



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSGRADO EN FITOSANIDAD**

**ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

**TABLAS DE VIDA Y VORACIDAD DE  
DOS ESPECIES DE HEMEROBIIDAE  
(NEUROPTERA) ALIMENTADOS CON  
*Melanaphis sacchari* (HEMIPTERA:  
APHIDIDAE)**

**VÍCTOR MANUEL ALMARAZ VALLE**

**T E S I S  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO**

2019

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Victor Manuel Almaraz Valle, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor J. Refugio Lomeli Flores, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "TABLAS DE VIDA Y VORACIDAD DE DOS ESPECIES DE HEMEROBIIDAE (NEUROPTERA) ALIMENTADOS CON Melanaphis sacchari (HEMIPTERA: APHIDIDAE)"

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 28 de Agosto de 2019



Firma del  
Alumno (a)




Dr. J. Refugio Lomeli Flores  
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **TABLAS DE VIDA Y VORACIDAD DE DOS ESPECIES DE HEMEROBIIDAE (NEUROPTERA) ALIMENTADOS CON *Melanaphis sacchari* (HEMIPTERA: APHIDIDAE)**, realizada por el alumno: **Víctor Manuel Almaraz Valle**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

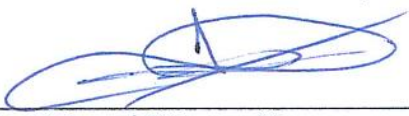
CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. J. Refugio Lomeli Flores

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Esteban Rodríguez Leyva

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
M.C. José Manuel Vázquez Navarro

Montecillo, Texcoco, Estado de México, agosto de 2019

**TABLAS DE VIDA Y VORACIDAD DE DOS ESPECIES DE HEMEROBIIDAE  
(NEUROPTERA) ALIMENTADOS CON *Melanaphis sacchari* (HEMIPTERA:  
APHIDIDAE)**

**Víctor Manuel Almaraz Valle, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2019**

**RESUMEN**

El pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*) es nativo de África y a partir de 2013 se presentó como plaga en el cultivo del sorgo en el sur de EE. UU. y norte de México. Este factor de origen complicó su regulación natural y ocasionó pérdidas de hasta 90% de la producción cuando no se aplicaron tácticas de combate. Entre las tácticas más frecuentes está el uso de insecticidas sintéticos incluyendo el tratamiento a la semilla y uso de híbridos resistentes; no obstante, para el manejo de esta plaga también se ha implementado el uso de enemigos naturales como liberaciones inundativas de *Chrysoperla carnea*. Este neuróptero únicamente consume presas durante su estado larval, a diferencia de los hemeróbidos que se alimentan en su estado juvenil y durante su estado adulto. Dos especies de estos hemeróbidos se encontraron de manera natural en campos de sorgo infestados con la plaga, por lo que el objetivo de este trabajo fue conocer la identidad de estas especies de hemeróbidos y su potencial de control sobre *M. sacchari*. En la primera parte de este trabajo se determinaron, mediante claves dicotómicas, las especies recolectadas en campo, éstas fueron *Micromus posticus* y *Micromus subanticus*. Mientras que en la segunda parte, se determinaron los parámetros biológicos para ambas especies. *Micromus subanticus* tuvo un tiempo de desarrollo menor (19.8 d) que *M. posticus* (20.8 d), además, vivió 20 días más como adulto (57 d) con respecto a *M. posticus*. De igual manera, la fecundidad y fertilidad fueron más altas para *M. subanticus* (660 huevos y 71%, respectivamente) que para *M. posticus* (169 huevos y 49%, respectivamente). La voracidad de *M. posticus* fue de 2,471 pulgones, mientras que *M. subanticus* consumió 2,734. Esto sugiere que *M. subanticus* tiene mayor potencial como controlador de *M. sacchari*, debido a que tuvo una producción de 470% más hembras ( $R_0$ ) con respecto a *M. posticus* y 300% más que *M. sacchari*, además de contar con una tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) mayor (0.13) que *M. posticus* (0.08), y un tiempo generacional (T) más corto (38.5 d) con respecto a *M. posticus* (43.4 d), lo que podría tener un efecto sobre las poblaciones de *M. sacchari*.

**Palabras clave:** sorgo, pulgón amarillo del sorgo, control biológico, *Micromus*.

**LIFE HISTORY OF TWO SPECIES OF BROWN LACEWING (NEUROPTERA: HEMEROBIIDAE) FEEDING ON *Melanaphis sacchari* (HEMIPTERA: APHIDIDAE)**

**Víctor Manuel Almaraz Valle, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2019**

**ABSTRACT**

Sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) is native from Africa and since 2013 has been a damaging sorghum field in southern of EE. UU. and northern of México. The origin of this pest complicated its natural regulation and it caused damage until 90% of production when farmers did not use some techniques of control. The control tactics more frequently used includes resistant hybrids and chemical control; however, for the management of this pest in some places mass releases of *Chrysoperla carnea* were implemented. This lacewing feeds only in larval state, unlike the brown lacewing who feeds in larval and adult state. Two species of these predators were found in sorghum field infested with sugarcane aphid, so that the goal of this study was to identify those brown lacewings and their potential as biological control agents of *M. sacchari*. Using dichotomous keys the species were determinate as *Micromus posticus* and *Micromus subanticus*. *M. subanticus* had a shorted development time (19.8 d) than *M. posticus* (20.8 d), also *M. subanticus* adult lived 20 days more than *M. posticus*. In the same way, fecundity and fertility were higher in *M. subanticus* (660 eggs and 71%, respectively) than *M. posticus* (169 eggs and 49%, respectively). Voracity of *M. posticus* were 2,471 aphids, while to *M. subanticus* feeds 2,734. These data suggest that *M. subanticus* has higher potential to control *M. sacchari*. *M. subanticus* has the potential to produce 470% more females ( $R_0$ ) respect to *M. posticus* and 300% more than *M. sacchari*, also *M. subanticus* has a higher intrinsic growth rate ( $r_m$ ) (0.13) than *M. posticus* (0.08), moreover *M. subanticus* has a smaller generational time (T) (38.5 d) than *M. posticus* (43.4 d), those parameters indicate that *M. subanticus* could have a positive effect on pest regulation. Nevertheless, more field experiments are needed to answer this question.

**Key words:** sorghum, sugarcane aphid, biological control, *Micromus*.

## DEDICATORIA

A mi madre: **Mirthala Yolanda Valle Ramírez**

Gracias madre por todo el apoyo que me has brindado durante todo este tiempo, por los consejos que me has dado y el ánimo que me inspiras cada día.

A mi padre: † **Crisógono Almaraz Castro**

Todo el tiempo pensé que estarías a mi lado en estos logros de mi vida; sin embargo, no fue así, pero me gustaría que supieras que te extraño mucho y que tú has sido el promotor de lo que soy ahora, Gracias.

A mi hermano: **Chrystian**

Gracias hermanito por ser una gran persona conmigo.

A **Aura Méndez**

Por el tiempo que me has prestado en compañía, por la comprensión que me has tenido en estos días, por el interés que has mostrado en mi trabajo y por preocuparte de mi salud todo el tiempo, gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico para la realización de mis estudios de Posgrado.

Al Colegio de Postgraduados (CP) por haberme dado la oportunidad de continuar con mi formación profesional con sus profesores.

Al Dr. J. Refugio Lomeli Flores, por brindarme la confianza de realizar la investigación con un tema de mi interés, así como el apoyo que se necesitó en todo momento.

Al Dr. Esteban Rodríguez Leyva, por ayudarme durante el proceso de formación transmitiendo sus conocimientos sobre el área.

Al M. C. José Manuel Vázquez Navarro, por creer en mí, por brindarme el apoyo y la confianza en todos los momentos que fueron necesarios.

Al Dr. Juan Manuel Vanegas Rico, por la confianza brindada, el apoyo moral e intelectual, así como el tiempo dedicado en las revisiones de este documento. “It’s time to duel”.

A Silvia Colín, por la ayuda brindada durante el periodo de la maestría en todos los procesos administrativos que se necesitaron.

A Gonzalo Espinosa Vásquez por ser mi amigo y colega durante la realización de este trabajo.

A mis amigos, Daniel Gómez Hernández, Cesar Abraham Trejo Reyes, Eduardo Murillo Hernández, Oscar Arturo Barreto García, Jannet Jaraleño Teniente, Carlos Patricio Illescas Riquelme, Reyna Vargas, Trinidad Lomeli por el apoyo y la ayuda durante el posgrado.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
<b>CAPÍTULO 1. NUEVA DISTRIBUCIÓN DE DOS ESPECIES DE HEMEROBIIDAE (NEUROPTERA) ASOCIADOS CON <i>MELANAPHIS SACCHARI</i> (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EN EL CENTRO DE MÉXICO.....</b>	<b>5</b>
1.1. RESUMEN.....	5
1.2. INTRODUCCIÓN.....	5
1.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
1.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
<b>CAPÍTULO 2. BIOLOGÍA Y TABLAS DE VIDA Y FERTILIDAD DE DOS ESPECIES DE HEMERÓBIDOS (NEUROPTERA: HEMEROBIIDAE) ALIMENTADOS CON <i>MELANAPHIS SACCHARI</i> (HEMIPTERA: APHIDIDAE).....</b>	<b>13</b>
2.1. RESUMEN.....	13
2.2. INTRODUCCIÓN.....	14
2.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
Material biológico.....	15
Cría de hemeróbidos.....	16
Tiempo de desarrollo y longevidad.....	16
Voracidad.....	17
Fecundidad y fertilidad de <i>M. posticus</i> y <i>M. subanticus</i> .....	17
Análisis de datos.....	18
2.4. RESULTADOS.....	19
Tiempo de desarrollo y longevidad.....	19
Voracidad.....	21
Fecundidad y Fertilidad de <i>M. posticus</i> y <i>M. subanticus</i> .....	22



<b>Tablas de vida</b> .....	24
<b>2.5. DISCUSIÓN</b> .....	25
<b>2.6. AGRADECIMIENTOS</b> .....	29
<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL</b> .....	30
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	35

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Especies de Hemerobiidae recolectados depredando <i>Melanaphis sacchari</i> en la región central de México.....	8
Cuadro 2.1. Tiempo de desarrollo y longevidad de adultos (días $\pm$ EE) de <i>Micromus posticus</i> y <i>M. subanticus</i> alimentados con <i>Melanaphis sacchari</i> a $25 \pm 1$ °C; 70 H.R. y 12:12 h L:O. ....	20
Cuadro 2.2. Voracidad (consumo $\pm$ EE) de <i>Micromus posticus</i> y <i>Micromus subanticus</i> (n= 15) alimentados con ninfas III y IV de <i>Melanaphis sacchari</i> a $25 \pm 1$ °C; 70 H.R. y 12:12 h L:O. ....	22
Cuadro 2.3. Parámetros demográficos para los depredadores <i>Micromus posticus</i> , <i>Micromus subanticus</i> y <i>Chrysoperla carnea</i> , además del fitófago <i>Melanaphis sacchari</i> .....	25

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. <i>Micromus posticus</i> . A) Adulto; B) Ala anterior; C) Ala posterior; D) Noveno terguito, vista lateral; E) Gonarco; F) Paramero dorsal; G) Terminalia masculina, vista lateral. ....	10
Figura 1.2. <i>Micromus subanticus</i> . A) Adulto; B) Ala anterior; C) Ala posterior; D) Noveno terguito, vista lateral; E) Gonarco; F) Paramero dorsal; G) Terminalia masculina, vista lateral. ....	11
Figura 2.1. Longevidad de adultos de <i>Micromus</i> alimentados con <i>Melanaphis sacchari</i> en condiciones de laboratorio.....	21
Figura 2.2. Fecundidad por semana de dos especies de <i>Micromus</i> (huevos + E.E.). Las barras con asterisco (*) muestran diferencias significativas entre especies en la misma semana ( <i>t</i> de Student, $p \leq 0.05\%$ ).....	23
Figura 2.3. Porcentaje de huevos fértiles por tratamiento. Las barras con asterisco (*) muestran diferencias significativas en la misma semana ( <i>t</i> de Student, $p \leq 0.05\%$ )...	24

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Los neurópteros son un grupo de insectos de distribución cosmopolita que se caracterizan por la presencia de numerosas nervaduras en las alas (New, 1975; Contreras-Ramos y Rosas, 2014), estos organismos se agrupan en el superorden Neuropterida, conformado por los órdenes Megaloptera, Raphidioptera y Neuroptera (Grustán, 2015a, 2015b; Ribera y Melic, 2015; Oswald, 2018). A excepción de la familia Sisyridae, asociada a esponjas acuáticas (Bowless, 2006; Rueda *et al.*, 2014), los neurópteros se consideran insectos benéficos en la agricultura, de los cuales destacan las familias Coniopterygidae, Hemerobiidae y Chrysopidae como agentes potenciales de control biológico (Montserrat, 2016).

