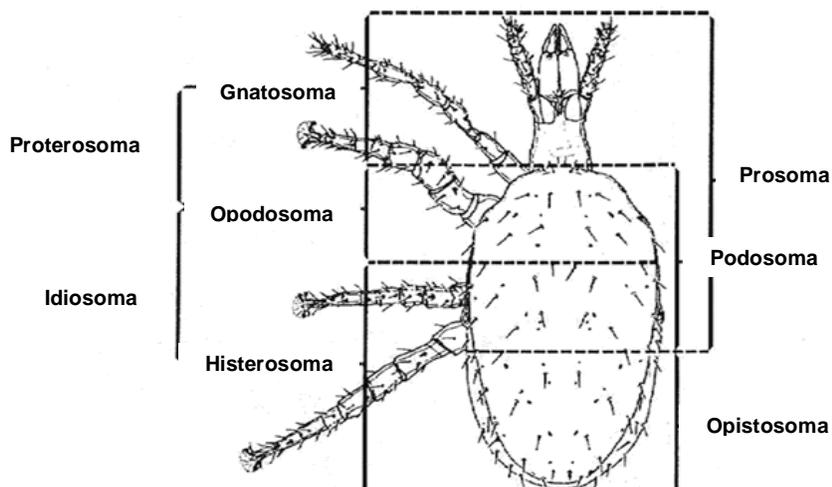


Figura 1. Morfología externa (vista dorsal) de *Macrocheles merdarius* Berlese (Mesostigmata, Macrochelidae). Tomado de Krantz y Walter, 2009.

Cuando se trata de especies parásitas regularmente son hematófagas (Evans, 1992; Proctor y Pritchard, 1989). También se sabe que pueden actuar como vectores de una

amplia gama de agentes infecciosos y generar enfermedades (Covich y Thorp. 1991; Moore 2002).

Las especies parásitas a lo largo de su proceso evolutivo, han modificado su morfología y ciclos de vida, adquiriendo un grado de especialización en relación con su hospedero. Pueden distribuirse espacialmente en cualquier parte de la anatomía del hospedero y desarrollarse como ecto o como endoparásitos (Krantz y Walter, 2009). Cuando se desarrollan como ectoparásitos sus principales hospederos son invertebrados, regularmente artrópodos y prácticamente todos los órdenes de insectos. Aunque tampoco es raro encontrarlos parasitando diferentes grupos de vertebrados. Cabe mencionar que algunas especies de ácaros pueden llegar a ser parásitas en estadio larvario, mientras otras lo hacen a lo largo de todo su ciclo de vida (Proctor, 2007).

Estos organismos prácticamente han colonizado cualquier tipo de ambientes, tanto terrestres como acuáticos (Brusca y Brusca, 2003; Cramer-Hemkes, 1988; Johnston, 1982). Las especies de ácaros que habitan el ambiente acuático son relativamente grandes y de coloraciones vistosas o incluso sin coloración, tal como sucede en la mayoría de las especies intersticiales. Estas pigmentaciones son características diacríticas de algunos grupos y permiten su determinación taxonómica o distinguir entre machos y hembras dentro de una misma especie (Evans, 1992; Proctor, 2007).

Su ciclo de vida presenta las siguientes etapas de desarrollo: huevo, prelarva, larva, ninfocrisálida (protoninfa), ninfa (deuteroninfa), teleiocrisálida (tritoninfa) y adulto; aunque aún no está completamente claro (Fig. 2). Los estadios quiescentes (sin movimiento) transcurren dentro de una membrana o cutícula son de la prelarva, hasta etapa de teleiocrisálida. Las formas activas son: larva (parásitas), mientras el estadio ninfal y el adulto son depredadores (Baker y Zawal, 2007; Covich y Thorp. 1991; Krantz y Walter, 2009).

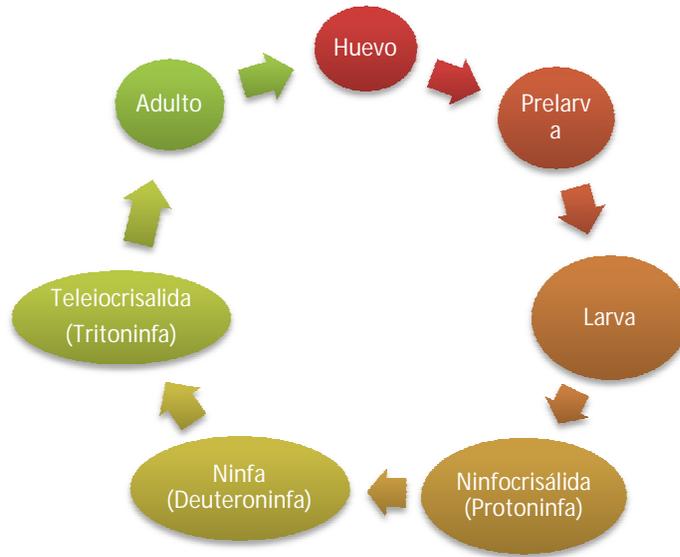


Figura 2. Ciclo de vida general de hidracáridos (Proctor, 2007; Krantz y Walter, 2009).

### 1.3 *Odonatos*

Los odonatos (libélulas y caballitos del diablo) son un taxón de insectos con una amplia historia en la Tierra, datando sus registros fósiles más antiguos del Carbonífero (Corbet, 1999; Grimaldi y Engel 2005). Presentan un par de ojos compuestos grandes, cuerpo formado por un pequeño tórax y un abdomen largo con distintas coloraciones (Brooks, 2003; Corbet, 1999).

Presentan un ciclo de vida hemimetábolo; es decir la náyade en su etapa final es diferente a la forma adulta (Fig.3) (Resh y Cardé, 2009). Las fases que comprenden un ciclo típico de libélulas son: el huevo, que presenta diferencias morfológicas dependiendo de la especie y que son depositados en la vegetación acuática y donde al finalizar el desarrollo embrionario eclosionará una prolarva (Fig. 3). La larva, es el siguiente estadio de desarrollo y comprende en promedio 10 mudas, distinguiéndose por sus hábitos depredadores, alimentándose desde pequeños protozoos hasta larvas de anfibios (Stoks y Córdoba-Aguilar, 2011). El último estadio larval experimenta la metamorfosis, una serie de cambios fisiológicos (i. e. disminuyen los niveles de la hormona juvenil y aumentan la hormona que controla la ecdisis), físicos y conductuales. Posteriormente, el organismo buscara sitios con buena iluminación, protección contra depredadores, soporte además condiciones específicas de temperatura y humedad factores que le servirán para

completar la emergencia. Una vez fuera del agua, el teneral (estado inmaduro de desarrollo posterior a la ecdisis) rompe la exuvia, sale y espera a esclerosarse (Corbet, 1999; Grimaldi y Engel, 2005; Stoks y Córdoba-Aguilar, 2011).

Los adultos se distinguen por presentar diferentes conductas y estrategias de alimentación, defensa del territorio, reproducción y respuesta ante diversas situaciones de selección (Corbet, 1999; Resh y Cardé, 2003). Son depredadores, con estructuras mandibulares especializadas y presentan una capacidad de vuelo única dentro de los insectos, la cual les permiten regular la velocidad, dar giros inesperados, volar hacia atrás o mantenerse en un punto fijo. Por consiguiente pueden atrapar presas muy pequeñas en pleno vuelo, tales como dípteros (moscas y mosquitos), himenópteros (abejas y avispas), lepidópteros o incluso ortópteros (Grimaldi y Engel, 2005; Resh y Cardé, 2003).

Tienen distribución amplia, casi cosmopolita, con excepción de la región Antártica, siendo las regiones tropicales y neotropicales donde se encuentra el número mayor de especies. El orden comprende aproximadamente 5680 especies a nivel mundial, de las cuales podemos encontrar alrededor de 2,672 especies en México (University of Puget Sound, 2011).

El taxa se divide en tres subórdenes Anisoptera, Anisozigoptera y Zigoptera (Corbet, 1999). Los zigópteros son organismos con cuerpos más pequeños y delgados, con diversas pigmentaciones. Se caracterizan porque los ojos se encuentran uno a cada lado de la cabeza y la distancia que existe entre ellos, es más larga que la anchura propia de los ojos. En medio de esta distancia denominada vertex, se pueden apreciar una tercia de ocelos uno de gran tamaño en posición anterior y dos de tamaño medio laterales. La visión de estos organismos tiene un amplio campo, siendo de casi 360°. Estas características dotan a estos organismos de un sistema de visión complejo y especializado (Corbet, 1999).

Cuentan con antenas formadas por seis a siete artejos setáceos, localizadas en la parte anterior de la cabeza. El aparato bucal está conformado por un par de mandíbulas fuertes, un par de maxilas y finalmente un labio que protege la cavidad bucal. Todas estas estructuras están protegidas por el binomio cípeo-labro (Brusca y Brusca, 2003; Corbet, 1999).

Su tórax se encuentra dividido en protórax y sintórax, en este tagma podemos encontrar los elementos que constituyen el sistema locomotor de estos organismos, tales como tres pares de patas constituidas por seis pares de artejos, que les permite asirse a las superficies o manipular a sus presas. Presentan vellosidades sensitivas en el fémur y tibia, que les provee del sentido del tacto. Tienen dos pares de alas pecioladas, membranosas y alargadas, pudiendo presentar diversas coloraciones o ser hialinas (Brusca y Brusca, 2003). El abdomen está conformado por 10 segmentos, el grosor depende de la especie y es en esta área donde podemos localizar la genitalia. En el caso de los machos, en el extremo más distal del abdomen se observan los claspers (hámuli), estructuras en forma de ganchos que les permiten sujetarse al abdomen de las hembras y acoplar los genitales durante la cópula y que son características morfológicas importantes en la determinación de las especies (Resh y Cardé, 2003).

En la etapa reproductiva estos organismos presentan diversas conductas. Los machos de algunas especies muestran conductas territoriales y que hacen referencia a la mayoría de las conductas de defensa agonísticas por recursos, tanto en anisópteros como en zigópteros (Suhonen *et al.* 2008)

Se han descrito tres grupos principales de parásitos que afectan con frecuencia a este grupo de insectos: Gregarinas (protozoos endoparásitos de la fase adulta), tremátodos (platelmitos endoparásitos de larvas) y ácaros (artrópodos, ectoparásitos de formas adultas) (Forbes y Robb, 2008).

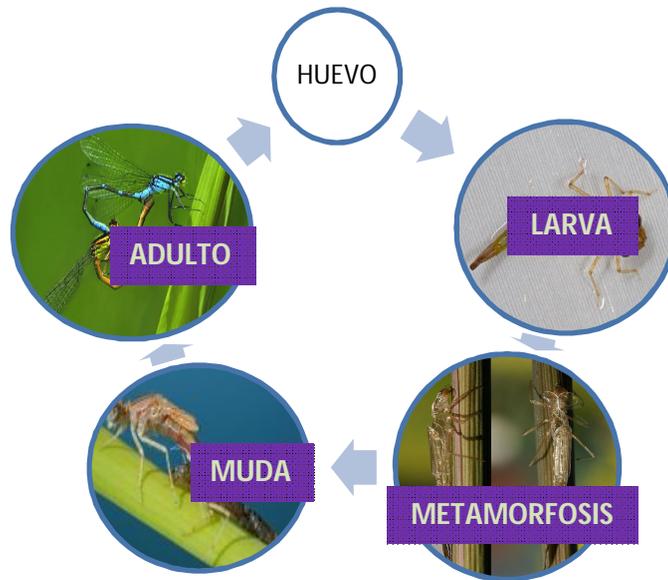


Figura 3. Ciclo de vida general de los odonatos. Tomado de Corbet, 1999.