Los crisópidos son conocidos agentes de control biológico (New, 1999; Atlihan *et al.*, 2004; Albuquerque *et al.*, 2007), frecuentemente incluidos en el manejo de plagas agrícolas (Saeed y Razaq, 2015; Saljoqi *et al.*, 2016; SENASICA, 2018), y de fácil manejo debido a la existencia de métodos de cría con dietas merídicas (Finney, 1948). No obstante, únicamente el estado larval tiene hábito depredador (New, 1975); en contraste con los hemeróbidos cuyas larvas y adultos tienen este hábito. Este grupo, aunque en menor proporción, también se ha trabajado con dietas merídicas y algunos se encuentran comercialmente a la venta (Stelzl y Hassan, 1992; Souza y Ciociola, 1997; van Lenteren, 2012; Yayla y Satar, 2013). De los hemeróbidos, se tiene un conocimiento limitado, pero se les ha reportado como agentes potenciales de control (Neuenschwander, 1975; Maelxer, 1977, Samson y Blood, 1979; New, 1984; Sato y Takada, 2004; Yayla y Satar, 2012).

Entre las presas que consumen los hemeróbidos se encuentran especies de psílidos (New, 1984), cóccidos (MacLeod y Stange, 2017), dactilópodos (Pacheco-Rueda *et al.*, 2011), pseudocóccidos (Bodenheimer, 1951; Yayla y Satar, 2012) y áfidos (Smith, 1923; Selhime y Kanavel, 1968; Neuenschwader, 1975; Samson y Blood, 1979; Sato y Takada, 2004; Yayla y

Satar, 2013). En este último grupo, está el pulgón amarillo del sorgo (PAS) *Melanaphis sacchari* Zehntner, 1897, fitófago reportado en el continente Americano desde 1999 en cultivos de caña de azúcar en el estado de Louisiana, EE. UU., donde se le nombró como “sugarcane aphid” (White *et al.*, 2001). Este pulgón para el año 2013 amplió su distribución sobre cultivares de sorgo en el sur de EE. UU. y el norte de México (Rodríguez-Del-Bosque y Terán, 2015; Bowling *et al.*, 2016). Poco tiempo después se reportó en 26 estados de la República Mexicana sobre el cultivo del sorgo y plantas arvenses (Peña-Martínez *et al.*, 2018).

El sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, a nivel mundial tiene una producción estimada de 58.7 millones de toneladas métricas (2019-2020). EE. UU. ocupa el primer lugar de producción con 7.8 millones de toneladas y México el tercer lugar con 5 millones de toneladas (USDA, 2019). Este cereal, libre de gluten, presenta características agronómicas y nutricionales benéficas en la alimentación humana y animal (Kulamarva *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2010), por lo que forma parte de la dieta principal de poblaciones que viven en zonas semiáridas (Kulamarva *et al.*, 2009). Se usa para elaborar harinas, pan, cerveza y bebidas, así como alternativa al consumo de arroz en países como Kenia (FAO, 1999). En México, su principal uso radica en la elaboración de harinas compuestas, alimentos balanceados, pan, almidón, alcohol industrial, glucosa y solventes (SAGARPA, 2017). Entre los estados con mayor producción de sorgo forrajero se encuentra Coahuila, con un valor de la producción en 2018 de \$337 millones de pesos (MDP), equivalente al 17.5% de la producción nacional; por otro lado, Tamaulipas generó en 2018 \$6,364 MDP, equivalente al 41.6% del valor de la producción nacional de sorgo de grano (SAGARPA, 2018).

A causa de las infestaciones por el PAS en EE. UU. y México se llegaron a registrar pérdidas del 60 al 90% de la producción del cultivo de sorgo de grano por daños directos e indirectos en éste (Bowling *et al.*, 2016). Los principales daños visibles sobre el sorgo son hojas

moradas, decoloración de las plantas seguido por clorosis, necrosis, atrofia, retraso de la floración y desarrollo de fumagina que crece en la mielecilla excretada por los áfidos que cae sobre el follaje y le sirve al hongo como fuente de nutrientes (Michaud *et al.*, 2017). Además, si la alimentación de *M. sacchari* continua a través de las etapas del llenado del grano, esto puede reducir el tamaño de la panícula y el peso de la semilla (Singh *et al.*, 2004; Bowling *et al.*, 2016).

Debido a los daños ocasionados en el cultivo a causa de *M. sacchari*, se implementaron diferentes tácticas para su manejo, entre ellos el uso de insecticidas sintéticos (Jones *et al.* 2015; Bowling *et al.*, 2016; Michaud *et al.*, 2017). De igual forma, se implementó el uso de híbridos de sorgo (Hernández-Arenas *et al.*, 2016) y la generación de nuevas líneas de germoplasma resistente o tolerante a *M. sacchari* (Peterson *et al.*, 2018). Es una práctica generalizada el tratamiento químico a semillas para proteger a la plántula durante los primeros 21 días (Brewer, 2016), la evaluación de extractos vegetales (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 2016) y la propuesta de uso de enemigos naturales comerciales como *Chrysoperla carnea* (Stephens) contra esta plaga (SENASICA, 2018). Sin embargo, la naturaleza exótica de esta plaga, ha dificultado el papel de los entomófagos comercialmente disponibles.

A pesar de que *M. sacchari* no es nativo del continente americano, existe un grupo importante de enemigos naturales generalistas que se alimentan de áfidos, por lo que es indispensable conocerlos y saber si pudieran tener algún papel en el control natural de esta plaga, para considerar su conservación o incremento. Los reportes de diferentes regiones de EE.UU. y México, señalan 29 enemigos naturales, de estos destacan los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera y Neuroptera (Singh *et al.*, 2004; Bowling *et al.*, 2016; Cortez-Mondaca *et al.*, 2016; Peña-Martínez *et al.*, 2018). En este último grupo se mencionan hemeróbidos asociados al pulgón amarillo (Singh *et al.*, 2004; Bowling *et al.*, 2016), mientras que, en diferentes estados de México, también se han encontrado poblaciones de hemeróbidos alimentándose sobre *M.*

*sacchari* (Almaraz-Valle *et al.*, datos inéditos). Dichos depredadores pueden completar su ciclo biológico alimentándose del PAS, por tal motivo, en el presente trabajo se planteó, en primera instancia, establecer la identidad de las especies encontradas en Guanajuato, Estado de México y Morelos, para después, en estudios de laboratorio, determinar diferentes aspectos de su biología como el desarrollo larval, longevidad, fecundidad, fertilidad, voracidad y tablas de vida al alimentarse sobre *M. sacchari*, como una manera de iniciar con la medición de su potencial como agentes de control biológico de esta plaga.

# CAPÍTULO 1. NUEVA DISTRIBUCIÓN DE DOS ESPECIES DE HEMEROBIIDAE (NEUROPTERA) ASOCIADOS CON *MELANAPHIS SACCHARI* (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EN EL CENTRO DE MÉXICO

## 1.1. RESUMEN

*Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) es una plaga de reciente introducción en el sur de Estados Unidos y el norte de México; y ha causado más de 90% de pérdidas en cultivares de sorgo, cuando no se realizan acciones de control; aunque cuenta con más de 50 enemigos naturales, a la fecha solo se habían registrado dos especies de hemeróbidos como depredadores, y ninguna se había reportado en México. En colectas realizadas en el centro de México se detectaron dos especies de hemeróbidos del género *Micromus* alimentándose sobre *M. sacchari*, estas se determinaron como *Micromus subanticus* y *M. posticus*, las cuales representan el primer registro en el país.

Palabras clave: pulgón amarillo del sorgo, enemigo natural, depredadores, *Micromus* spp.

## 1.2. INTRODUCCIÓN

Los hemeróbidos son insectos de hábitos depredadores que se alimentan tanto en su estado larval como adulto, sus principales presas son algunas especies de cóccidos, pseudocóccidos y áfidos (New, 1975; 1984; Bodenheimer, 1951). Entre los áfidos presa se encuentran algunas especies que se asocian a gramíneas como *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae) (Singh *et al.*, 2004; Bowling *et al.*, 2016). Esta especie plaga se reportó por primera vez en 2014 en el cultivo de sorgo, *Sorghum bicolor* Moench (Poaceae) en el sur de Estados Unidos de América y norte de México (Rodríguez-del-Bosque y Terán, 2015; Bowling *et al.*, 2016), y causó 90% de pérdidas en la producción de grano cuando no se efectuaron oportunamente medidas de combate (Bowling *et al.*, 2016). A partir de esta experiencia se desarrollaron programas de manejo integrado de *M. sacchari*. Se propuso el uso de variedades



tolerantes, la eliminación de socas y plantas hospedantes, la restricción de fechas de siembra y la conservación de fauna benéfica, ya que los parasitoides y depredadores de otros áfidos presentes en cereales en EE. UU. y México podrían tener un papel relevante en el control natural de esa plaga (Singh *et al.*, 2004; Jones *et al.*, 2015; Brewer, 2016; Michaud *et al.*, 2017, Peterson *et al.*, 2018). Finalmente, las acciones de control químico se establecieron considerando un umbral de acción de 50 a 125 pulgones por planta (Bowling *et al.*, 2016).

A la fecha se han registrado 55 especies de parasitoides y depredadores que se alimentan de *M. sacchari* en el mundo (Singh *et al.*, 2004; Colares *et al.*, 2015; Bowling *et al.*, 2016); en el sur de EE. UU. y México se identificaron 37 especies (Singh *et al.*, 2004; Cortez-Mondaca *et al.*, 2016; Rodríguez-Vélez *et al.*, 2016). El grupo con mayor número de especies es Coleoptera y en menor medida Diptera y Neuroptera (Singh *et al.*, 2004; Bowling *et al.*, 2016; Rodríguez-Vélez *et al.*, 2016). En este último orden se ha puesto mayor atención a las especies de Chrysopidae, donde se han reportado al menos 10 especies y se han realizado estudios de biología y capacidad depredadora de algunas de ellas (Rana *et al.*, 2017; Panth *et al.*, 2017). En varios países hay especies de este grupo que están comercialmente disponibles para el combate de plagas, incluso en México se desarrolló un programa gubernamental que planteaba la liberación masiva de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) para combatir esta plaga (SENASICA, 2018), a pesar de que esa especie no es la más común en los campos de sorgo en México (Cortez-Mondaca *et al.*, 2016). Otra familia de Neuroptera que se ha citado alimentándose de *M. sacchari* es Hemerobiidae (Singh *et al.*, 2004; Bowling *et al.*, 2016). Sin embargo, hay pocos estudios de esta familia, a pesar de que sus especies presentan hábitos depredadores en etapa larval y adulto (New 1984; MacLeod y Stange, 2017; Yayla y Satar, 2012), lo que pudiera ser una ventaja con respecto a las crisopas. En diferentes regiones agrícolas de México se han buscado enemigos naturales de *M. sacchari* y se observó de manera esporádica algunas especies de hemeróbidos,

pero se desconoce su identidad. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar las especies de hemeróbidos alimentándose de *M. sacchari* en sorgo en tres localidades del centro de México.

### **1.3. MATERIALES Y MÉTODOS**

La búsqueda y recolecta de hemeróbidos se realizó en tres sitios en el centro de México durante el ciclo verano-otoño de 2016 y 2018, la exploración se desarrolló en cultivos de sorgo sobre predios comerciales y experimentales antes y durante la fructificación en los municipios de Celaya (Guanajuato), Montecillo, Texcoco (Estado de México) y Tepalcingo (Morelos). Para la recolecta se emplearon redes de golpeo a los márgenes y al centro de las parcelas sobre el follaje. Además, con un aspirador bucal, se recolectaron adultos de manera directa cuando estaban alimentándose sobre *M. sacchari* en plantas de sorgo. Los hemeróbidos recolectados de campo se conservaron en alcohol al 70% y se trasladaron al laboratorio de control biológico del Colegio de Postgraduados para su identificación. La determinación genérica se realizó con las claves dicotómicas de Oswald (1993) y la específica con las claves de Carpenter (1940), Klimaszewski y McE. Kevan (1988), y MacLeod y Stange (2017). Adicionalmente, se enviaron imágenes de las características diagnósticas de estructuras reproductivas de adultos machos al Dr. Jan Klimaszewski (Natural Resources Canada, Ottawa, Canadá) quien corroboró la identificación. El Voucher de los ejemplares (etiquetados CEAM-N-H-001 y CEAM-N-H-002) quedaron resguardos en la Colección de Insectos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

### **1.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En total se recolectaron 211 ejemplares de las tres localidades y solo se encontraron dos especies, *Micromus posticus* Walker (Neuroptera: Hemerobiidae) (Figura 1) el cual representó el

72.5% de los ejemplares y el resto de los ejemplares fueron *Micromus subanticus* Walker (Neuroptera: Hemerobiidae) (Figura 2). En Texcoco, Estado de México y Tepalcingo, Morelos, se recolectó el mayor número de ejemplares. En Texcoco fue el único lugar donde se encontraron ambas especies (Cuadro 1). Hasta ahora, es el primer reporte de *M. posticus* como enemigo natural de *M. sacchari*, debido a que *M. subanticus* se ha encontrado en Florida consumiendo a pulgón amarillo sobre caña de azúcar (Singh *et al.*, 2004), mientras que en Texas, EE. UU. se identificó a *Hemerobius* sp. (Neuroptera: Hemerobiidae) sobre el mismo pulgón en el cultivo del sorgo (Bowling *et al.*, 2016).

Cuadro 1.1. Especies de Hemerobiidae recolectados depredando *Melanaphis sacchari* en la región central de México.

Localidad	Fecha de recolecta	Especie	No. de ejemplares
Celaya (Guanajuato) (20° 31' 20" N, -100° 48' 43" W)	15/07/2016	<i>Micromus posticus</i> (Walker)	40
Texcoco (Estado de México) (19°27'37.0" N, -98°54'16.4" W)	23/07/2018	<i>Micromus posticus</i> (Walker)	37
		<i>Micromus subanticus</i> (Walker)	58
Tepalcingo (Morelos) (18°38'17.9" N, 98°50'58.5" W)	18/09/2018	<i>Micromus posticus</i> (Walker)	76

En México las dos especies de hemeróbidos que se recolectaron ya se habían reportado previamente; sin embargo, en ningún caso se identificó a sus presas (Penny, 1977). De esta manera, se agrega una lista de distribución como nuevo registro en dichos estados de la región central de México (Cuadro 1). Así mismo, se determinó por primera vez que *M. posticus* puede completar su desarrollo alimentándose con *M. sacchari*, especie de reciente introducción para México (Rodríguez-del-Bosque y Terán, 2015). Una serie de ensayos en laboratorio por

Almaraz-Valle (datos inéditos) confirmaron que las dos especies de hemeróbidos se alimentaron, completaron su desarrollo y dejaron descendencia fértil alimentándose del PAS.

La identificación de estas especies es relevante para entender qué enemigos naturales participan en el control natural de *M. sacchari*, ya que, en el caso particular de *C. carnea*, que se utiliza mediante liberaciones inundativas en México, aparentemente no es efectivo para regular las poblaciones de esta plaga en ciertas regiones del país (Rodríguez-del-Bosque y Terán, 2018).

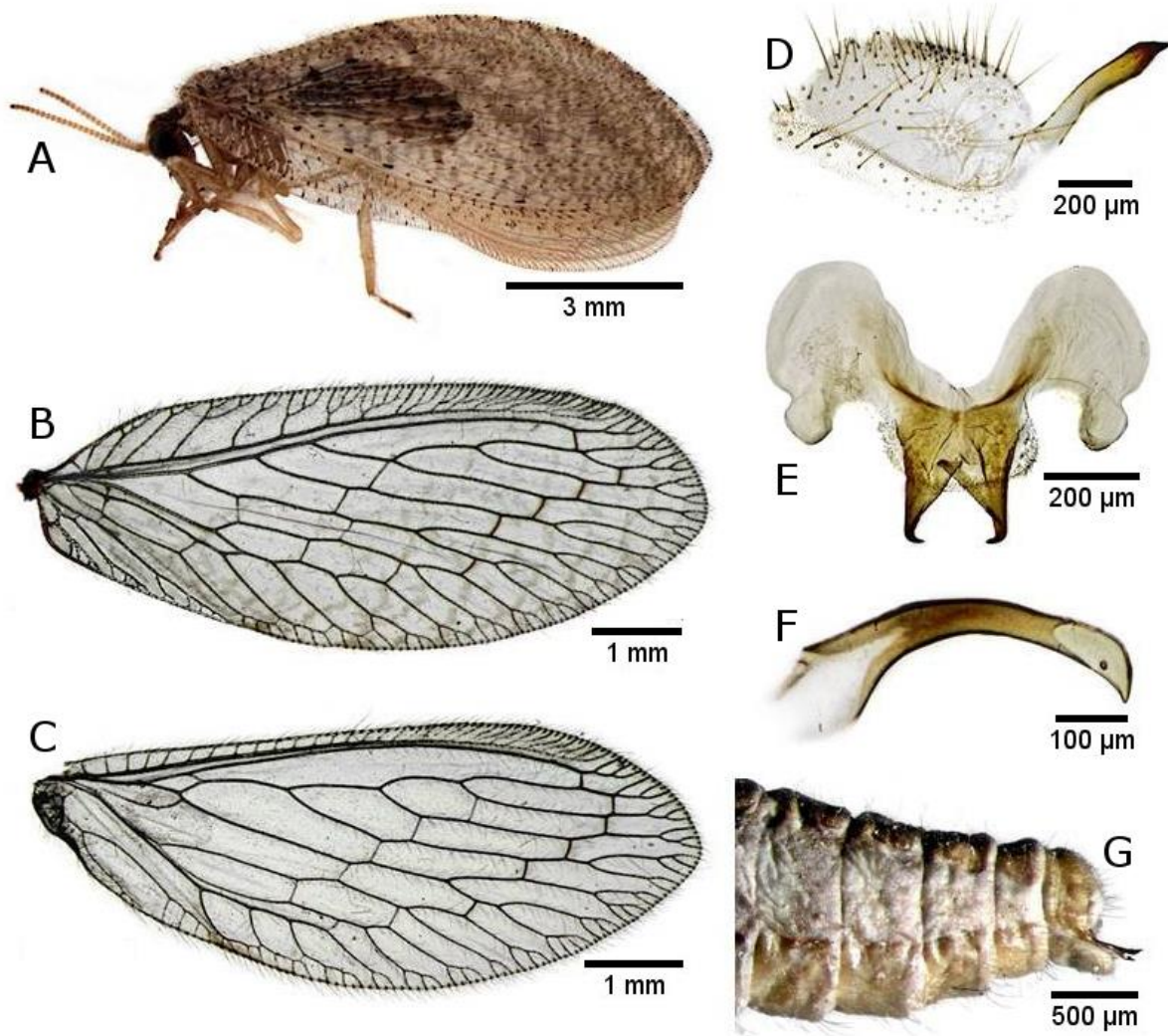


Figura 1.1. *Micromus posticus*. A) Adulto; B) Ala anterior; C) Ala posterior; D) Noveno terguito, vista lateral; E) Gonarco; F) Paramero dorsal; G) Terminalia masculina, vista lateral.