El ciclo de vida de los ácaros inicia cuando las larvas de los odonatos son abordadas por las larvas de los ácaros acuáticos (foréticos). Al momento de emerger las libélulas, la larva del ácaro sube a su hospedero, inserta sus quelíceros en el exoesqueleto y secretan un mucopolisacárido y así crear un tubo alimenticio. Así comienzan su vida como parásitos, alimentándose de tejido y hemolinfa (Fig. 4a). La respuesta inmune de la libélula se caracteriza principalmente por la encapsulación alrededor del tubo alimenticio (Fig. 4b) (Abrö, 1990, 1992; Forbes y Robb, 2008; Yourth *et al.* 2002).

Las especies parásitas generalmente corresponden a hidracárida (Acari, Hydrachnidia), morfológicamente presentan un gnatosoma largo, como adultos se alimentan de otros ácaros, microcrustáceos, isópodos y huevos. Las larvas presentan seis apéndices y parasitan fases adultas de prácticamente de todos los órdenes de insectos acuáticos (Anderson, 2007; Prasad y Cook, 1972; Proctor, 2007; Walter *et al.* 2009).

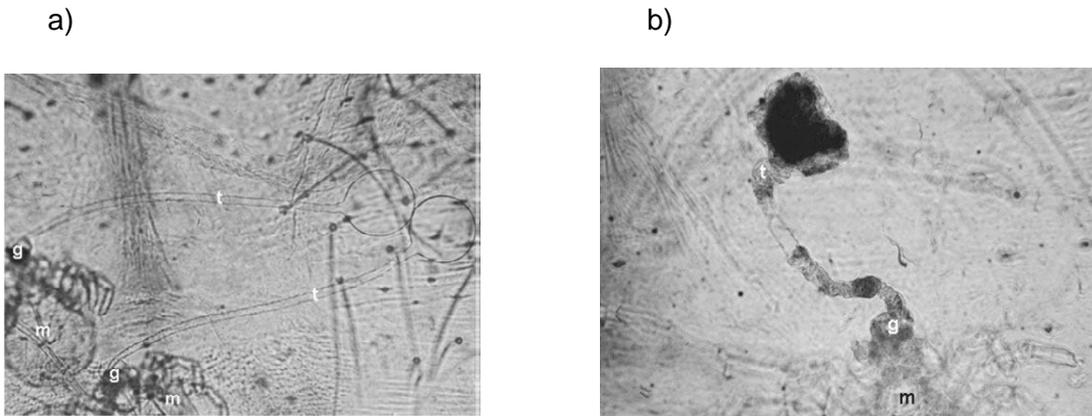


Figura 4. Imágenes de *Lestes forcipatus* (Odonata: Zygoptera) parasitada por *Arrenurus planus*. a) Se muestran de los tubos alimenticios en tejido del tórax. b) Encapsulación por parte del hospedero melanización de tubos alimenticios del ácaro. Ácaros unidos a la cutícula (m), gnatosoma (g), tubo alimenticio (t). Tomado de Forbes y Robb, 2008.

#### **1.4 Dimorfismo sexual y polimorfismo en el color de los hospederos con relación al parasitismo.**

El dimorfismo sexual hace referencia a las diferencias morfológicas, fisiológicas o conductuales entre machos y hembras (Anderson, 1994). El polimorfismo en el color se presenta cuando existen variaciones en la coloración de uno de los sexos de tal forma que dos o más morfos coexisten en un mismo espacio-tiempo (McKinnon y Pierotti, 2010). Ambas condiciones son comunes en insectos, y han sido analizadas desde las concepciones ecológicas y evolutivas.

El dimorfismo sexual en el parasitismo se ha estudiado a partir de la existencia de una respuesta inmune diferencial entre machos y hembras. Los machos al invertir más recursos en la producción y mantenimiento de los caracteres sexuales secundarios, podrían ser más susceptibles a ser parasitados (Zuk y McKean, 1996). Bajo la teoría de historias de vida también se esperan tasas de parasitismo más bajas en hembras que en machos, ya que las hembras tendrían que favorecer un adecuado funcionamiento del sistema inmune, que repercutiría en una mayor longevidad y fecundidad (Roff, 2002).

Son pocos los trabajos donde se ha investigado la relación entre el tipo de polimorfismo y el grado de parasitismo en odonatos (Reillo, 1989; Robb *et al.*, 2004). No obstante si consideramos que el polimorfismo en el color está ligado a diferencias fisiológicas y conductuales, es probable que también esperemos diferencias en las tasas de parasitismo o en el éxito de los parásitos.

## **1.5 Organismo modelo**

*Ischnura denticollis* (Burmeister, 1839) es un zigóptero de la familia Coenagrionidae, que habita en áreas templadas y subtropicales de México, siendo los ambientes lénticos su hábitat más común (Córdoba-Aguilar, 1992). Las hembras se caracterizan por presentar dos morfos en el color (dicromáticas). Las hembras ginocromáticas (HG) presentan una coloración negra, una conducta caracterizada por alejarse de las altas concentraciones de machos y regularmente se encuentran perchadas con el abdomen bajo (signo de irreceptibilidad). Por su parte las androcromáticas (HA) presentan coloraciones muy similares a los machos, además de imitar el comportamiento masculino y rechazando exitosamente a los machos de un modo agresivo. Los machos regularmente presentan coloración azul en la cabeza y tórax. Se ha registrado que los machos pueden llegar a presentar interacciones de corta duración con otros machos, alejando a sus oponentes con amenazas o persecuciones cortas (Córdoba-Aguilar, 1992; 1993).

## **2 Antecedentes**

A continuación se presenta una breve lista sobre los trabajos acerca del parasitismo en libélulas.

1 Estudios realizados en diferentes especies de libélulas

Especie de libélula	Especie de ácaro	Principales resultados	Año	Autor
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Arrenurus cuspidator</i> (Müller, 1776)	Las larvas de madres parasitadas tendieron a ser más grandes. Se presentó una correlación negativa entre el número de huevos y el número de parásitos. La abundancia de los ácaros se sincronizó con la emergencia de los hospederos.	1999	Rolff
<i>Coenagrion hastulatum</i> (Charpentier, 1825)				
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	Ácaros acuáticos	Se manipuló la carga parasitaria, así como las condiciones ambientales. Los resultados indicaron que la carga parasitaria no difirió entre sexos o entre organismos manipulados y sin manipular. El peso y la emergencia tuvieron un efecto significativo en la supervivencia de las hembras, contrario a lo que se observó en machos. Los datos sugieren que el parasitismo en condiciones naturales puede incrementar la mortalidad de sus hospederos.	2001	Braune y Rolff
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	Ácaros acuáticos	Los datos no aportan resultados significativos que sugieran que la respuesta inmune está relacionada con el mantenimiento del polimorfismo. Además mencionan que a esto podrían estar asociados factores relacionados con las historias de vida de los organismos.	2006	Joop <i>et al.</i>
<i>Telebasis salva</i> (Hagen, 1861)	Ácaros acuáticos	No se presentaron diferencias en el parasitismo entre los sexos.	2006	Peralta-Vázquez
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Arrenurus bruzelii</i> Koenike, 1885			
<i>Coenagrion pulchellum</i> (Vander Linden, 1823)	<i>A.bicuspidator</i> Berlese, 1885	<i>Coenagrion puella</i> se encontró más parasitada que las otras seis especies. Las larvas parásitas presentaron preferencia por alojarse en los segmentos del tórax. Las especies de ácaros predominantes fueron <i>A. cuspidator</i> y <i>A. macullator</i> .	2008	Baker <i>et al.</i>
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823)	<i>A.cuspidator</i> (Müller, 1776)			
<i>Ischnura elegans</i> (Vander Linden, 1820)	<i>A.cuspidifer</i> Piersig, 1896			
<i>Lestes dryas</i> Kirby, 1890	<i>A.macullator</i> (O. F. Muller, 1776)			
<i>Lestes sponsa</i>	<i>A.papillator</i>			

(Hansemann, 1823)	(Müller, 1776)			
<i>Ischnura hastata</i> (Say, 1840) <i>Ischnura ramburii</i> (Selys in Sagra, 1857) <i>Nehalennia graecilis</i> Morse, 1895 <i>Argia Fumipennis atra</i> Gloyd, 1968	<i>Arrenurus</i> sp.	Solo <i>I. hastata</i> y <i>N. graecilis</i> se encontraron parasitadas. Se examinaron las diferencias entre sexos, tamaño y la asimetría del ala. No se encontraron relaciones en ninguna de las variables con relación a la prevalencia e intensidad promedio.	2007	Lajeunesse
<i>Ischnura verticalis</i> (Say, 1839)	<i>Arrenurus</i> sp.	Se estudiaron el efecto de las alteraciones de dos tipos de ambientes (artificiales y naturales). Se observó que los organismos que se encontraban en ambientes naturales presentaron prevalencias y abundancias, más elevadas que los de ambientes artificiales. Por otra parte en las comparaciones no se mostraron diferencias en la edad y el sexo, así mismo no se detectó un patrón de preferencias de edad o sexo por parte de los parásitos.	2009	James <i>et al.</i>
<i>Coenagrion puella</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Arrenurus</i> sp.	La fecha de emergencia influyó en la carga parasitaria. La temperatura no estuvo implicada en la carga parasitaria.	2010	Hassall <i>et al.</i>
<i>Argia</i> sp.	Ácaros acuáticos	Los ácaros parasitaron con mayor intensidad a los machos en comparación con las hembras. El parasitismo reduce la supervivencia en ambos sexos, así como el éxito de apareamiento en machos. Se encontró que los machos menos parasitados fueron los que tenían mayor talla, además de tener mayor sobrevivencia y número de apareamientos.	2010	López-Salmerón y Mendoza-Cuenca
<i>Ischnura hastata</i> (Say, 1840) <i>Ischnura pumilio</i> (Charpentier, 1825)	<i>Arrenurus</i> sp. <i>Leptus killingtoni</i> Turk, 1945	<i>L. killingtoni</i> se encontró en las dos especies de hospederos, la prevalencia fue variable en los distintos cuerpos de agua muestreados en la isla de Pico (Azores, Portugal) y mostró preferencia por sujetarse en los segmentos del abdomen y patas. La prevalencia de <i>Arrenurus</i> sp. en <i>I. hastata</i> fue baja, exceptuando la población del Lago Carvao (Sao Miguel) estos resultados fueron similares a los encontrados en los otros cuerpos de agua. Se observó una preferencia por sujetarse en el tórax y entre las patas.	2011	Lorenzo-Caballa <i>et al.</i>

### 3 Objetivo general

Determinar las tasas de parasitismo por larvas de ácaros en los machos y en los dos morfos de hembras de la especie de libélula *I. denticollis*.

#### 3.1 *Objetivos particulares*

- Determinar taxonómicamente las larvas parásitas de los ácaros encontrados en machos y en las hembras (ginocromáticas y androcromáticas) de *I. denticollis*.
- Calcular los índices de parasitismo por ácaros en machos y en hembras (ginocromáticas y androcromáticas) de *I. denticollis*.
- Establecer si el parasitismo por ácaros en machos y en hembras (androcromáticas y ginocromáticas) es variable a lo largo del año.
- Establecer si el parasitismo por larvas de ácaros es diferente entre sexos y morfos de hembras por fecha de colecta.