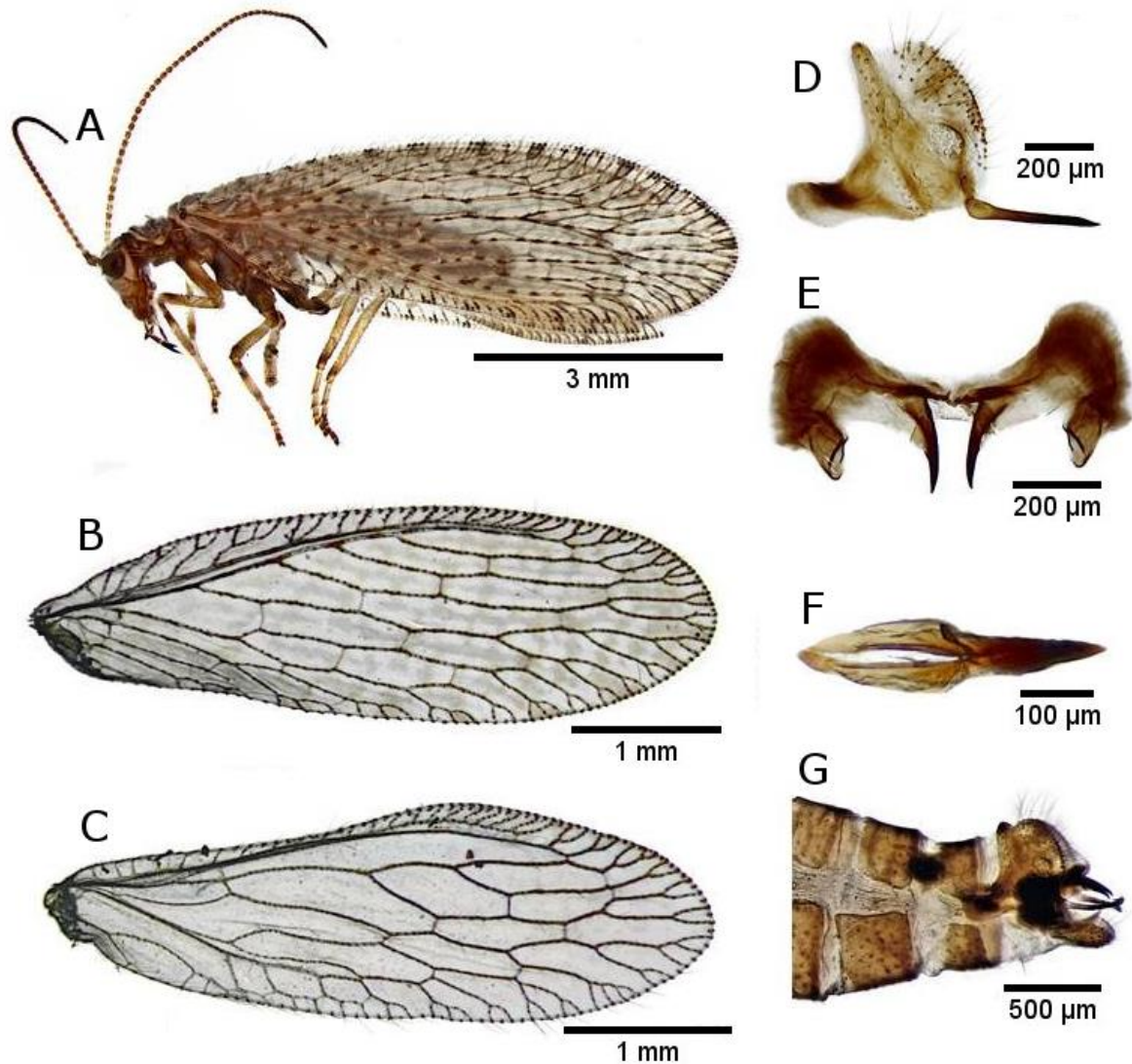


Figura 1.2. *Micromus subanticus*. A) Adulto; B) Ala anterior; C) Ala posterior; D) Noveno terguito, vista lateral; E) Gonarco; F) Paramero dorsal; G) Terminalia masculina, vista lateral.

Aunque los hemeróbidos se alimentan de varias especies plaga de interés agrícola, este grupo ha recibido escasa atención en programas de control biológico (New, 1975; Souza *et al.*, 1990; Yayla y Satar, 2012), probablemente porque se desconocen aspectos de biología y no se ha trabajado su taxonomía. A pesar de ello, algunos trabajos en otros países los señalan como

agentes potenciales de control biológico de psílidos y cóccidos (New, 1975; 1984; MacLeod y Stange, 2017), y también de áfidos (Neuenschwander, 1975; Maelzer, 1977; Samson y Blood, 1979; Sato y Takada, 2004; Yayla y Satar, 2012). Las especies de hemeróbidos que se identificaron en este trabajo se detectaron alimentándose de *M. sacchari*, tienen hábitos depredadores tanto en estado de larva como adulto, y estuvieron presentes en zonas de producción comercial de sorgo, por todo lo anterior es recomendable estudiar su biología y potencial de consumo sobre esta plaga para conocer su papel en el control natural de la misma, y si pudieran tener algún potencial como agentes de control biológico por aumento y/o conservación contra el pulgón amarillo del sorgo.

## **CAPÍTULO 2. BIOLOGÍA Y TABLAS DE VIDA Y FERTILIDAD DE DOS ESPECIES DE HEMERÓBIDOS (NEUROPTERA: HEMEROBIIDAE) ALIMENTADOS CON *MELANAPHIS SACCHARI* (HEMIPTERA: APHIDIDAE)**

### **2.1.RESUMEN**

Los hemeróbidos, insectos de distribución cosmopolita, se alimentan durante su estado larval y adulto de insectos fitófagos. Algunas especies como *Micromus posticus* y *M. subanticus* se reportaron recientemente en México como depredadores del pulgón amarillo del sorgo (PAS) *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), y pudieran tener un efecto importante sobre la densidad poblacional de esta plaga; sin embargo, no se conocen aspectos de la biología de estas especies. Por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el tiempo de desarrollo, longevidad, voracidad y parámetros poblacionales de *M. posticus* y *M. subanticus* al utilizar como presa al PAS. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *M. posticus* fue de 20.8 días, longevidad de 39.7 días y consumió en el estado adulto un máximo de 2,471 áfidos de 3<sup>er</sup> y 4<sup>to</sup> ínstar; mientras que *M. subanticus* tuvo un tiempo de desarrollo de 19.9 días, longevidad de 59.7 días, y un consumo como adulto de 2,734 áfidos. Los parámetros poblacionales fueron más bajos en *M. posticus* que en *M. subanticus*, con tasa neta de reproducción ( $R_0$ ) de 45.9 y 217.5, y una tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) de 0.08 y 0.13, respectivamente. Aunque estos parámetros dan una idea de la capacidad de depredación de ambas especies, se deben realizar estudios de campo y se preferencia de presas para determinar su impacto sobre las poblaciones de *M. sacchari*.

Palabras clave: *Micromus posticus*, *Micromus subanticus*, pulgón amarillo del sorgo, enemigos naturales.



## 2.2.INTRODUCCIÓN

Los neurópteros son insectos benéficos que presentan una distribución cosmopolita (New, 1975; Contreras-Ramos y Rosas, 2014). En este grupo de artrópodos, destacan las familias Chrysopidae y Hemerobiidae por su importancia como enemigos naturales de plagas en el sector forestal y agrícola (Branco *et al.*, 2001; Atlihan *et al.*, 2004; Mansoor *et al.*, 2013; Saljoqi *et al.*, 2016). Algunas especies de crisópidos se han usado en programas de control biológico por aumento, por ejemplo *Chrysoperla carnea* (Stephens) y *C. rufilabris* (Burmeister) para el control biológico en invernadero o campo (New, 1999; SENASICA, 2018). Una de las características que favorecen el uso de estas especies como agentes de control biológico, es la ventaja de desarrollar su cría masiva sobre una dieta merídica (Finney, 1948). Sin embargo, su capacidad de depredar se encuentra restringida al estado juvenil (Albuquerque *et al.*, 1994; Atlihan *et al.*, 2004; Saeed y Razaq, 2015; Saljoqi *et al.*, 2016).

Los hemeróbidos, por su parte, son menos conocidos, aunque se han explotado comercialmente en Europa (Stelzl y Hassan, 1992; Souza y Ciociola, 1997; van Lenteren, 2012; Yayla y Satar, 2013) y a pesar de su potencial de control, ya que estos organismos son depredadores tanto en larva como adulto (New, 1984; MacLeod y Stange, 2017; Yayla y Satar, 2012). Este grupo es de interés en programas de control biológico debido a que se alimenta de dactilópodos (MacLeod y Stange, 2017; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011), pseudocóccidos (Bodenheimer, 1951; Yayla y Satar, 2012), psílidos (New, 1984) y áfidos (Smith, 1923; Selhime y Kanavel, 1968; Neuenschwander, 1975; Samson y Blood, 1979; Sato y Takada, 2004, Yayla y Satar, 2013). Sobre este último grupo de plagas, existen registros que sugieren su potencial biológico como enemigos naturales en diversos ambientes agrícolas y forestales (Neuenschwander, 1975; Maelzer, 1977; Samson y Blood, 1979; Sato y Takada, 2004; Yayla y Satar, 2012).

La biología y distribución de varias especies de hemeróbidos se ha descrito de manera parcial sobre presas en las que se reportaron por primera vez; sin embargo, cada vez que se estudia en una nueva región o ambiente se incrementa el número de presas potenciales en cada especie (Smith, 1923; Selhime y Kanavel, 1968; Samson y Blood, 1979; Syrett y Penman, 1981; New, 1984). En este sentido, *Micromus posticus* (Walker) y *Micromus subanticus* (Walker), son especies que recientemente se encontraron depredando al pulgón amarillo del sorgo (PAS) *Melanaphis sacchari* Zenhtner (Hemiptera: Aphididae) en el centro de México (Capítulo 2 de esta tesis). Esta plaga del sorgo tiene relevancia en el sur de EE.UU., en el norte de México y otros lugares en el mundo (White *et al.*, 2001; Singh *et al.*, 2004; Rodríguez-del-Bosque y Terán, 2015; Bowling *et al.*, 2016) y la falta de aplicación de medidas de manejo, puede ocasionar pérdidas de 60 - 90% en la producción de grano (Bowling *et al.*, 2016).

La presencia natural de *M. posticus* y *M. subanticus* en cultivos de sorgo y la capacidad de completar su ciclo biológico alimentándose de *M. sacchari* (Capítulo 2 de esta tesis), sugiere un impacto de ambas especies de hemeróbidos sobre la población de esta plaga. Sin embargo, los aspectos biológicos de estas especies se desconocen, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el tiempo de desarrollo, longevidad, voracidad y parámetros poblacionales de *M. posticus* y *M. subanticus* al utilizar como presa al PAS.

### **2.3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Material biológico**

La cría de *M. sacchari* se estableció con individuos recolectados de campos de sorgo en Atotonilco, Morelos (18°38'24'' N, -98°51'26'' O); los insectos se desarrollaron en plantas de sorgo híbrido UPM-219 ( $\approx$ 50 cm de altura). Estas plantas se mantuvieron en macetas ( $\Theta = 30$  cm

x 40 cm de altura) con sustrato de tezontle, (grava volcánica porosa) y suelo (50:50) en jaulas con marco de plástico cubiertas de tela organdí (1.5 x 1.5 x 2 m). Estas plantas permanecieron en invernaderos ( $25 \pm 10$  °C; 40-70% HR y fotoperiodo natural) del Colegio de Postgraduados (CP), Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México ( $19^{\circ}29'49''$  N,  $98^{\circ}53'49''$  O).

Las cohortes de ninfas se obtuvieron con la metodología de Salas-Monzón *et al.* (2018), a partir de hembras colocadas en discos de hojas de sorgo en cajas Petri ( $\Theta = 10$  cm). Las cohortes de la presa, la cría de los depredadores y todo el material de los ensayos se mantuvieron en una cámara de cría (Shel Lab) en el Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México a  $25 \pm 1$  °C; 70 H.R. y 12:12 h L:O.

### **Cría de hemeróbidos**

Los adultos de *M. posticus* y *M. subanticus* se recolectaron de parcelas experimentales de sorgo del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México ( $19^{\circ}29'49''$  N,  $98^{\circ}53'49''$  O), donde se alimentaban de *M. sacchari*. Los ejemplares se introdujeron en recipientes plásticos (15 x 15 x 30 cm) con dos orificios laterales (10 x 10 cm) cubiertos con tela organdí para favorecer la ventilación; en esas cajas se colocaban hojas de sorgo infestadas con *M. sacchari* para su alimentación. Además, en cada recipiente se colocó una solución de agua y miel (9:1) en un recipiente de vidrio (10 mL) con una mecha de algodón que se cambió cada tercer día. Para recuperar los huevos de los depredadores, en cada recipiente de cría, se introdujo un cilindro de cartulina negra (material de oviposición) en la pared interna que se sustituyó diariamente para establecer nuevas cohortes.

### **Tiempo de desarrollo y longevidad**

Para determinar el tiempo de desarrollo se partió de una cohorte de 100 huevos (0-5 h de edad) de cada especie de hemeróbido. Los huevos se depositaron individualmente en cajas Petri ( $\Theta = 3$

cm) y se observaron dos veces al día (10:00 y 18:00 h) para registrar el momento de eclosión del huevo, mudas (revisión y observación de la exuvia en cada ínstar) y la emergencia del adulto. Cada ínstar larval tuvo disposición de *M. sacchari ad libitum* durante su desarrollo. Los adultos que emergieron de *M. posticus* y *M. subanticus*, se sexaron y se depositaron individualmente (n= 12♀ y n= 11♂ y n= 12♀ y n= 12♂ respectivamente) en vasos de plástico (30 mL); para su alimentación se les ofreció pulgones (ninfas y adultos) y un algodón saturado con una solución de agua y miel (9:1).

### **Voracidad**

El consumo de áfidos por parte de los hemeróbidos se realizó con una cohorte de 15 larvas de 0-5 h de edad de cada especie. Las larvas se colocaron individualmente en cajas Petri ( $\Theta = 3$  cm) y diariamente se alimentaron con 30, 40, o 60 ninfas, (III y IV ínstar de *M. sacchari*), para larvas I, II y III, respectivamente; mientras que, a los adultos se les ofrecieron 60 ninfas diarias (III y IV ínstar de *M. sacchari*). Cada 24 h se determinaba el número de presas consumidas en cada estado de desarrollo y la longevidad del adulto. Para cada densidad de presa, se estableció un control sin depredador, con el fin de determinar el número de pulgones que morían por causas naturales o por manipulación.

### **Fecundidad y fertilidad de *M. posticus* y *M. subanticus***

La fecundidad se cuantificó en un grupo de 20 parejas de cada especie ( $\approx 8$  h de edad). Cada pareja se colocó en un cilindro de PVC ( $\Theta = 6$  cm x 15 cm de altura) blanco cubierto en ambos extremos con tela organdí para facilitar la ventilación y ofrecer alimento (por la parte superior). Diariamente se proporcionaron ninfas y adultos de *M. sacchari ad libitum*, en la parte superior del cilindro y sobre la tela, se colocó algodón saturado con solución de agua y miel (9:1). El

interior del cilindro se recubrió con cartulina color negro como sustrato de oviposición, éste se retiró diariamente para contar los huevos. Para determinar la fertilidad se registró un promedio de cinco posturas seleccionadas de manera aleatoria cada tercer día. Los grupos de huevos seleccionados se etiquetaron hasta su eclosión y se calculó el porcentaje de fertilidad. El material se aleatorizó diariamente dentro de la cámara bioclimática para asegurar una exposición homogénea a los pequeños cambios climáticos que sucedieran en el interior de la misma.

### **Análisis de datos**

El tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *M. posticus* y *M. subanticus*, sin considerar el sexo, se comparó, utilizando una prueba de *t* de Student, para cada estadio; también se utilizó un análisis de varianza ( $p \leq 0.05\%$ ) al considerar las dos especies y sexos. De la misma manera, la longevidad de adultos se comparó entre especies y sexos con un análisis de varianza ( $p \leq 0.05\%$ ). El consumo diario y total de presas se compararon entre estados de desarrollo y entre especies con la prueba de *t* de Student ( $p \leq 0.05\%$ ). Todos los análisis se desarrollaron con el software Statistix 8.1 Analytical software.

La voracidad diaria ( $V_0$ ) en cada etapa de desarrollo se estimó usando la ecuación de Soares *et al.* (2003):

$$V_0 = (A - a_{24})ra_{24}$$

donde:  $V_0$  es el número de presas consumidas,  $A$  es el número de presas ofrecidas,  $a_{24}$  es el número de presas vivas después de 24 h, y  $ra_{24}$  es la proporción de presas vivas en la ausencia de un depredador después de 24 h.

La fecundidad y fertilidad diaria se agrupó por semana para reducir las variaciones en los datos y evitar sesgos en las últimas semanas cuando hubo menor sobrevivencia de hembras. El

tiempo de pre-oviposición y fecundidad fueron normalizados ( $\log_{10}$ ) antes de analizarlos con un ANOVA y separación de medias (Tukey,  $p \leq 0.05\%$ ) (Atlihan y Özöğkçe, 2002); mientras que la fertilidad semanal entre especies fue comparada mediante una prueba de  $t$  de Student. Las tablas de vida se construyeron con la edad pivotante ( $x$ ), la sobrevivencia a edad específica ( $lx$ ) y fecundidad a edad específica ( $mx$ ) con el método de Birch (1948). El tiempo de desarrollo, fecundidad, fertilidad, supervivencia y proporción sexual se usaron para estimar los parámetros poblacionales a través del programa sugerido por Maia *et al.* (2000) en el paquete estadístico Lifetable SAS (SAS Institute 2000). Dicho programa incluye un método de Jackknife para estimar los niveles de confiabilidad para todos los parámetros (Maia *et al.*, 2000).

## 2.4. RESULTADOS

### Tiempo de desarrollo y longevidad

El tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *M. subanticus* (19.8 d) fue más corto que el de *M. posticus* (20.7 d) ( $t = 3.16$ ;  $gl = 93$ ;  $P = 0.002$ ); en ambas especies el estado de pupa duró alrededor de 8.5 días sin encontrar diferencia entre ellas ( $F_{3,92} = 1.53$ ;  $P = 0.2$ ). El tiempo de desarrollo de las hembras de *M. subanticus* fue más corto que *M. posticus* ( $F_{3,92} = 3.32$ ;  $P = 0.02$ ). A excepción del tiempo de desarrollo del tercer ínstar larval de los machos de *M. posticus*, los demás instares larvales de ambas especies fueron menores de tres días ( $F_{3,92} = 6.75$ ;  $P < 0.001$ ). La proporción sexual de ambas especies estuvo ligeramente sesgada hacia hembras con una relación de 0.6. Las hembras de *M. subanticus* tuvieron un desarrollo relativamente más corto ( $F_{3,92} = 5.45$ ;  $P = 0.002$ ), aunque esa diferencia fue menor de 24 h. Por otro lado, los adultos machos de *M. subanticus* fueron más longevos (74.6 d) en comparación con las hembras de ambas especies y los machos de *M. posticus* ( $F_{3,51} = 10.46$ ;  $P < 0.001$ ) (Cuadro 1).

Cuadro 2.1. Tiempo de desarrollo y longevidad de adultos (días  $\pm$  EE) de *Micromus posticus* y *M. subanticus* alimentados con *Melanaphis sacchari* a  $25 \pm 1$  °C; 70 H.R. y 12:12 h L:O.

Estado	<i>M. posticus</i>		<i>M. subanticus</i>	
	Hembra	Macho	Hembra	Macho
Huevo (F <sub>3,92</sub> = 3.32; P = 0.02)	4.5 $\pm$ 0.03 <b>ab</b>	4.5 $\pm$ 0.04 <b>a</b>	4.4 $\pm$ 0.03 <b>b</b>	4.4 $\pm$ 0.02 <b>ab</b>
Larva I (F <sub>3,92</sub> = 3.69; P = 0.01)	2.7 $\pm$ 0.11 <b>a</b>	2.7 $\pm$ 0.11 <b>a</b>	2.4 $\pm$ 0.10 <b>a</b>	2.3 $\pm$ 0.09 <b>a</b>
Larva II (F <sub>3,92</sub> = 0.74; P = 0.5)	2.2 $\pm$ 0.07 <b>a</b>	2.1 $\pm$ 0.08 <b>a</b>	2.1 $\pm$ 0.10 <b>a</b>	2.2 $\pm$ 0.06 <b>a</b>
Larva III (F <sub>3,92</sub> = 6.75; P < 0.001)	2.8 $\pm$ 0.09 <b>ab</b>	3.0 $\pm$ 0.17 <b>a</b>	2.4 $\pm$ 0.10 <b>c</b>	2.6 $\pm$ 0.07 <b>bc</b>
Pupa (F <sub>3,92</sub> = 1.53; P = 0.2)	8.4 $\pm$ 0.19 <b>a</b>	8.6 $\pm$ 0.24 <b>a</b>	8.2 $\pm$ 0.20 <b>a</b>	8.7 $\pm$ 0.17 <b>a</b>
Huevo a adulto (F <sub>3,92</sub> = 5.45; P = 0.001)	20.7 $\pm$ 0.29 <b>a</b>	20.9 $\pm$ 0.3 <b>a</b>	19.3 $\pm$ 0.36 <b>a</b>	20.3 $\pm$ 0.24 <b>a</b>
Huevo a adulto total especies	20.7 $\pm$ 0.2		19.8 $\pm$ 0.2*	
Longevidad (F <sub>3,58</sub> = 2.23; P = 0.09)	33.3 $\pm$ 3.1 <b>a</b>	39.7 $\pm$ 2.2 <b>a</b>	37.8 $\pm$ 7.3 <b>a</b>	55.1 $\pm$ 12.5 <b>a</b>
Longevidad total especies	37.9 $\pm$ 1.7		57.9 $\pm$ 6.8*	

\*Comparación hembras-machos *t* de Student ( $p \leq 0.05\%$ ).

Letras minúsculas distintas indican diferencia entre filas (sexo/especie). Comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05\%$ ).

El huevo presentó la mayor mortalidad en ambas especies (31% en *M. posticus* y 35% en *M. subanticus*), seguida de la etapa larval (24% y 10% en *M. posticus* y *M. subanticus*, respectivamente); mientras que, en la etapa de pupa no se registró mortalidad. Así, de cohortes individuales de 100 huevos por especie de hemeróbido, la supervivencia de huevo a adulto en *M. posticus* fue de 42% y la de *M. subanticus* fue de 54%. Los adultos de *M. subanticus* fueron más longevos que *M. posticus*, prácticamente el 50% de los ejemplares de *M. subanticus* vivieron hasta 60 días y esa edad fue el tiempo máximo que vivieron los adultos de *M. posticus* (Figura 1).

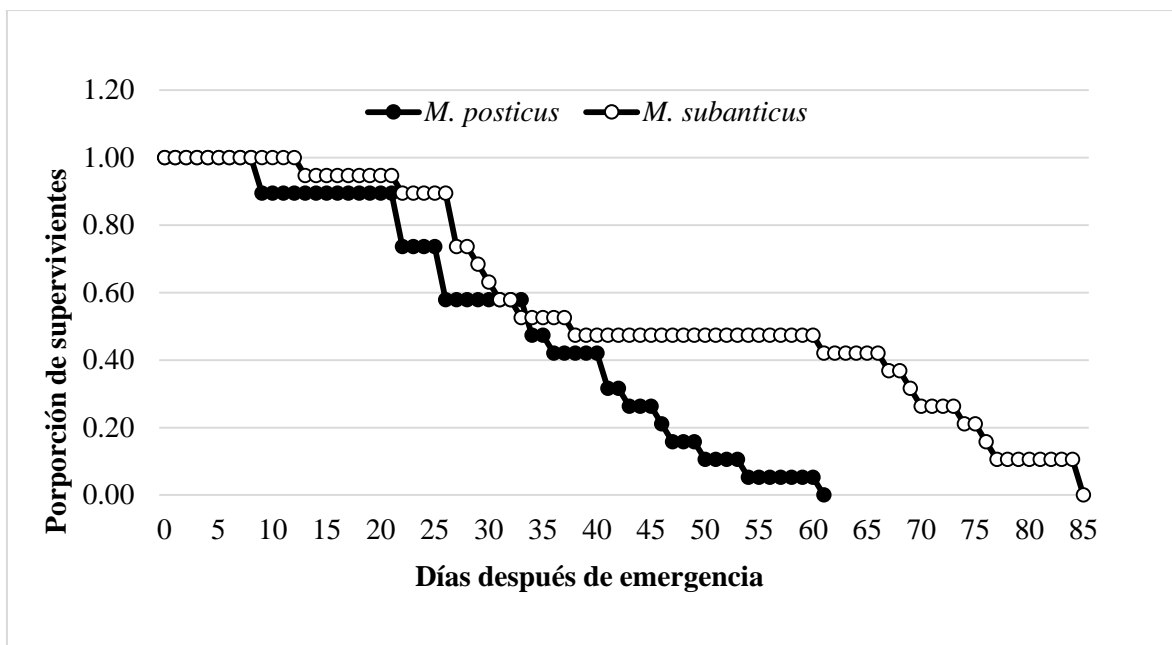


Figura 2.1. Longevidad de adultos de *Micromus* alimentados con *Melanaphis sacchari* en condiciones de laboratorio.