### 4 Materiales y métodos.

#### 4.1 *Área de estudio*

La Reserva ecológica “El Pedregal de San Ángel” (REPSA), se ubica en Ciudad Universitaria (19° 17' N, 99° 11'O), al sureste de la Ciudad de México. Fue creada en octubre de 1983 y actualmente representa el 33% del campus universitario con 237 hectáreas. Presenta una vegetación tipo matorral xerófilo, dominada por formas, herbáceas y pocos elementos arbóreos menores a 8 metros de altura (Rzedowski, 1981; Segura-Burciaga 2009). La superficie comprende 171 hectáreas que corresponden a la zona núcleo y 66 hectáreas para la zona de amortiguamiento, que se definen como áreas de la reserva ecológica sujetas a uso restringido para protección ambiental (Lot-Helguera, 2007; REPSA, 2007)

Dentro de la REPSA se ubica la denominada Cantera Oriente la cual cuenta con una superficie total de 74,836 m<sup>2</sup> (Fig. 5) y forma parte de la zona de amortiguamiento, producto de un programa de restauración del paisaje e intento de rehabilitación ecológica que comenzó en 1994 con su incorporación a la reserva. Se encuentra principalmente representado por un ambiente acuático que abarca 35175.43 m<sup>2</sup> superficie, repartidos en cinco cuerpos de agua y bordeados por una amplia zona de planicie lacustre. La

vegetación se encuentra dominada por diferentes especies como *Typha latifolia*, *Lemna gibba*, *Polygonum mexicanum*, *Wolffiella oblonga*, entre otras.

En el ambiente acuático existe un importante intercambio de materia y energía que se ve reflejado en las diversas interacciones entre fauna y flora que están íntimamente ligadas a este tipo de ambiente.



Figura 5. Mapa del área de estudio "La Cantera Oriente" zona de amortiguamiento de la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA) donde se muestra el área de colecta en círculos rojos.

## **4.2 *Colecta de libélulas***

Durante el periodo que comprendió de septiembre de 2009 a octubre de 2010, se llevaron a cabo seis muestreos en la Cantera Oriente. Estos no se realizaron sistemáticamente, ya que a partir del mes de enero y hasta marzo la población presentó una baja densidad de ambos morfos de hembras y de machos. El promedio de días entre cada muestreo fue de 60 con un intervalo de 20-100 días). Las libélulas se capturaron con redes entomológicas aéreas y una vez capturadas, se colocaron inmediatamente en tubos eppendorff de 1.5 ml que contenían etanol al 70%. Las colectas se realizaron entre las 11:00 y 15:00 hrs, lapso donde se presenta la mayor actividad de estos insectos (Corbet, 1999).

## **4.3 *Tratamiento y examen acarológico***

A cada libélula se le tomaron los siguientes datos: sexo, tipo de policromo y tamaño corporal. Se realizó un examen detallado del exoesqueleto para localizar e indicar el número de ácaros presentes, así como su ubicación con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Olympus SZX7).

## **4.4 *Determinación taxonómica de las larvas de ácaros***

Para la determinación taxonómica de las larvas de los ácaros se utilizaron dos metodologías. La primera fue mediante un método indirecto; es decir, a través de la crianza de los ácaros adultos encontrados en el área de estudio. El segundo consistió en el montaje de las larvas, para su posterior determinación taxonómica, utilizando claves especializadas del grupo.

El método indirecto constó en la crianza de los ácaros acuáticos adultos encontrados en el área de estudio y poder obtener crías. Las larvas obtenidas mediante este método, serían posteriormente comparadas con las larvas parásitas encontradas en las libélulas y corroborar la especie. Para la obtención de las formas adultas de los ácaros, se realizaron cinco salidas durante junio de 2010 a diciembre de 2010. En la colecta se siguió el método desarrollado por Mitchell y Cook (1952) y que se mencionará brevemente. Las raíces de la vegetación aledañas al cuerpo acuático, fueron lavadas vigorosamente dentro de una red de malla fina, de tal forma que fueran desprendidos todos los organismos presentes. Como la muestra colectada contaba con bastante material orgánico e inorgánico y que dificultaba la localización de los ácaros adultos, se optó por filtrar la muestra una segunda vez con dos tamices (apertura de malla de 1.4 mm y 0.29 mm),

lavándose de seis a ocho veces con agua del sitio. Posteriormente, la muestra retenida en el segundo tamiz se depositó en charolas de peltre blancas, revisándose la muestra con una linterna de mano. Los ácaros encontrados fueron colocados en frascos de 3.5 x 2.5 cm<sup>3</sup> (con agua y vegetación del lugar), etiquetándose y manteniéndose en frío durante su transporte hasta el laboratorio. Dichos organismos fueron colocados en un microambiente con una superficie de 10x10cm<sup>3</sup>, vegetación del sitio de colecta, temperatura ambiente, fotoperíodo natural (12 horas de oscuridad y 12 de luz), con oxigenación continua, provista mediante una bomba de aire para acuario. Se revisaron periódicamente cada tercer día, se limpiaron y alimentaron con *Daphnia* sp.

El método de montaje, constó primero en retirar las larvas del exoesqueleto de las libélulas con ayuda de pinzas finas y un pincel. Una vez retiradas del hospedero, se colocaron en tubos eppendorff de 0.6 ml, el cual contenía etanol al 90% e inmediatamente fueron etiquetadas. Posteriormente se pusieron las larvas de manera individual en un portaobjetos, se les colocó una pequeña gota de líquido Hoger (una solución de goma arábica, hidrato de cloral, glicerina y agua destilada) y colocándose un cubreobjetos. Las muestras se pusieron en una parrilla, con el propósito de calentarlas ligeramente, eliminar las burbujas de aire y que el líquido penetrara, aclarara y fijara al organismo. Las muestras se dejaron secar por un periodo de quince días y fueron sellados con barniz de uñas. Para la identificación de los caracteres morfológicos diacríticos de las larvas, se utilizó un microscopio óptico, así como las claves para larvas de Cook, 1974; Zawal, 2006; Zawal, 2008).

#### **4.5 Análisis de datos**

Los datos obtenidos fueron analizados mediante los índices de infección propuestos por Bush *et al.* (1997). Prevalencia (porcentaje de hospederos parasitados por una determinada especie de parásito), intensidad promedio (número de parásitos promedio por hospederos parasitados) y abundancia (número de parásitos promedio por hospederos revisados).

Para conocer la existencia de diferencias en las prevalencias por mes de muestreo entre los dos morfos de hembra; es decir, entre hembras androcromáticas y ginocromáticas, así como entre cada morfo de hembra en comparación en comparación con los machos, se aplicó la prueba de equitatividad (Zar, 1996).

$$z_1 = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}}$$

Donde  $\hat{p}_1$  = proporción de la población uno,  $\hat{p}_2$  = proporción de población dos,  $n_1$  = número total de individuos en la población uno y  $n_2$  = número total de individuos en la población dos.

Se sabe que las abundancias de los parásitos no presentan una distribución normal (Poulin, 1998). Conociendo estos antecedentes, se emplearon pruebas no paramétricas en los análisis de abundancia e intensidad promedio. Los análisis estadísticos y gráficos se realizaron en Excel 2007 y SPSSv.17.0.

Todos los análisis primero fueron realizados al interior de cada sexo y morfo (buscando variación estacional) y posteriormente se realizaron las comparaciones entre morfos y sexo en cada fecha de colecta.

## 5 Resultados

### 5.1 *Determinación de las especies de ácaros*

Se montaron 100 organismos. Dichos ejemplares fueron depositados en la colección de ácaros acuáticos de la Facultad de Ciencias. La determinación de los organismos se logró hasta nivel de género, perteneciendo todos los individuos al género *Arrenurus* sp. (Anexo). La determinación de ácaros tanto de las larvas como de las formas adultas se realizó bajo la asesoría del Dr. Gerardo Rivas Lechuga, la Dra. Cristina Cramer Hemkes y la Biól. Ma. del Carmen Letechipía Torres, adscritos al laboratorio de ácaros acuáticos de la Facultad de Ciencias.

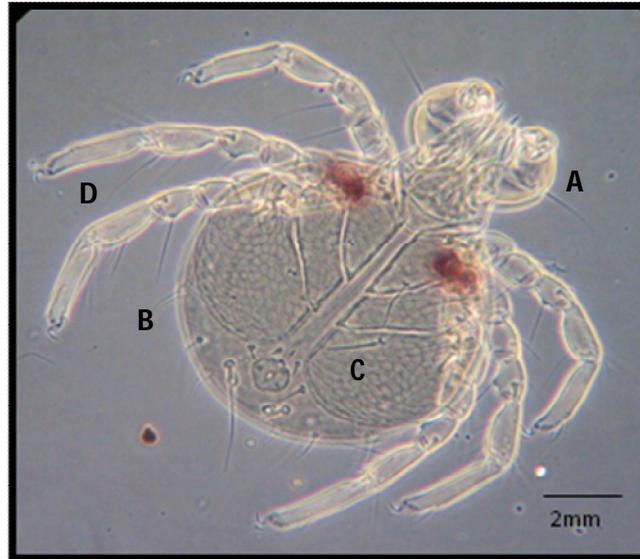


Figura 6. Larva de ácaro del género *Arrenurus* observado con un objetivo de 40 X 0.75/0.17 en contraste de fases. Las estructuras diacríticas del género son: **A.** Gnatosoma, **B.** Idiosoma, **C.** Coxa (placas coxales separadas) y **D.** Apéndices (con cinco artejos) de acuerdo a lo descrito por Cook, 1972 y Zawal 2008.

Tres de las formas adultas (dos hembras y un macho) fueron pertenecientes a la especie *Arrenurus (Arrenurus) xochimilcoensis* descrita por Cramer y Cook (1992) para el lago de Xochimilco. La determinación de las larvas por medio de la crianza de las formas adultas, no se logró debido a que las formas adultas murieron durante su estancia en el laboratorio. Sin embargo, la información recopilada hace pensar que es probable que la especie de las larvas parásitas corresponda a la misma especie en las fases adultas encontradas en la zona (comunicación personal Rivas-Lechuga, 2011).

## **5.2 Variación temporal en el parasitismo por larvas de ácaros en hembras y machos y en ambos morfos de hembras.**

Durante el estudio, se procesaron 272 organismos, 44 machos, 147 hembras androcromáticas y 81 ginocromática. En las HA la prevalencia más alta se presentó en abril de 2010 (93.3%), aunque los valores más altos de abundancia ( $6.73 \pm 1.33$ ) e intensidad promedio ( $13 \pm 5.5$ ) se registraron en septiembre de 2009 y mayo de 2010, respectivamente. La prevalencia más baja se encontró en mayo de 2010 (50%) y la abundancia e intensidad promedio más baja se encontraron en noviembre de 2009 ( $3.63 \pm 0.69$ ) y ( $4.74 \pm 0.79$ ) respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de infección en hembras androcromáticas de *I. denticollis*, correspondientes a los seis muestreo en la Cantera oriente. N= número de hospederos revisados, H.P= hospederos parasitados, AB= promedio de abundancia, P= prevalencia % (Intervalo de confianza al 95%) y IP= intensidad promedio ( $\pm$  E.E. Error estándar)

HEMBRAS ANDROCROMÁTICAS					
MES Y AÑO	N	H-P	P %	AB ( $\pm$ E.E.)	I.P ( $\pm$ E.E.)
SEPTIEMBRE 2009	30	21	70	6.73 $\pm$ 1.33	9.62 $\pm$ 1.59
NOVIEMBRE 2009	30	23	76.66	3.63 $\pm$ 0.69	4.74 $\pm$ 0.79
ABRIL 2010	15	14	93.3	6.2 $\pm$ 1.34	6.64 $\pm$ 1.39
MAYO 2010	10	5	50	6.5 $\pm$ 3.89	13 $\pm$ 5.5
JUNIO 2010	31	21	67.74	4.2 $\pm$ 0.99	6.2 $\pm$ 1.2
OCTUBRE 2010	31	23	74.19	5.32 $\pm$ 1.33	7.17 $\pm$ 1.55

Sin considerar el mes de mayo de 2010, donde solo se pudieron coleccionar cuatro hembras de este morfo (ninguna de ellas parasitada), el porcentaje de hospederos parasitados más bajo en las HG se obtuvo en octubre de 2010 (19.35%) y el más alto se encontró en abril del 2010 (50%). En abril de 2010 se presentó la abundancia más alta (1.66 $\pm$ 0.95), mientras en octubre de 2010 la intensidad promedio fue la más alta (5.33  $\pm$  1.12). En noviembre de 2009 se presentó la abundancia más baja (0.4  $\pm$  0.26) y en septiembre de 2009 la intensidad promedio más baja (1.33 $\pm$  0.30) (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de infección en hembras ginocromáticas de *I. denticollis*, correspondientes a los seis muestreos en la Cantera oriente. N= número de hospederos revisados, H.P= hospederos parasitados, AB= promedio de abundancia, P= prevalencia % (Intervalo de confianza al 95%) y IP= intensidad promedio ( $\pm$  E.E. Error estándar).

HEMBRAS GINOCROMÁTICAS					
MES	N	H-P	P %	AB ( $\pm$ E.E.)	I.P ( $\pm$ E.E.)
SEPTIEMBRE 2009	15	6	40	0.53 $\pm$ 0.19	1.33 $\pm$ 0.30
NOVIEMBRE 2009	10	2	20	0.4 $\pm$ 0.26	2 $\pm$ 0.59

ABRIL 2010	6	3	50	1.66±0.95	3.33 ± 1.34
MAYO 2010	4	0	0	0	0
JUNIO 2010	15	6	40	1.6 ± 0.77	4 ± 1.22
OCTUBRE 2010	31	6	19.35	1.03 ± 0.49	5.33 ± 1.12

La prevalencia más alta en los machos, fue registrada en noviembre de 2009 (66.6%) y el valor más bajo en mayo de 2010 (30%) (Tabla 3). En septiembre de 2009 la abundancia ( $6.55 \pm 2.26$ ) y la intensidad promedio ( $17.27 \pm 3.67$ ) fueron más altas, y en mayo de 2010 los valores más bajos en estos dos parámetros infecciosos (abundancia  $1 \pm 0.59$ ; intensidad promedio de  $3.33 \pm 1.088$ ) (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de infección en machos de *I. denticollis*, correspondientes a los seis muestreos en la Cantera oriente. N= número de hospederos revisados, H.P= hospederos parasitados, AB= promedio de abundancia, P= prevalencia % (Intervalo de confianza al 95 %) y IP= intensidad promedio ( $\pm$  E.E. Error estándar).

MACHOS					
MES	N	H-P	P	AB ( $\pm$ E.E.)	I.P ( $\pm$ E.E.)
SEPTIEMBRE	29	11	37.93	$6.55 \pm 2.26$	$17.27 \pm 3.67$
NOVIEMBRE	30	20	66.6	$5.2 \pm 1.50$	$7.8 \pm 1.84$
ABRIL	15	8	53.3	$4.93 \pm 1.97$	$9.25 \pm 2.71$
MAYO	10	3	30	$1 \pm 0.59$	$3.33 \pm 1.088$
JUNIO	30	15	50	$3.13 \pm 0.89$	$6.26 \pm 1.25$
OCTUBRE	30	14	46.6	$1.96 \pm 0.58$	$4.214 \pm 0.852$

Los análisis de equitatividad de proporciones de la prevalencia en cada morfo de hembra y en los machos por mes de muestreo son mostrados en las tablas 4, 5 y 6. En las HA tres pares de muestreos fueron diferentes; septiembre 09 y abril 10, abril 2010 y mayo 2010 y abril 2010 con junio de 2010 (Tabla 4). Las prevalencias de las hembras

ginocromáticas no fueron diferentes a lo largo de los muestreos (Tabla 5), mientras los machos solo mostraron dos pares de meses que fueron diferentes (Tabla 6).

Tabla 4. Análisis de equitatividad de proporciones para la prevalencia en hembras androcromáticas a lo largo de los muestreos.

<b>HEMBRAS ANDROCROMÁTICAS</b>				
<b>Meses de comparación</b>	<b>HP</b>		<b>Z</b>	<b>P</b>
Sep09 vs. Nov 09	21	23	-0.58554004	0.5619
Sep09 vs. Abr10	21	14	-2.20991424	<b>0.0278</b>
Sep09 vs. May 10	21	5	1.11803399	0.267
Sep09 vs. Jun 10	21	21	0.19050745	0.8493
Sep09 vs. Oct 10	21	23	-0.36532879	0.7188
Nov 09 vs. Abr 10	23	14	-1.65748386	0.0989
Nov 09 vs. May 10	23	5	1.51547046	0.131
Nov 09 vs. Jun10	23	21	0.78238753	0.4354
Nov 09 vs. Oct 10	23	23	0.22446448	0.8259
Abr 10 vs. May 10	14	5	2.53814608	<b>0.0114</b>
Abr 10 vs. Jun 10	14	21	2.41845598	<b>0.016</b>
Abr 10 vs. Oct 10	14	23	1.88365918	0.0601
May10 vs. Jun10	5	21	-0.99104418	0.3222
Mja10 vs. Oct10	5	23	-1.37020911	0.1707
Jun10 vs. Oct 10	21	23	-0.56099983	0.5755

Tabla 5. Análisis de equitatividad de proporciones para la prevalencia en hembras ginocromáticas a lo largo de los muestreos.

<b>HEMBRAS GINOCROMÁTICAS</b>				
<b>Meses de comparación</b>	<b>HP</b>		<b>Z</b>	<b>p</b>
Sep09 vs. Nov 09	6	2	1.11803399	0.267
Sep09 vs. Abr10	6	3	-0.41642575	0.6818
Sep09 vs. Jun 10	6	6	0	1
Sep09 vs. Oct 10	6	6	1.42346312	0.1556
Nov 09 vs. Abr 10	2	3	-1.24927725	0.215
Nov 09 vs. Jun10	2	6	-1.11803399	0.2713
Nov 09 vs. Oct 10	2	6	0.04448322	0.6599
Abr 10 vs. Jun 10	3	6	0.41642575	0.6818
Abr 10 vs. Oct 10	3	6	1.41806246	0.1585
Jun10 vs. Oct 10	6	6	1.42346312	0.1556

Tabla 6. Análisis de equitatividad de proporciones para la prevalencia en machos a lo largo de los muestreos.

---

**MACHOS**

---

Meses de comparación	HP	Z	p	
Sep09 vs. Nov 09	11	20	-2.30618139	<b>0.0214</b>
Sep09 vs. Abr10	11	8	-0.97980652	0.332
Sep09 vs. May 10	11	3	0.46477845	0.6455
Sep09 vs. Jun 10	11	15	-0.94094455	0.3472
Sep09 vs. Oct 10	11	14	-0.68183255	0.4965
Nov 09 vs. Abr 10	20	8	0.86066297	0.3898
Nov 09 vs. May 10	20	3	2.17548268	<b>0.03</b>
Nov 09 vs. Jun10	20	15	1.32842233	0.1868
Nov 09 vs. Oct 10	20	14	1.59598553	0.1118
Abr 10 vs. May 10	8	3	1.20344334	0.2301
Abr 10 vs. Jun 10	8	15	0.21113153	0.8337
Abr 10 vs. Oct 10	8	14	0.42257713	0.6745
May10 vs. Jun10	3	15	-1.16774842	0.246
May10 vs Oct10	3	14	-0.97373861	0.332
Jun10 vs Oct 10	15	14	0.25848626	0.8026

---

La abundancia por larvas de *Arrenurus* sp. no mostraron diferencias significativas en los machos (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2 = 5.267$ ,  $P = 0.384$ ), en las hembras androcromáticas (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2 = 4.343$ ,  $P = 0.501$ ) o en las hembras ginocromáticas (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2 = 5.508$ ,  $P = 0.357$ ) a lo largo del estudio.

La intensidad promedio no fue diferente durante los seis meses de muestreo en hembras androcromáticas (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2 = 5.705$ ,  $P = 0.336$ ) y en hembras ginocromáticas (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2 = 9.643$ ,  $P = 0.0086$ ). En tanto que en los machos la intensidad promedio fue diferente durante algunos meses del estudio (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2 = 19.28$ ,  $P = 0.002$ ). En la tabla 7 se muestran los meses que mostraron diferencias significativas.

Meses	Wilcoxon W	P
Sep 09 vs Nov 09	367.0	0.001
Sep 09 vs May 10	15.5	0.026
Sep 09 vs Jun 10	157.0	0.018
Sep 09 vs Oct 10	132.0	0.005

Tabla 7. Meses que mostraron diferencias significativas en la intensidad promedio por larvas de ácaros de *Arrenurus* sp., mediante la prueba de la U de Mann-Whitney.

### ***5.2.1 Diferencias en el parasitismo entre morfos de hembras y entre machos por muestreo.***

Se observa que las prevalencias mayores se presentaron en las hembras androcromáticas, seguido de los machos, mientras que las hembras ginocromáticas tuvieron los valores más bajos (Fig. 7).

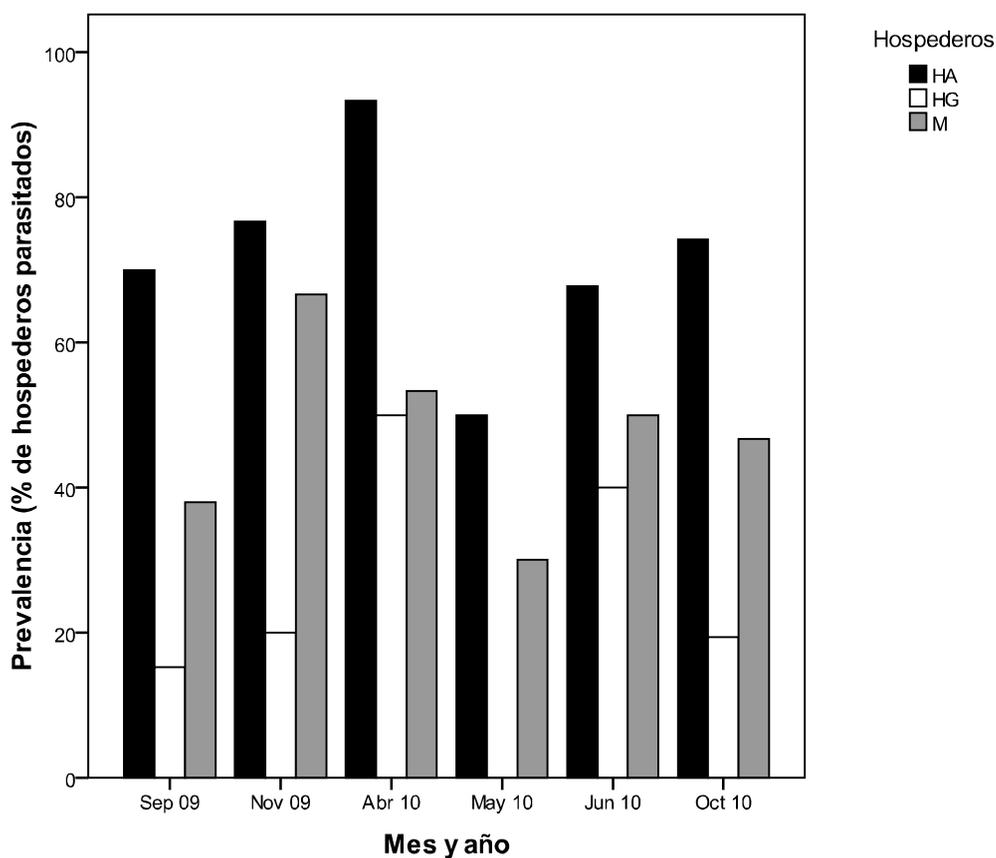


Figura 7. Prevalencia de ácaros en hembras androcromáticas (HA), hembras ginocromáticas (HG) y machos (M) durante seis muestreos en la Cantera, C.U. México. D.F.