### Voracidad

La voracidad de los hemeróbidos fue diferente entre los tres estados larvales ( $F_{7,1674} = 85.54$ ;  $P < 0.001$ ). El tercer ínstar consumió la mayor cantidad de presas en ambas especies, con un consumo total de  $95.4 \pm 7.64$  para *M. posticus* y de  $58.6 \pm 5.16$  para *M. subanticus*. El consumo de presas en el estado larval fue diferente entre especies ( $t = 4.91$ ;  $GL = 11.3$ ;  $P = 0.001$ ) y representó solo el 6.87% (*M. posticus*) y 3.82% (*M. subanticus*) del consumo total de presas durante toda su vida (Cuadro 2). Por otro lado, el estado adulto de ambas especies fue el que tuvo la mayor tasa de consumo de presas y no hubo diferencia significativa entre especies ( $t = 1.6$ ;  $gl = 18$ ;  $P = 0.1$ ). *M. posticus* consumió alrededor de 38 presas diarias y su consumo total llegó a  $2471 \pm 169.3$  pulgones; mientras que *M. subanticus* depredó alrededor de 30 áfidos por día y su consumo total fue de  $2734.8 \pm 164.6$  pulgones.



Cuadro 2.2. Voracidad (consumo  $\pm$  EE) de *Micromus posticus* y *Micromus subanticus* (n= 15) alimentados con ninfas III y IV de *Melanaphis sacchari* a  $25 \pm 1$  °C; 70 H.R. y 12:12 h L:O.

Estado	<i>M. posticus</i>	<i>M. subanticus</i>
Larva I	34.6 $\pm$ 2.63 <b>de</b>	34.5 $\pm$ 2.02 <b>e</b>
Larva II	49.6 $\pm$ 6.51 <b>cd</b>	33.9 $\pm$ 4.63 <b>de</b>
Larva III	95.4 $\pm$ 7.64 <b>a</b>	58.6 $\pm$ 5.16 <b>bc</b>
Adulto	38.5 $\pm$ 0.50 <b>a</b>	30.1 $\pm$ 0.28 <b>b</b>
Larva total	169.9 $\pm$ 13.10	104.5 $\pm$ 9.84*
Adulto total	2471.0 $\pm$ 169.3	2734.8 $\pm$ 164.6

Las letras minúsculas entre columnas indican diferencias significativas Tukey ( $p \leq 0.05$ ) ( $F_{7,1674} = 85.54$ ;  $P = 0.001$ ). \*  $t$  de Student ( $p \leq 0.05$ ).

### Fecundidad y Fertilidad de *M. posticus* y *M. subanticus*

Ambas especies de depredadores colocaron el 100% de los huevos en la cartulina negra que se utilizó como sustrato de oviposición, la mayoría de las ocasiones los dispusieron individualmente, ya que en menos del 5% de los casos se registraron en grupos de 5 a 8 huevos. El periodo de pre-oviposición de *M. posticus* (4.7 días) fue relativamente más corto respecto a *M. subanticus* (5.5 días) aunque sin diferencia estadística entre ellos ( $t = 1.69$ ;  $gl = 36$ ;  $p = 0.09$ ). *M. posticus* tuvo un periodo de oviposición de  $25.4 \pm 3.0$  días (rango = 4 – 53 d), menor a los  $40.53 \pm 5.5$  días (rango 5 – 77 d) de *M. subanticus*. Para *M. posticus*, el pico máximo de fecundidad se encontró en la quinta semana ( $48.2 \pm 15.93$  huevos/hembra); por otro lado, *M. subanticus* presentó el valor más alto en la segunda semana ( $169.1 \pm 14.3$  huevos/hembra). Esto resultó en una fecundidad promedio de  $7.8 \pm 1.1$  huevos diarios y un promedio de  $169.5 \pm 42.4$  huevos durante su vida (rango 13 – 665 huevos) para *M. posticus* y promedios de  $18.1 \pm 1.8$  huevos diarios y  $660.4 \pm 103.6$  huevos durante su vida (rango 8 – 1724 huevos) en *M. subanticus*. Esta fecundidad varió a través del tiempo y únicamente se consideraron 8 semanas para el análisis debido a que en ese momento se tenían al menos 50% de hembras vivas (Figura 2). Finalmente, la post-oviposición osciló entre 0 – 19 días en *M. posticus* y 0 – 6 para *M. subanticus*, sin encontrar diferencias entre especies ( $t = 0.68$ ;  $gl = 36$ ;  $P = 0.5$ ).

La fertilidad de *M. posticus* y *M. subanticus* osciló a través del tiempo y únicamente se consideró en el análisis datos de las primeras 8 semanas, donde se tuvo al menos el 50% de sobrevivientes de ambos depredadores. La especie *M. subanticus* registró una fertilidad media de  $71.4 \pm 2.3\%$  y *M. posticus* de  $49.5 \pm 3.4\%$  con diferencias significativas entre especies ( $t = 5.8$ ;  $gl = 103$ ;  $P < 0.001$ ) (Figura 3).

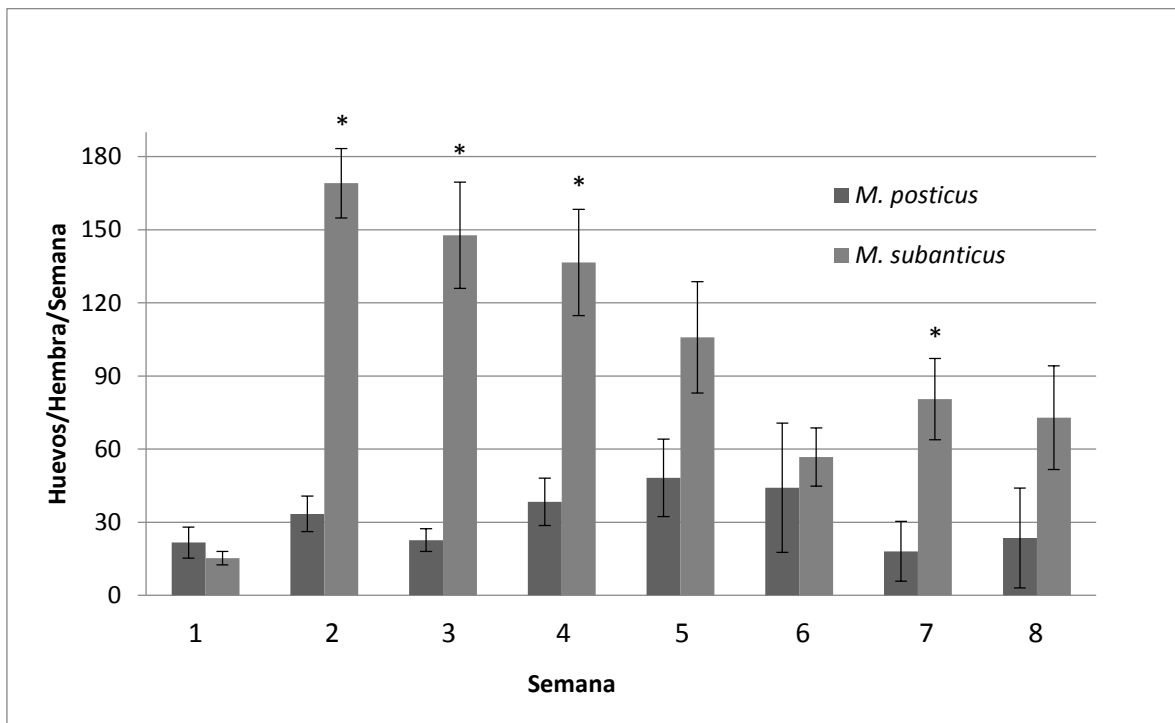


Figura 2.2. Fecundidad por semana de dos especies de *Micromys* (huevos + E.E.). Las barras con asterisco (\*) muestran diferencias significativas entre especies en la misma semana ( $t$  de Student,  $p \leq 0.05\%$ ).

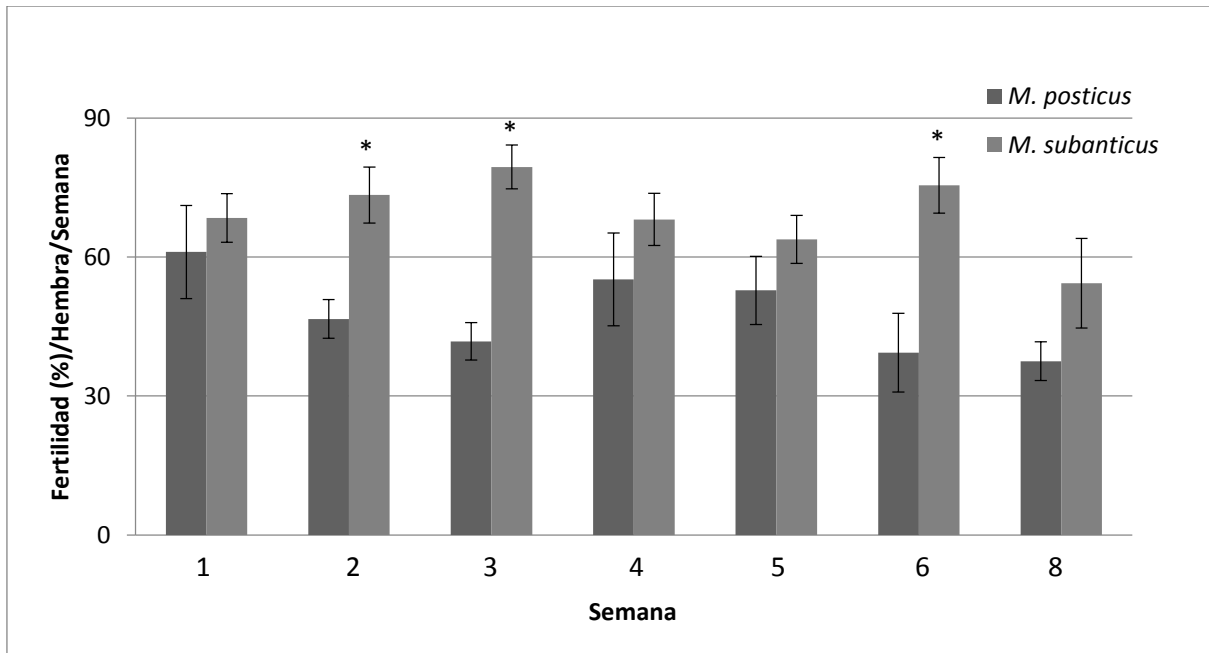


Figura 2.3. Porcentaje de huevos fértiles por tratamiento. Las barras con asterisco (\*) muestran diferencias significativas en la misma semana (*t* de Student,  $p \leq 0.05\%$ ).