Los análisis de equitatividad por mes a lo largo del estudio no mostraron consistencia (Tabla 8). Únicamente se puede observar que las prevalencias entre los dos morfos de hembras fueron distintas en cinco de los seis muestreos (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de equitatividad de proporciones para los índices de prevalencias por mes de muestreo A= Hembras androcromáticas, G= Hembras ginocromáticas, ♂= Machos, P= prevalencia.

MES y año	Tipo	P	Z	p	
Septiembre 2009	HA vs. HG	0.7	0.4	1.97	<b>0.048</b>
	HA vs. ♂	0.7	0.379	2.6	<b>0.009</b>
	HG vs. ♂	0.4	0.379	0.13	0.896
Noviembre 2009	HA vs. HG	0.766	0.2	3.82	>0.005
	HA vs. ♂	0.766	0.666	0.86	0.389
	HG vs. ♂	0.2	0.666	-3.05	<b>0.005</b>
Abril 2010	HA vs. HG	0.933	0.5	2.024	<b>0.0434</b>
	HA vs. ♂	0.933	0.533	2.777	<b>0.0056</b>

	HG vs. ♂	0.5	0.533	-0.138	0.8966
Mayo 2010	HA vs. HG	0.5	0	0	1
	HA vs. ♂	0.5	0.3	-0.932	0.352
Junio 2010	HA vs. HG	0.677	0.4	1.82	0.0688
	HA vs. ♂	0.6770.677	0.5	1.43	0.1527
	HG vs. ♂	0.4	0.5	0.64	0.522
Octubre 2010	HA vs. HG	0.741	0.193	5.17	>0.005
	HA vs. ♂	0.741	0.466	2.28	>0.005
	HG vs. ♂	0.193	0.466	-2.36	>0.005

### 5.2.2 Abundancia

En la figura 9 se muestran las abundancias por mes que mostraron ambos morfos de hembras y los machos. En abril de 2010 (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2=4.942$ ,  $P=0.085$ ) y mayo de 2010 (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2=3.116$ ,  $P=0.211$ ) las abundancias no mostraron diferencia entre los morfos de hembras, ni con los machos (Fig. 9). Los meses que tuvieron valores de abundancia distintos fueron: Septiembre de 2009 (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2=7.615$ ,  $P=0.022$ ), noviembre de 2009 (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2=9.509$ ,  $P=0.009$ ), junio de 2010 (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2=6.024$ ,  $P=0.049$ ) y octubre de 2010 (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2=16.379$ ,  $P<0.001$ ). En la figura 9 se muestran los grupos que mostraron diferencias significativas en cada muestreo, aplicando la prueba de la U de Mann-Witney.

### 5.2.3 Intensidad promedio

Sólo en septiembre de 2009 se encontraron diferencias significativas entre los grupos de hospederos (Prueba de Kruskal-Wallis  $X^2=10.631$ ,  $P=0.005$ ) (Fig. 10). En los meses restantes las intensidades promedio no mostraron diferencias significativas entre ambos morfos de hembras y con respecto a los machos.

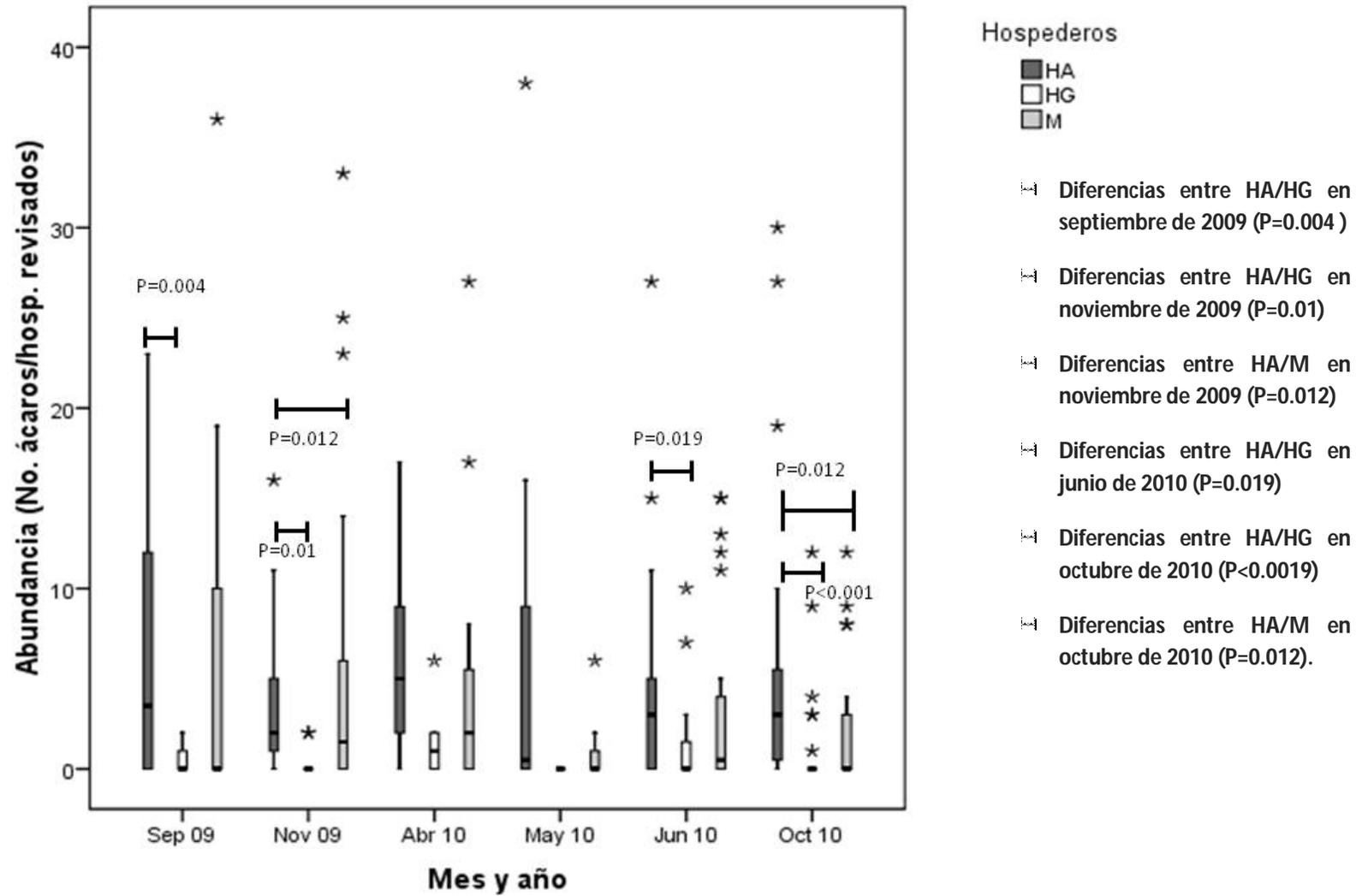


Figura 9. Abundancia en hembras androcromáticas (HA), hembras ginocromáticas (HG) y machos (M) a lo largo de seis muestreos, los \* indican casos atípicos. Las ⇨ indican diferencias entre morfo y/o sexo en cada mes de muestreo.

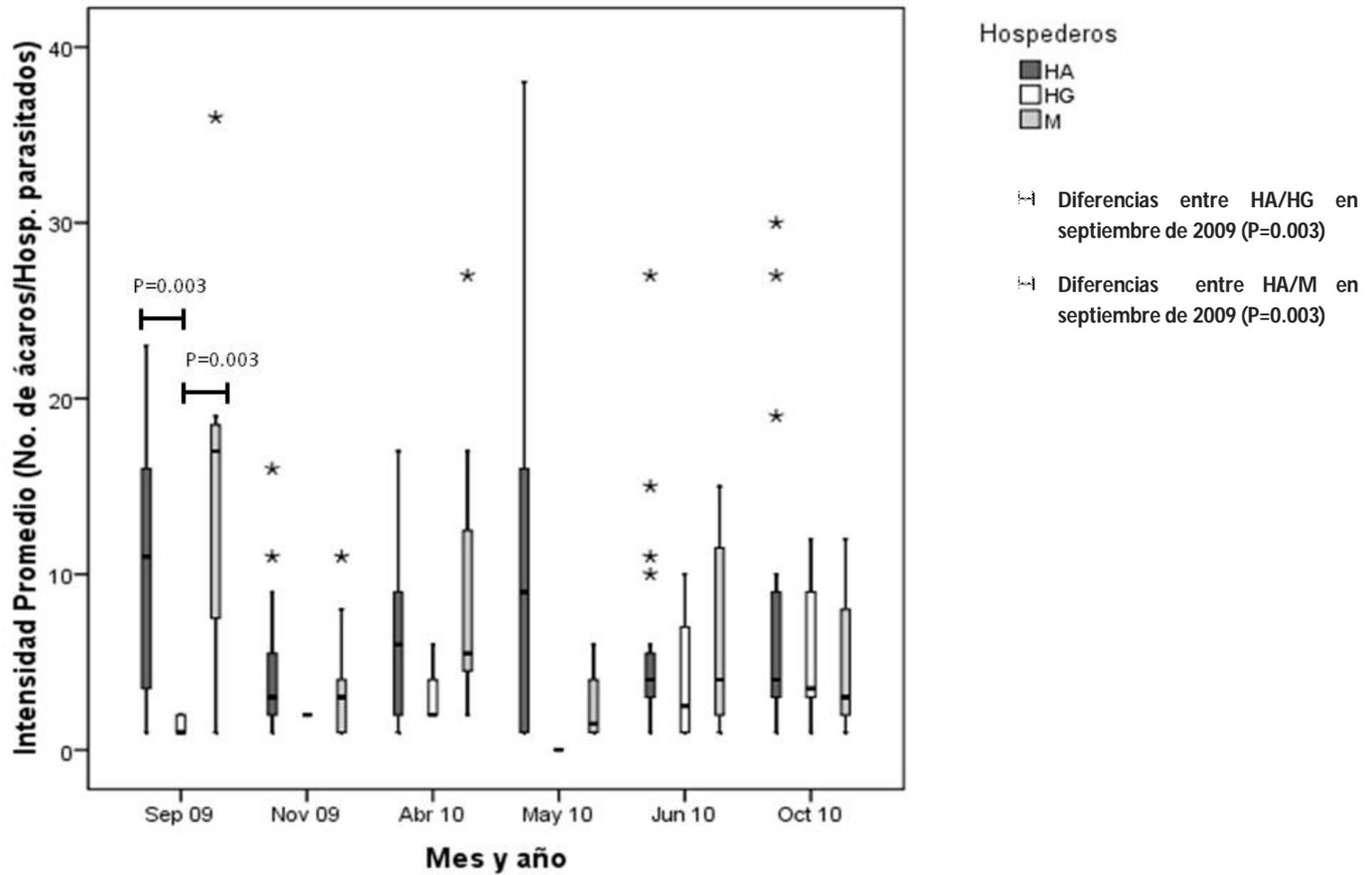


Figura 10. Intensidad promedio en hembras androcromáticas (HA), hembras ginocromáticas (HG) y machos (M) a lo largo de seis muestreos y los \* indican casos atípicos. Las ̣ indican diferencias entre morfo y/o sexo en cada mes de muestreo.

## 6 Discusión

A pesar del gran número de estudios sobre parasitismo en libélulas, existen relativamente pocos donde se hayan determinado las especies de parásitos. Este conocimiento es esencial sobretodo porque no se especula sobre cuáles especies de parásitos y se conoce la biodiversidad de estos explotando al hospedero. Idóneamente, este podría ser el primer paso para conocer los efectos precisos del parasitismo por cada especie de parásito; por ejemplo, manipulando los niveles de parasitismo. En el caso del área de estudio, la especie de ácaro adulto fue *Arrenurus xochimilcoensis* de la cual se conoce relativamente poco, salvo su presencia en el lago de Xochimilco (Cramer y Cook, 1992). Por lo que podríamos esperar que las larvas de ácaros *Arrenurus* sp. que fueron encontradas parasitando a *I. denticollis*, pertenezcan a la misma especie de ácaro adulto hallada en la Cantera Oriente.

En dado caso, sería curioso que sólo se hubiera encontrado una sola especie, siendo recurrente que se detecten más de una especie de ácaros en diferentes estudios de libélulas (Anderson, 2007; Baker *et al*, 2007, 2008; Botman *et al*, 2002; Zawal y Dyatlova, 2009). Por ejemplo, Baker *et al.* (2008) encontraron hasta seis especies de ácaros del género *Arrenurus* en la libélula, *Coenagrion puella*. En esta especie, los autores sugieren que esta diversidad de ácaros se debe a la especialización de los sitios que explotan en el cuerpo del hospedero, razón que no parece válida para *I. denticollis*. Por el contrario, Lorenzo-Carballa *et al.* (2011) encontraron una especie de ácaro, *Leptus killingtoni*, en la libélula *Ischnura hastata* (única especie partenogenética hasta ahora descrita). En este trabajo no queda claro por qué sólo una sola especie de ácaro dado los bajos niveles de diversidad genética del hospedero, pudiendo ser potencialmente parasitada por distintas especies de ecto y endoparásitos. Por supuesto, con estos pocos estudios, es difícil hacer generalizaciones sobre el por qué de la baja diversidad de ácaros en *I. denticollis*.

En la presente investigación se detectó una ligera variación estacional en la tasa de parasitismo. Sin embargo, es difícil concluir si existe un verdadero patrón; es decir, un periodo en el año donde el parasitismo fuera diferente. Solo podríamos mencionar a septiembre y noviembre de 2009, como las épocas que presentaron los valores más altos de abundancia e intensidad promedio. Este patrón probablemente se deba a que en este periodo se presentaron valores altos en la precipitación pluvial en la ciudad de México. Sin embargo, también existió otro pico de lluvias en mayo, aunque este no coincidió con altos niveles de parasitismo en este mes (CONAGUA, 2010). Es posible que las condiciones

que propician la proliferación en ácaros no presentaran los patrones idóneos de humedad. Por ejemplo en lugares como, como Canadá o Inglaterra, se ha encontrado que los meses cuando la temperatura y luz son favorables, existe un incremento en las tasas de parasitismo (Forbes y Robb, 2009). En estos lugares, los ácaros podrían estar sincronizando sus ciclos de vida con los de sus hospederos para poder parasitarlos con más éxito. Dado que en estos sitios, la temporada de adultos de libélulas se da en unos pocos meses al año, esta sincronización es esencial (Stoks y Córdoba-Aguilar, 2011). Por ejemplo, en la libélula *Coenagrion puella*, Hassall *et al.* (2010) encontraron que la temperatura explica la pérdida y ganancia de ácaros en adultos. Está claro que estos factores abióticos no son el caso para la ciudad de México ya que no existe una temporada de apareamiento y puesto que los adultos están presentes todo el año. Así, es más probable pensar que quizás la variación se deba más bien a otros factores. Un primer factor es que sea la capacidad inmune de los hospederos la cual exhiba variación a lo largo del año y que haga que las libélulas sean más susceptibles de ser parasitadas en una época que en otra. Así, podría ser que durante septiembre a noviembre, por alguna circunstancia, las libélulas vean disminuida su capacidad inmune. Esta explicación descansa en dos bases bien conocidas en libélulas: a) que la capacidad inmune es dependiente de la condición. Por ejemplo la dieta, en la libélula *Hetaerina americana*, se sabe que dietas pobres y ricas dan lugar a respuestas inmunes malas y buenas respectivamente (Jiménez-Cortés *et al.* en prensa). En la misma especie de libélula, se sabe que a lo largo del año los adultos varían en su respuesta inmune, haciéndolos más susceptibles a infecciones en ciertos meses del año (Córdoba-Aguilar *et al.*, 2009). Un segundo factor es que los ácaros sean más abundantes cuando los hospederos lo sean también. Esto sería una estrategia muy conveniente porque así los ácaros explotarían más eficientemente a sus hospederos. Si este fuera el caso, uno esperaría que el número de hospederos capturados coincidiera con el porcentaje de adultos parasitados lo cual claramente no lo es (ver Tablas 1, 2 y 3). Por ejemplo, mientras que se capturaron 29 machos en septiembre con un 38% de individuos parasitados, en abril se capturaron 15 con un 53% de parasitados. Otros resultados que tampoco apoyan la idea de abundancia ácaros-abundancia libélulas se puede ver sobretodo con las hembras ginocromáticas. Un tercer factor es que más bien *I. denticollis* no sea el principal hospedero de la especie de ácaro, pero que pudiera estar siendo aprovechado en ausencia de esos otros hospederos más convenientes. Esta idea ha surgido a partir de observaciones de diferentes especies de libélulas que son igualmente parasitadas pero donde una especie de libélula es usada

hasta que no aparezca una segunda (Forbes *et al.* 2002). Finalmente, un cuarto factor es que los patrones de parasitismo descritos en *I. denticollis* estén determinados por azar. Forbes *et al.* (2002) ya han especulado sobre esta posibilidad sobre todo de los estudios en las especies de libélulas del género *Sympetrum*. En el futuro deberían plantearse estudios a detalle en *I. denticollis* para saber qué tanto operan estos factores para explicar sus tasas de parasitismo.

Se encontraron diferencias importantes en el parasitismo entre los morfos femeninos de *I. denticollis*. Los estudios sobre diferencias en la biología de los morfos femeninos en especies de odonatos son abundantes ahora, todos ellos dirigidos a explicar el mantenimiento de los morfos. En libélulas, el polimorfismo de color ha evolucionado en múltiples ocasiones aunque es usualmente restringido a las hembras (Fincke *et al.*, 2005). Se ha propuesto que las hembras androcromas mimetizan a los machos no sólo en color, sino también en conducta para pasar desapercibidas durante los intentos sexuales de los machos (Andrés *et al.* 2002; Sirot *et al.*, 2003). De acuerdo con esta hipótesis, los machos prefieren aparearse con las hembras ginocromas excepto cuando las androcromas son muy comunes (Robertson, 1985). Recientemente Gosden y Svensson (2009) sugirieron que un acoso sexual dependiente de la densidad en combinación con una fecundidad más baja por parte de las androcromas puede contribuir al mantenimiento del polimorfismo de color. Sin embargo, a pesar de que los parásitos son muy comunes en todas las especies polimórficas, poco se ha pensado sobre el posible papel del parasitismo en el mantenimiento de los morfos. Una hipótesis reciente sugiere que los morfos están diferencialmente adaptados a distintos ambientes los cuales varían en tiempo y espacio a la exposición a parásitos (Roulin, 2004). Esto podría llevar y explicar a una resistencia diferencial por cada morfo. Esta presión de selección natural ayudaría a explicar cómo los factores estocásticos (por ejemplo, deriva génica, efectos fundadores, y migración) en combinación con factores determinados (por ejemplo, acoso sexual dependiente de la condición) juegan un papel en el mantenimiento de los morfos.

De acuerdo con los resultados, las diferencias en parasitismo entre morfos podrían deberse a la oportunidad de verse parasitado dadas las diferencias en el uso de hábitat y subsecuente exposición. Por ejemplo, Taylor y Merriam (1996) encontraron que las libélulas de ambientes menos deforestados tuvieron más parásitos que los de ambientes más deforestados. En otro ejemplo, es la lagartija *Uta stansburiana* con hembras polimórficas, el morfo naranja tienen más riesgo de ser parasitados en ambientes de alta

densidad en comparación con las hembras del morfo amarillo (Sinervo *et al.*, 2001). En la libélula *Nehalennia irene*, la emergencia de las androcromas tiene lugar cuando tanto los machos como las hembra ginocromas son ya abundantes, tiempo cuando también los parásitos son muy comunes (M. R. L. Forbes, comunicación personal). Otra diferencia es que las hembras androcromas perchan en lugares más altos que las ginocromas como se ha detectado en *Ischnura elegans* (R. A. Sánchez Guillén, comunicación personal).

Una segunda explicación sobre las diferencias en el parasitismo entre morfos se relaciona con la distribución de recursos a la defensa inmune por cada morfo. Se sabe que la inmunidad es un rasgo costoso de tal forma que el hospedero está frecuentemente comprometido en un conflicto en la asignación de recursos entre la inmunidad y otros rasgos de historias de vida (Schulenburg *et al.* 2009). Puede ser simplemente que las hembras androcromas están más comprometidas y por lo tanto inviertan menos que las ginocromas en términos de inmunidad y fecundidad. La investigación en odonatos ha demostrado no tan sólo que existen diferencias individuales en capacidad inmune en la naturaleza, sino que también los factores bióticos y abióticos pueden explicar esto (Córdoba-Aguilar y Contreras-Garduño, 2006). De hecho, un estudio reciente en la libélula *Hetaerina americana*, ha mostrado que los costos de la exposición al acoso sexual masculino lleva a que las hembras re-distribuyan sus recursos energéticos de tal forma que cuando el acoso es alto, las hembras ven deprimida su respuesta inmune al favorecer un tamaño más grande y mayor número de huevos al inicio de la vida adulta (Van Gossum *et al.* 2011). Esta re-inversión asegura un mayor éxito reproductivo para las hembras dado que la supervivencia se reduce. Quizás la selección actual de las hembras androcromas al mimetizar lo mejor posible a los machos las lleva a re-distribuir recursos, que podrían ser usados para la defensa inmune (Córdoba-Aguilar, 2009; Iserbyt *et al.* en prensa). Por lo tanto aquellos fenotipos androcromos que logren mimetizar mejor a los machos, se encontrarían más parasitados. Está claro que no se sabe si los morfos de *I. denticollis* difieren en respuesta inmune. De hecho, el estudio de Joop *et al.* (2006) es el único que ha investigado diferencias entre morfos. Sin embargo, estos autores no midieron la melanización (respuesta inmune directa contra los ácaros) de las libélulas (Forbes y Robb, 2008). Por lo que, no es claro si los morfos difieren en los rasgos inmunológicos usados contra parásitos. Las diferencias entre morfos que se observaron indican que la incidencia más alta de parasitismo por las hembras androcromas les puede conferir costos adicionales para este morfo comparado con las hembras ginocromas. Los estudios futuros deberán averiguar si efectivamente los morfos de *I. denticollis* difieren en

respuesta inmune vía melanización y si esta diferencia es la causante de porque los morfos son distintamente parasitados.

También se indica que si bien los machos y las hembras ginocromas no difieren en las tasas de parasitismo, sí hubo diferencias entre machos y las hembras androcromas donde estas últimas tuvieron tasas más altas de parasitismo. Resulta difícil explicar estas diferencias. Mucho se ha hablado sobre si los sexos difieren en respuesta inmune (Nunn *et al.*, 2009) pero no cuando existen morfos masculinos. Siguiendo el razonamiento sobre el mantenimiento de los morfos y la distribución diferencial de recursos, uno podría aventurar la idea de que los machos y las hembras ginocromas pagan en general costos menos altos de sus actividades, cualquiera que estas sean, comparados con las androcromas lo cual explica porque estas últimas tienen más parásitos. Nuevamente, vendría bien investigar esto a más detalle.

## 7 Conclusiones

- La población de la especie de libélula *Ischnura denticollis*, en la cantera (REPSA) únicamente se encontró parasitada por las larvas de ácaros del género *Arrenurus* sp. Es muy probable que estos pertenezcan a la especie *A. xochimilcoensis*.
- Los valores de prevalencia revelaron diferencias significativas a lo largo del estudio en hembras androcromáticas y machos. Las hembras ginocromáticas no variaron a lo largo en este parámetro durante las colectas.
- La abundancia no mostró una variación temporal, en los dos morfos de hembras, ni en machos.
- La intensidad promedio no tuvo diferencias significativas durante todo el estudio en los dos morfos de hembras. En los machos la intensidad promedio fue diferente en cuatro épocas.
- La comparación de la prevalencia entre morfos y sexo, mostraron que en cuatro de los seis muestreos, las hembras androcromáticas y las hembras ginocromáticas fueron diferentes. Los machos y las hembras androcromáticas tuvieron prevalencias diferentes durante tres muestreos, mientras los machos con el morfo ginocromático solo en dos épocas.
- La abundancia entre morfos y sexos por mes de colecta fue diferente en cuatro meses. En las cuatro épocas los dos morfos de hembras tuvieron valores significativamente diferentes.
- Únicamente en septiembre de 2009, la intensidad promedio fue distinta entre los grupos: la hembras ginocromaticas tuvieron valores menores significativos, tanto con las hembras androcromáticas y como con los machos.

## 8 Referencias citadas.

- Åbro, A. 1990. The impact of parasites on adult populations of zygoptera. *Odonatologica*. **19**: 223-233.
- Åbro, A. 1992. On feeding and stylostome composition of parasitic water mite larvae (*Arrenurus* sp.) on damselfly (Zygoptera, Odonata). *Zoologische Beitrage* **34**: 241-248.
- Anderson, M. 1994. *Sexual Selection*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Anderson, T. M. 2007. An assessment of water mite parasitism of dragonflies: based on museum collections. (Ed. Morales-Malacara, J.B., Behan-Pelletier, V., Ueckermann, E., Pérez, T. M., Estrada-Venegas, E. G., and Badii, M.) *Acarology XI: Proceedings of the International Congress*. Instituto de Biología and Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México; Sociedad Latinoamericana de Acarología. México.
- Andrés, J. A., Sánchez-Guillén, R. A. y Cordero-Rivera, A. 2002. Evolution of female colour polymorphism in damselflies: testing the hypotheses. *Animal Behaviour*. **63**: 677-685.
- Baker, R. A. y Zawal, A. 2007. Mites on Zygoptera, with particular reference to *Arrenurus* species, selection sites and host preferences. *Odonatologica*. **36**: 339-347.
- Baker, R. A., Mill, P. J. y Zawal, A. 2008. Ectoparasitic water mite larvae of the genus *Arrenurus* on the damselfly *Coenagrion puella* (Linnaeus) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica*. **37**: 193-202.
- Begon, M., Townsend, R. C. y Harper, J. L. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems*. 4<sup>th</sup> Ed. Blackwell Publishing. Printed United Kingdom.
- Botman, G., Coenen, L. y Lanciani, C. A. 2002. Parasitism of *Ischnura posita* (Odonata: Coenagrionidae) in Florida by two species of water mites. *Florida Entomologis*. **85**: 279-280
- Braune, P. y Rolff, J. 2001. Parasitism and survival in a damselfly: does host sex matter?. *Proceedings of the Royal Society Biological of Sciences*. **268**: 1133-1137.
- Brown, M. J. F. Parasites and Insects: Aspects of Social Behavior. (Ed. Breed, M. D. and More, J. 2010) *Encyclopedia of Animal Behaviour*. Oxford Academic Press.
- Brooks, S. J. 2003. *Dragonflies*. Smithsonian Books: Natural History Museum. Washington. D. C.
- Brusca, R. C. y Brusca, G. J. 2003. *Invertebrates*. 2<sup>nd</sup> Ed. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Massachusetts, U. S. A.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A. W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *Journal of Parasitology*. **83**: 575-583.
- Bush, A. O., Fernández, J. C., Esch G. W. y Seed, J. R. 2001. *Parasitism. The Diversity and Ecology of Animal Parasites*. Cambridge University Press. Cambridge
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A. W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *Journal of parasitology*. **83**: 575-583.

- Canales–Lazcano, J., J. Contreras – Garduño, A. y Córdoba-Aguilar. 2005. Fitness-related attributes and gregarine burden in a non–territorial damselfly *Enallagma praevarum* Hagen (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica*. **34**:123-130.
- Cook, D. R. 1974. *Water Mite Genera and Subgenera*. Memoirs of the American Entomological Institute. Ann Arbor. Michigan, U. S. A.
- Corbet, P. S. 1999. *Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata*. Cornell University Press. Ithaca. New York.
- Córdoba-Aguilar, A. 2009. A female evolutionary response when survival is at risk: male harassment mediates early re-allocation of resources to increase egg number and size. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. **63**: 751-763.
- Córdoba-Aguilar, A. y Contreras-Garduño, J. 2006. Differences in immune ability in forest habitats of varying quality: dragonflies as study models. (Ed. Cordero, A.). *Forests and Dragonflies*. Pensoft Publishers. Sofia, Russia.
- Córdoba-Aguilar, A., Jiménez-Cortés, J. G. y Lanz-Mendoza, H. 2009. Seasonal variation in ornament expression, body size, energetic reserves, immune response, and survival in males of a territorial insect. *Ecological Entomology*. **34**: 228-239.
- Córdoba-Aguilar, A. 1992. Comportamiento reproductivo y policromatismo en *Ischnura denticollis*. Burmeister (Zygoptera: Coenagrionidae). *Bulletin of American Odonatology*. **1**: 57-64.
- Córdoba-Aguilar, A. 1993. Population structure in *Ischnura denticollis* (Burmeister) (Zygoptera: Coenagrionidae). *Odonatologica*. **22**: 455-464.
- Covich, A. P. y Thorp, J. H. 1991. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press. San Diego.
- Cramer, C. y Cook, D. R. 1992. New species of *Arrenurus* (Acari: Arrenuridae) from de Mexican lakes. *Acarologia*. **33**: 349-366.
- Cramer–Hemkes, C. 1988. Ácaros dulceacuícolas (Acarida: Prostigmata) en el arroyo Peña blanca en San Francisco Oxtotilpan, México. Mexico D.F.
- Dare, O. K. y Forbes, M. R. 2009. Patterns of infection by lungworms, *Rhabdias ranae* and *Haematoloechus spp.*, in northern leopard frogs: A relationship between sex and parasitism. *Journal of Parasitology*. **95**: 275-280.
- Evans, G. O. 1992. *Principales of Acarology*. C. A. B. Cambridge University Press. Cambridge.
- Fincke, O. M., Jödicke, R., Paulson, D. R. and Schultz, T. D. 2002. The evolution and frequency of female colour morphs in Holarctic Odonata: why are male-like females typically the minority?. *International Journal of Odonatology*. **8**: 183-202.

- Forbes, M. R. y Roob. T. 2008. Testing hypotheses about parasite-mediated selection using odonate hosts. (Ed. Córdoba-Aguilar. A) *Dragonflies & Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University. New York.
- Forbes, M. R., Muma, K. E. y Smith, B. P. 2002. Diffuse coevolution: constraints on a generalist parasite favor use of a dead-end host. *Ecography*. **25**: 345-351.
- Gosden, T. y Svensson, E. I. 2009. Density- dependent male harassment, female resistance and male mimicry. *The American Naturalist*. **173**: 709-721.
- Grimaldi, D. y Engel M. S. 2005. *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press. Hong Kong.
- Guillet, C. 2005. *Entomology*. 3<sup>rd</sup> ed. Springer. Netherlands.
- Hamilton, W. D. y Zuk, M. 1982. Heritable true fitness and bright birds: A role for parasites?. *Science*. **218**: 384-387.
- Hassall, C., Lowe, C. D., Harvey, I. F. Watts, P. C. y Thompson, D. J. 2010. Phenology determines seasonal variation in ectoparasite loads in a natural insect population. *Ecological Entomology*. **35**: 514-522.
- Hernández-Martínez, O., Quiroz-Flores, A., Ramírez-García y Lot-Helgueras, A. 2007. Paisaje lacustre: ecología de la vegetación acuática. (Ed. por Lot-Helgueras) *Guía ilustrada de la Cantera Oriente: Caracterización Ambiental e Inventario Biológico*. Coordinación de la Investigación Científica. Secretaría ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Iserbyt, A., Bots, J., Van Dongen, S., Ting, J. J., Van Gossum, H. y Sherratt T. N. Van Gossum H and Sherratt TN. Frequency-dependent variation in mimetic fidelity in an intraspecific mimicry system. *Proceedings. The Royal Society London. Series B*. In press.
- James, J. A., Bert, D. G. y Forbes, M. R. 2009. Wetland type differentially affects ectoparasitic mites and their damselfly hosts. *Ecography*. **32**: 800-806.
- Jiménez- Cortes, J. G. *Insect Physiology*. En prensa.
- Johnston, D. E. 1982. Acari: Synopsis and classification of living organisms. McGraw-Hill. New York.
- Joop, G., Mitschke, A., Rolff, J. y Siva-Jothy, T. M. 2006. Immune function and parasite resistance in male and polymorphic female *Coenagrion puella*. *BioMed Central. Evolutionary Biology*. **6**: 1-10.
- Krantz, G. W. y Walter, D. E. 2009. *A Manual of Acarology*. 3<sup>rd</sup> ed. Texas Tech University Press.
- Lafferty, K. D. 2008. Parasites. (Ed. Jørgensen, S. E.) *Encyclopedia of Ecology*. Elsevier B. V. Spain.
- Lafferty, K. D., Allesina, S., Arim, M., Briggs, C. J., De Leo, G., Dobson, A. P., Dunne, J. A., Johnson, P. T. J., Kuris, A. M., Marcogliese, D. J., Martínez, N. D., Memmott, J., Marquet,

- P. A., McLaughlin, J. P., Mordecai, E. A., Pascual, M., Poulin, R. y Thielges, D. W. 2008. Parasites in food webs: the ultimate missing links. *Ecology Letters*. **11**: 533-546.
- Lafferty, K. D. 2010. Interacting Parasites. *Science. Perspectives*. **330**:187-188.
  - Lajeunesse, M. J. 2007. Ectoparasitism of damselflies by water mites in central florida. *Florida Entomologist*. **90**: 643-649.
  - López-Salmerón, A. y Mendoza-Cuenca, L. 2010. Efecto del parasitismo por ácaros acuáticos en la adecuación de *Argia* sp. (Odonata: Coenagrionidae). *Biológicas*. **12**: 122-128.
  - Lorenzo-Carballa, M. O., Beatty, C. D., Haitlinger, R., Valdecasas, A. G., Utzeri, C., Vieira, V. y Cordero-Rivera, A. 2011. Larval aquatic and terrestrial mites infesting parthenogenetic *Ischnura hastata* (Odonata: Coenagrionidae) from the Azores islands. *Experimental and Applied Acarology*. **54**: 225-241.
  - Lot-Helgueras, A. 2007. La cantera oriente: a manera de introducción. (Ed. por Lot-Helgueras) *Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: Caracterización Ambiental e Inventario Biológico*. Coordinación de la Investigación Científica. Secretaria ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
  - McKinnon, J. S. y Pierotti, M. R. 2010. Colour polymorphism and correlated characters: genetic mechanisms and evolution. *Molecular Ecology*. **19**: 5101-5125.
  - Mitchell, R. D. y Cook, D. R. 1952. The preservation and mounting of water-mites. *Turtox News*, **30**: pages not numbered.
  - Moore, J. 2002. *Parasites and the Behavior of Animals*. New York. Oxford University Press. Printed United States of America.
  - Nunn, C. L., Lindenfors, P., Pursall, E. R. y Rolff, J. 2009. On sexual dimorphism in immune function. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*. **364**: 61-69.
  - Peralta-Vázquez, G. H. 2006. Parasitismo por gregarinas (Protozoa) y ácaros (Àcari) en nueve especies de Zygoptera (Insecta: Odonata). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
  - Portal de la Reserva Ecológica Pedregal de San Ángel (en línea). Fecha de actualización: 31/01/2007. Consulta: 27/06/2011. Disponible en Internet: [http://www.cic-ctic.unam.mx:31101/reserva\\_ecologica](http://www.cic-ctic.unam.mx:31101/reserva_ecologica)
  - Portal del Servicio Meteorológico Nacional – Comisión Nacional del Agua. 2010. Disponible en internet: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12&Itemid=77](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77)

- Poulin, R. 1998. *Evolutionary Ecology of Parasites. From Individuals to Communities*. Chapman & Hall. London: Printed Great Britain.
- Poulin, R. 2011. The Many Roads to Parasitism: A Tale of Convergence. (Ed. Rollinson, D. y Hay, S. I.) *Advances in Parasitology*. Academic Press. Burlington.
- Prasad, V. y Cook, D. R. 1972. *The Taxonomy of Water Mite Larvae*. Indira Publishind House. West Bloomfield. Michigan, U.S.A.
- Preston, D. L. y Johnson, P. 2010. Ecological Consequences of Parasitism. *Nature Education Knowledge*. **1**: 39.
- Proctor, H. C. 2007. Aquatic mites in assessments of stream invertebrate diversity. (Ed. Morales-Malacara, J. B., Behan-Pelletier, V., Ueckermann, E., Pérez, T. M., Estrada-Venegas, E. G. y Badii, M.) *Acarology XI: Proceedings of the International Congress*. Instituto de Biología and Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México; Sociedad Latinoamericana de Acarología. México.
- Proctor, H. y Pritchard, G. 1989. Neglected predators: water mites (Acari: Parasitengona: Hydrachnellae) in freshwater communities. *The North American Benlhological Society*. **8**: 100-101.
- Reillo, P. R. 1989. Mite parasitism of the polymorphic spider, *Enoplognatha Ovata* (Araneae, Theridiidae), from coastal maine. *The Journal of Arachnology*. **17**: 246-249.
- Resh, V.H. y Cardé, R. T. 2003. *Encyclopedia of Insects*. Elsevier Science. Hong Kong. 1295.
- Resh, V.H. y Cardé, R. T. 2009. *Encyclopedia of Insects*. 2<sup>nd</sup> Ed. Elsevier Science. China. 1169.
- Robb, T., Forbes, M. R. y Jamieson, I. G. 2004. Engorgement success of parasitic mites on adult sexes of the colour polymorphic mountain stone weta. *New Zealand Journal of Zoology*. **31**: 249-254.
- Robertson, H. M. 1985. Female dimorphism and mating behaviour in a damselfly, *Ischnura ramburi*: females mimicking males. *Animal Behaviour*. **33**: 805-809.
- Rolff, J. 1999. Parasitism increases offspring size in a damselfly: experimental evidence for parasite-mediated maternal effects. *Animal Behaviour* **58**:1105–1108.
- Rolff, J. 2002. Bateman's principle and immunity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. **269**: 867-872.
- Roulin, A. 2004. The evolution, maintenance and adaptative function of genetic colour polymorphism in birds. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. **79**: 815-848.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Schmid-Hempel, P. 2011. *Evolutionary Parasitology: The Integrate Study of Infections, Immunology, Ecology, and Genetics*. Oxford. University press.

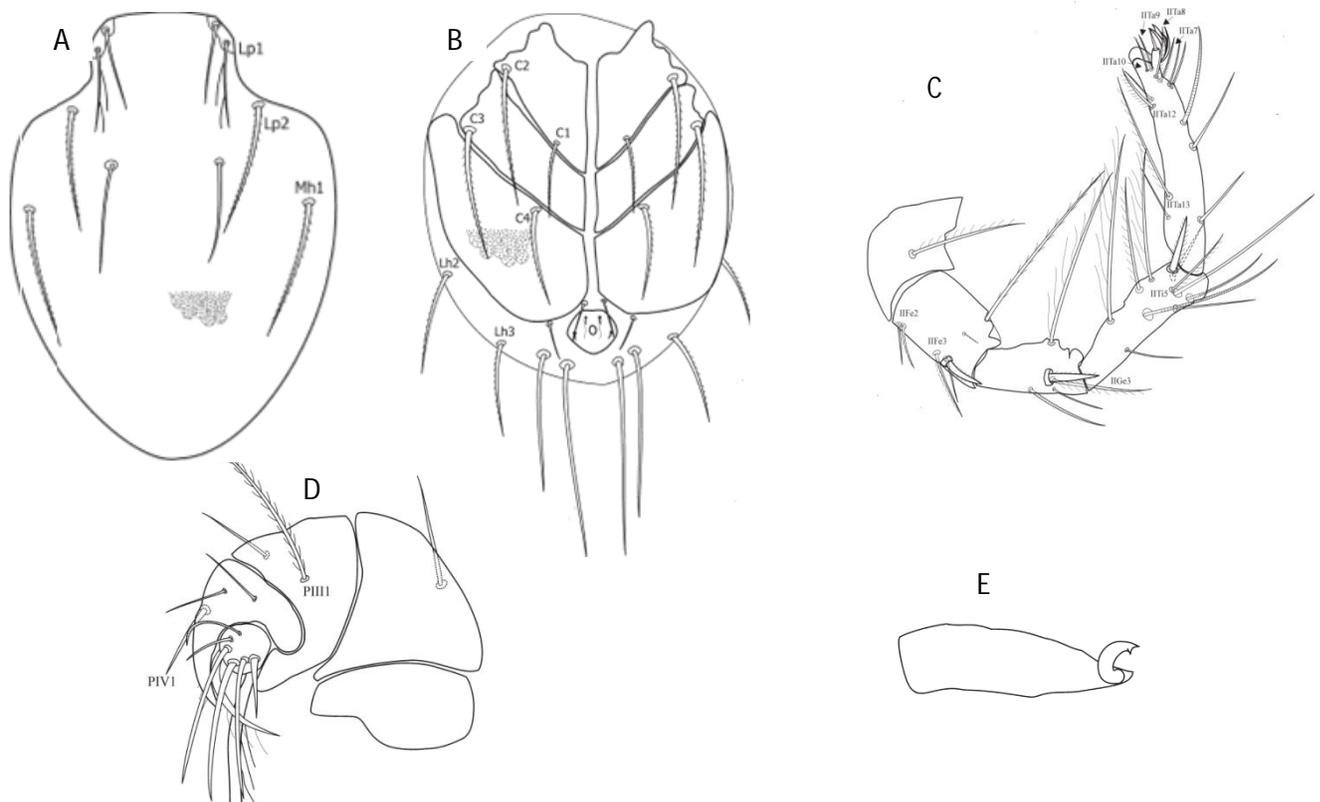
- Schulenburg, H., Kurtz, J., Moret, T. y Siva-Jothy, M. T. 2009. Introduction. Ecological immunology. *Proceedings of the Royal Society London Series B*. **364**: 3-14.
- Segura-Burciaga S. 2009. Introducción de especies: la invasión y el control de *Eucalyptus resinífera*. (Ed. Lot, A. y Cano-Santana, Z.) *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel: Libro Conmemorativo del 25 Aniversario de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria*. Coordinación de la Investigación Científica. Secretaria ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Serrano-Meneses, M. A., Córdoba-Aguilar, A., Méndez, V., Layen, S.J. y Székely, T. 2007. Sexual size dimorphism in the American Rubyspot: male body size predicts male competition and mating success. *Animal Behavior*. **73**: 987-997
- Sinervo, B., Bleay, C. y Adomopoulou, C. 2001. Social causes of correlational selection and the resolution of a heritable throat color polymorphism in a lizard. *Evolution*. **55**: 2040-2052.
- Sirot, L. K., Brockmann, H.J., Marnis, C. y Muschett, G. 2003. Maintenance of a female-limited polymorphism in *Ischnura ramburi* (Zygoptera: Coenagrionidae). *Animal Behavior*. **66**: 763-775.
- Smyth, J. D. 1994. *Introduction to Animal Parasitology*. 3<sup>rd</sup> ed. Cambridge University Press. Cambridge.
- Stoks, R. y Córdoba-Aguilar, A. 2011. Evolutionary ecology of Odonata: A complex life cycle perspective. *Annual Review of Entomology*. **57**: 249-265.
- Suhonen, J., Rantala, M. J., y Honkavaara, J. 2008. Territoriality in odonates. (Ed. Córdoba-Aguilar) *Dragonflies & Damselflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University. New York.
- Taylor, P.D. y Merriam, D. 1996. Habitat fragmentation and parasitism of a forest damselfly. *Landscape Ecology*. **11**: 181-189.
- University of Puget Sound. Mexican Odonata. 2011: [http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater\\_museum/biodiversity-resources/dragonflies/mexican-odonata/](http://www.pugetsound.edu/academics/academic-resources/slater_museum/biodiversity-resources/dragonflies/mexican-odonata/). (Junio 2011).
- Van Gossum, H., Bots, J., Van Heusden, J., Hammers, M., Huyghe, K. y Morehouse, N. I. 2011. Reflectance spectra and mating patterns support intraspecific mimicry in the colour polymorphic damselfly *Ischnura elegans*. *Evolutionary Ecology*. **25**: 139-154.
- Walter, D. E., Lindquist, E.E., Smith, I. M., Cook, D. R. y Krantz, G. W. 2009. Order Trombidiformes. *A Manual of Acarology*. 3<sup>rd</sup> Ed. (Ed. Krantz, G.W. and Walter, D. E.) Texas Tech University Press.
- Yourth, C. P., Forbes, M. R. y Smith, B. P. 2002. Immune expression in a damselfly is related to time or season, not to fluctuating asymmetry or host size. *Ecological Entomology*. **27**: 123-28.

- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- Zawal, A. 2006. Morphology of the larval stages of the water mites *Arrenurus bicuspidator*, *A. tricuspikator* y *A. tetracyphus*(Arrenuridae). *Acarina*. **14**: 85-92.
- Zawal, A. 2008. *Morphological characteristics of water mite larvae of the genus Arrenurus Dugès, 1834, with notes on the phylogeny of the genus and an identification key*. Magnolia Press. New Zealand.
- Zawal, A. y Dyatlova, E. 2009. Parasitizing on damselflies (Odonata: Coenagrionidae) by water mite (Acari:Hydrachnidia) larvae from Odessa province (Southwestern Ukraine). *Natura Montenegrina, Podgorica*. **7**: 453-462.
- Zuk, M. y McKean, K. 1996. Sex differences in parasite infections: Patterns and Processes. **26**: 1009-1024.

## 9 ANEXO

### Familia *Arrenuridae* (descripción de estadio larval)

Esta familia cuenta con alrededor de 1100 especies descritas. Se caracterizan morfológicamente por presentar una placa dorsal larga, que cubre prácticamente todo el idiosoma y cuatro pares de setas propodosomales Mh1 localizadas. Ventral presentan placas coxales de I a la III separadas una de la otra y seta V4 muy larga como látigo. Cuentan con tres apéndices con cinco segmentos y cada pata con tres uñas (Patas I a la III). Los segmentos basales de los quelíceros están separados medianamente; seta T4 o T5 (tarso II, III) corta y nunca en forma de látigo. Palpos cortos, con un tarso muy corto en forma de dedo. Además la quela se encuentra dentada (Cook, 1972).



Morfología de la larva de *Arrenurus bicuspidator* y *Arrenurus cuspidator* (base del gnatosoma omitida): **A**) Posición dorsal, **B**) Posición ventral, **C**) Tercer apéndice, **D**) Quelíceros **E**) Quela. Tomado de Zawal 2008