### Tablas de vida

La especie *M. subanticus* presentó parámetros demográficos más altos con respecto a *M. posticus* ( $p \leq 0.0001$ ). *M. subanticus* desarrolló cerca de cinco veces más hembras que el otro hemeróbido, además, su tiempo generacional fue 2 días más corto y tardó 3 días menos en duplicar su población y con ello tuvo una tasa intrínseca de incremento natural más alta que *M. posticus* (Cuadro 3).

Cuadro 2.3. Parámetros demográficos para los depredadores *Micromus posticus*, *Micromus subanticus* y *Chrysoperla carnea*, además del fitófago *Melanaphis sacchari*.

Especie	Tasa neta de reproducción (R <sub>0</sub> )	Tasa intrínseca de incremento (r <sub>m</sub> )	Tiempo medio de generación (T)	Doble tiempo (DT)	Tasa finita de incremento (Lambda λ)
<i>M. posticus</i>	45.9959	0.0881	43.4498	7.866	1.0921
<i>M. subanticus</i>	217.543	0.1396	38.5368	4.962	1.1498
<i>C. carnea</i> <sup>1</sup>	139.557	0.097	50.886	7.142	1.101
<i>M. sacchari</i> <sup>2</sup>	70.75	0.4561	9.33834	1.519	1.577

Todos los estudios desarrollados a 25°C en condiciones de laboratorio.  
<sup>1</sup>Fuente: Espinosa-Vásquez *et al.* sin publicar.  
<sup>2</sup>Fuente: Peña-Martínez *et al.*, 2018.  
Niveles de confiabilidad del 95%, usando el programa SAS (Maia *et al.*, 2000) con estimaciones Jackknife.

## 2.5. DISCUSIÓN

En el mundo existen alrededor de 600 especies de hemeróbidos (Monserrat, 2008), pero en México solo se han registrado 16 especies (Penny, 1977; Monserrat, 2000). De éstas, sólo hay una descripción en México de biología de *Symphorobius barberi* (Banks), alimentada sobre *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) (Pacheco-Rueda *et al.*, 2011), lo que denota la falta de trabajos al respecto.

En este trabajo, se registró un tiempo de desarrollo de 20.7 días para *M. posticus* y 19.8 días para *M. subanticus* al utilizar como presa a *M. sacchari*, el tiempo de desarrollo fue semejante al registrado para las especies *M. posticus* Walker, 1853, *M. subanticus* Walker, 1853, *M. tasmaniae* Walker, 1860, *M. linearis* Hagen, 1858 y *M. numerosus* Navás, 1910, cuyo rango se estableció entre 19 y 21 días alimentados con diferentes especies de pulgones (Smith, 1923; Selhime y Kanavel, 1968; Syrett y Penman, 1981; Sato y Takada, 2004). Las similitudes podrían deberse a que los experimentos se llevaron a cabo en condiciones climáticas semejantes y alimentados con áfidos. Respecto a otras especies de hemeróbidos, se puede considerar que

tuvieron menor tiempo de desarrollo de huevo a adulto, comparado con lo registrado en especies del género *Hemerobius* alimentadas con pulgones, por ejemplo, en *H. nitidulus* Fabricius, 1777, *H. humili* L. 1758, *H. stigmaterus* Stephens, 1836 y *H. pacificus* Banks, 1897 (Smith, 1923; Neuenschwander, 1975), esta diferencia puede deberse, primeramente, debido a que esos trabajos se realizaron a temperaturas menores de 20°C; aunado a eso, se utilizaron presas diferentes.

En este trabajo, la mayor tasa de mortalidad para *M. posticus* y *M. subanticus* ocurrió en el estado de huevo, lo que coincide con los registros en las especies *Symphorobius barberi* Banks, 1903 (71%) y *Symphorobius pygmaeus* Rambur, 1842 (14%) (Pacheco-Rueda *et al.*, 2011; Yayla y Satar, 2012). En otras especies como *M. numerosus* y *M. linearis* existe mayor mortalidad en la etapa larval (47.6 y 62.2% respectivamente) (Sato y Takada, 2004), mientras que, en especies como *M. angulatus* Stephens, 1836, ocurren más decesos (72.2%) en estado de pupa (Stelzl y Hassan, 1992), lo que podría relacionarse con la baja fertilidad con la que cuentan las especies de hemeróbidos, ya que, se ha observado en crías de crisópidos, que cuando hay una alta densidad de machos en cría, la fertilidad baja hasta un 10% (Pessoa y Freitas, 2008). De igual manera, se ha encontrado en crías de *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville que al aumentar la presencia de machos en la cría, afecta la fertilidad de huevos (Bayoumy y Michaud, 2014).

Con relación a otras especies de los géneros *Hemerobius*, *Symphorobius*, *Micromus* y *Nusalala*, los registros de las especies estudiadas *M. posticus* y *M. subanticus* estuvieron en rango respecto a los periodos de pre-oviposición (Selhime y Kanavel, 1968; Neuenschwander, 1975; Rumpf *et al.*, 1998; Sato y Takada, 2004; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011), oviposición (Selhime y Kanavel, 1968; Stelzl y Hassan, 1992; Rumpf *et al.*, 1998; Sato y Takada, 2004) y post-oviposición (Sato y Takada, 2004; Yayla y Satar, 2012). Las diferencias en estos periodos con respecto a otras especies de hemeróbidos, pueden deberse a factores inherentes a esos depredadores o con aspectos relacionados con la presa, como calidad nutricional (Samson y

Blood, 1979; Syrett y Penman, 1981; New, 1984; Souza *et al.*, 1990; Souza y Ciociola, 1997) o sustancias químicas de las presas, por ejemplo ácido carmínico, que dificultan la alimentación (Eisner *et al.*, 1994), como lo sugiere Pacheco-Rueda *et al.* (2011) que ocurre en *S. barberi*. También, pudiera existir un proceso de adaptación a la presa, como lo sugiere el registro del hemeróbido *Nusalala uruguayana* (Souza *et al.*, 1990) sobre el áfido *Dactynotus* sp., con un tiempo corto de desarrollo, lo mismo sucede cuando se alimenta de *Toxoptera citricidus* Kirkaldy, 1907 y aumentó cuando se alimentó de *Brevicoryne brassicae* L., pero redujo su supervivencia, fecundidad y fertilidad del hemeróbido (Souza *et al.*, 1990; Souza y Ciociola, 1997). Estos cambios de hábitos alimenticios se pueden observar en regiones como Hawái, EE. UU. donde los hemeróbidos originalmente se alimentaban de una presa nativa, pero la introducción de una plaga exótica representó una nueva fuente de alimento para los depredadores (Zimmerman, 1957). Un caso semejante ocurrió con *M. sacchari*, que llegó a EE. UU. y México, al cultivo de sorgo hace menos de seis años, como plaga exótica y los depredadores nativos progresivamente empezaron a alimentarse de esta nueva especie de presa (Singh *et al.*, 2004; Bowling *et al.*, 2016; Cortez-Mondaca *et al.*, 2016).

*Chrysoperla carnea*, es un agente de control biológico recomendado en diferentes campañas fitosanitarias de México, incluida la de *M. sacchari* (SENASICA, 2018). Con base en estudios recientes, Espinosa-Vásquez *et al.* (datos inéditos) observaron que cuando *C. carnea* se alimentó con *M. sacchari* tuvo un tiempo de desarrollo larval más largo ( $\approx 8$  días) y una sobrevivencia 15% mayor, comparado a los hemeróbidos del presente trabajo (*M. posticus* y *M. subanticus*). Durante el desarrollo *C. carnea* tuvo una voracidad larval (486.7 pulgones), únicamente representa el 16% del total de presas que pueden llegar a consumir *M. posticus* y *M. subanticus* durante toda su vida (2,640 y 2,838 áfidos, respetivamente).

En cuanto a la capacidad reproductiva, *C. carnea* (Espinosa-Vásquez *et al.*, datos inéditos) presenta un periodo más largo de pre-oviposición (6.2 días) y su fecundidad (374.5 huevos) es 45% menor que *M. subanticus*, pero dos veces más alta que *M. posticus*, mientras que, la fertilidad (93.3%) del crisópido, se encuentra por encima que la presentada en las dos especies de hemeróbidos del presente trabajo.

Por otro lado, los datos de parámetros poblacionales son más favorables para *M. subanticus*, al presentar una tasa neta de reproducción ( $R_0$ ) de 217, contra 140 que presenta *C. carnea* (Espinosa-Vásquez *et al.*, datos inéditos), además de contar con una tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) de 0.13 y 0.09, respectivamente, y un tiempo medio generacional (T) de 38 y 50, respectivamente.

Con base en dichos registros, *M. subanticus* desarrolló 470%, 300% y 64% más hembras ( $R_0$ ) respecto a *M. posticus*, y los reportados en *Melanaphis sacchari* y *C. carnea*, respectivamente. Sin embargo, la Tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) y Tasa finita de incremento ( $\lambda$ ), indican que *M. sacchari* puede aumentar su población cuatro veces más rápido que cualquiera de estos depredadores.

Finalmente, con base en los datos del presente trabajo, se concluye que *M. subanticus* presentó mejores características biológicas respecto a *M. posticus*, ya que tuvo mayor longevidad, voracidad, fecundidad y producción de hembras, además de menor tiempo para duplicar su población. Estos registros están en rango de algunas especies de *Micromus*, las cuales se han utilizado como agentes de control biológico en otros países y de igual forma presentaron mejor capacidad depredadora con respecto a *C. carnea*, usada en programas de liberaciones inundativas contra el PAS y cuyo consumo total de ninfas de esta plaga, representa únicamente el 16% del consumo total (larva y adulto) que tuvo *M. subanticus*, esto sugiere su uso potencial al alimentarse sobre este pulgón. Es deseable un mayor número de trabajos, sobre esta especie

cuando se alimenta del PAS y que se deben dirigir a evaluar su efectividad en jaulas de campo y campo abierto, así como pruebas de compatibilidad con otras tácticas de manejo. De la misma manera, se debe considerar la evaluación de este hemeróbido sobre otros áfidos plaga para determinar si puede adaptarse a nuevas presas, debido a que se ha observado que son organismos generalistas al atacar insectos de cuerpo blando (Zimmerman, 1957; New, 1975 y 1984).

## **2.6.AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, México) por la beca completa para realizar los estudios de Maestría en Ciencias y a Gonzalo Espinosa Vázquez, del Colegio de Postgraduados por los datos proporcionados de *Chrysoperla carnea*.



## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL

El empleo de Neurópteros en el control de plagas tiene potencial por su especificidad en insectos fitófagos de cuerpo blando (Neuenschwander, 1975; Maelzer, 1977; Samson y Blood, 1979; New, 1984; Sato y Takada, 2004; Yayla y Satar, 2012), como psílidos, cóccidos, pseudocóccidos, huevos de lepidópteros y áfidos (New, 1984; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011; Saeed y Razaq, 2015; Saljoqi *et al.*, 2016). En el presente trabajo se investigó la taxonomía de los hemeróbidos encontrados sobre pulgón amarillo del sorgo, así como algunos aspectos de la biología de estos neurópteros.

En el segundo capítulo de este trabajo se hizo reconocimiento taxonómico de las especies de hemeróbidos encontrados en los cultivos de sorgo de los estados de Guanajuato, Estado de México y Morelos asociados con *Melanaphis sacchari*, a través de la clave taxonómica de género de Oswald (1993) “Revision and cladistic analysis of the world genera of the family hemerobiidae (Insecta: Neuroptera)”, para clasificar cada ente en un grupo, esto gracias a las características específicas de los organismos, como: número de venaciones secundarias de la vena Radial y la presencia o ausencia de celdas en las alas anteriores principalmente, lo que dio como resultado el género *Micromus*. Esta información dio pie a la búsqueda de la especie en claves dicotómicas para especies de *Micromus*, así como claves de la Región Neártica (Carpenter, 1940; MacLeod y Stange, 2017).

Debido a la región en donde se realizó el presente trabajo, se usó la clave “A Revision of the Nearctic Hemerobiidae, Berothidae, Sisyridae, Polystoechotidae and Dilaridae (Neuroptera)” propuesta por Carpenter (1940), quien primero propone observar las similitudes de alas y genitalias de los hemeróbidos; esta clave incluye cinco especies de *Micromus* para la Región Neártica, con la cual se determinó, que las especies fueron *Micromus posticus* (Walker) y *Micromus subanticus* (Walker). Además, para corroborar dicha información, se tomaron en cuenta las claves descritas por MacLeod y Stange (2017), propuestas para los hemeróbidos de Florida, EE.UU. para hemeróbidos del género *Micromus*.

Las especies se determinaron y comprobaron con ambas claves dicotómicas, aunado a esto, se realizó una revisión de las especies para México en el documento “Lista de Megaloptera, Neuroptera e Raphidioptera do México, América Central, ilhas Caraíbas e América do Sul” escrito por Penny (1977), donde detalla la distribución de las especies por familia en diferentes países, encontrándose que *Micromus posticus* y *Micromus subanticus* se encuentran en México;

sin embargo, no especifica información de la localidad de recolección del insecto, las presas que estas consumían. Por lo que en el presente trabajo, se agrega a la lista de presas de *M. posticus* por primera vez a *Melanaphis sacchari*. Para el caso de *M. subanticus* ya se había reportado sobre este pulgón en caña de azúcar en Florida, EE. UU. (Singh *et al.*, 2004).

En el capítulo tres se evaluó el desarrollo de las especies de hemeróbidos alimentándolos con *Melanaphis sacchari* bajo condiciones de laboratorio, además de longevidad, fecundidad, fertilidad y voracidad de cada especie durante su estado larval y adulto. En el continente americano, se han desarrollado algunos trabajos sobre biología de algunas especies de hemeróbidos (Smith, 1923; Neuenschwander, 1975; Souza *et al.*, 1990; Souza y Ciociola, 1997; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011); sin embargo, no tienen la información detallada de aspectos biológicos del presente trabajo. Por otro lado, existen algunos trabajos de otras especies de hemeróbidos en donde se han desarrollado algunos aspectos biológicos y la búsqueda de dietas merídicas para la obtención de crías masivas, además de contar con hemeróbidos comercialmente disponibles (Bodenheimer, 1951; Selhime y Kanavel, 1968; Syrett y Penman, 1981; Stelzl y Hassan 1992; Rumpf *et al.*, 1998; Sato y Takada, 2004; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011; van Lenteren, 2012; Yayla y Satar, 2012; 2013). Los resultados de este trabajo proporcionaron información de los ciclos de vida, tablas de vida y parámetros poblacionales así como el consumo potencial que estos organismos pueden tener sobre *Melanaphis sacchari*. Sin embargo, estos hallazgos que sugieren un uso potencial de estos hemeróbidos que necesitan corroborarse con trabajos de campo.

Se encontró que el tiempo de desarrollo de los hemeróbidos (*M. posticus* y *M. subanticus*) con respecto a otras especies de *Micromus*, son semejantes, ya que *M. posticus* Walker, 1853, *M. subanticus* Walker, 1853, *M. tasmaniae* Walker, 1860, *M. linearis* Hagen, 1858 y *M. numerosus* Navás, 1910, presentan un rango de desarrollo de 19 – 21 días (Smith, 1923; Selhime y Kanavel, 1968; Syrett y Penman, 1981; Sato y Takada, 2004), lo cual podría deberse a que los estudios se realizaron en condiciones de laboratorio similares y con áfidos como presa. Por otro lado, al comparar con *Nusalala uruguayana* Navas, quien tiene una taxonomía cercana a *Micromus* (Oswald, 1993; Garzón-Orduña *et al.*, 2016), *N. uruguayana* tuvo un tiempo de desarrollo mayor, al alimentarse con *Dactynotus* sp. (6.73 días) y *Brevicoryne brassicae* Linnaeus, 1758 (15.34 días) (Souza *et al.*, 1990), lo que podría deberse a características inherentes de la especie.

En comparación con otras especies de hemeróbidos, se observa que el desarrollo fue menor que otras especies como *Hemerobius nitidulus* Fabricius, 1777, *H. humili* L. 1758, *H. stigmaterus* Stephens, 1836 y *H. pacificus* Banks, 1897 (Smith, 1923; Neuenschwander, 1975), lo que podría deberse a que dichos estudios se realizaron en condiciones por debajo de los 20°C; además de contar con diferentes tipos de presas para su alimentación.

En ambas especies *M. posticus* y *M. subanticus*, el estado de desarrollo con mayor mortalidad fue el de huevo, lo que también sucede con las especies *Symphorobius barberi* Banks, 1903 (71%) y *S. pygmaeus* Rambur, 1842 (14%) (Pacheco-Rueda *et al.*, 2011; Yayla y Satar, 2012), mientras que para otras especies como *M. numerosus* y *M. linearis* la mayor mortalidad se presenta en estado larvario (47.6 y 62.2% respectivamente) (Sato y Takada, 2004), en tanto que en *Micromus angulatus* Stephens, 1836 ocurren más decesos en el estado de pupa (72.2 %) (Stelzl y Hassan, 1992).

Otro aspecto evaluado, como los parámetros poblacionales de las hembras de ambas especies, los rangos de los períodos detectados son similares a los registrados en géneros como *Hemerobius*, *Symphorobius*, *Micromus* y *Nusalala*, como el de pre-oviposición (Selhime y Kanavel, 1968; Neuenschwander, 1975; Rumpf *et al.*, 1998; Sato y Takada, 2004; Pacheco-Rueda *et al.*, 2011) oviposición (Selhime y Kanavel, 1968; Stelzl y Hassan, 1992; Rumpf *et al.*, 1998; Sato y Takada, 2004) y post-oviposición (Sato y Takada, 2004; Yayla y Satar, 2012). Las diferencias encontradas con otras especies de hemeróbidos podrían deberse a factores inherentes de cada una de ellas, pero con respecto a la calidad nutricional de la presa (Samson y Blood, 1979; Syrett y Penman, 1981; New, 1984; Souza *et al.*, 1990; Souza y Ciociola, 1997) o sustancias químicas que las presas pudieran tener y así afectar el desarrollo de los depredadores (Eisner *et al.*, 1994), tal como lo sugiere Pacheco-Rueda *et al.* (2011) *S. barberi* se alimentan de *Dactylopius opuntiae*.

Entre los neurópteros, *Chrysoperla carnea* Stephens, 1836, es considerada un agente de control biológico, que ha sido empleado en programas de manejo fitosanitario. Tal es el caso de la “Estrategia Operativa del Programa Fitosanitario contra pulgón amarillo del sorgo, 2018” (SENASICA, 2018). Sin embargo, con base en los recientes estudios realizados por Espinosa-Vásquez *et al.* (datos inéditos) se ha observado que este crisópido al alimentarse con *M. sacchari* alarga su tiempo de desarrollo larval cerca de 8 días, pero su sobrevivencia es 15% más alta, con respecto a los hemeróbidos del presente trabajo. La voracidad larval de *C. carnea* es baja, ya que,

solamente consume el 16% del total de presas que los hemeróbidos llegaron a consumir durante toda su vida (2,640 y 2,838 áfidos); por tal motivo, se ha demostrado que estas especies de hemeróbidos pueden llegar a tener algún potencial sobre el consumo del pulgón amarillo.

Adicionalmente, *C. carnea* presenta un periodo más largo de pre-oviposición (6.2 días), sin embargo, su fecundidad es 45 % menor (374.5 huevos), con respecto a *M. subanticus*, pero dos veces más alta que *M. posticus*; mientras que, la fertilidad (93.3 %) está por encima de lo encontrado en los hemeróbidos de este trabajo. Tomando en cuenta los parámetros poblacionales de *M. posticus* y *M. subanticus*, y los de Espinosa-Vásquez *et al.* (datos inéditos) de *C. carnea* y *Melanaphis sacchari* (Peña-Martínez *et al.*, 2018) organismos que se desarrollaron en condiciones similares de laboratorio (Cuadro 3), se puede observar que *M. subanticus* tiene una producción de 470%, 300% y 64% más hembras ( $R_0$ ), con respecto a *M. posticus*, *M. sacchari* y *C. carnea*, respectivamente. *M. subanticus* presentó los valores con mayor parecido a los de *Melanaphis sacchari*, pero a pesar de ello, fueron insuficientes con respecto a la Tasa intrínseca de crecimiento ( $r_m$ ) y Tasa finita de incremento ( $\lambda$ ) y, por lo tanto, podría tener un bajo impacto la presa, debido a que *Melanaphis sacchari* puede incrementar cuatro veces más rápido su población que cualquiera de estos neurópteros (Cuadro 3).

En conclusión, el presente trabajo aporta aspectos de identificación, biología y ecología de dos especies de hemeróbidos en México. Con base en la información que se generó, se concluye que el depredador *M. subanticus* tiene características biológicas superiores a *M. posticus*, debido a su mayor longevidad, voracidad, fecundidad, fertilidad y mayor producción de hembras ( $R_0$ ), además, de tener un menor tiempo para duplicar su población (DT). En adición a esto, *M. subanticus* presentó una mayor capacidad de consumo que *C. carnea*, especie que logra consumir 16% del total de los áfidos que consumió *M. subanticus*, lo que sugiere este hemeróbido tiene potencial para un programa de control biológico de *M. sacchari* en el cultivo del sorgo. Sin embargo, se deben realizar más estudios sobre esta especie, como el de evaluar su efectividad en campo y en pruebas de compatibilidad con otros métodos de combate del pulgón amarillo del sorgo.



## LITERATURA CITADA

- Albuquerque, G. S., C. A. Tauber and M. J. Tauber. 1994. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae): life history and potential biological control in Central and South America. *Biological Control* 4: 8-13.
- Albuquerque, G. S., C. A. Tauber and M. J. Tauber. 2007. *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa* spp.: potential for biological control in the new world tropics and subtropics. *Lacewings in the Crop Environment*, 408 pp.
- Atlihan, R. and M. S. Özgökce. 2002. Development, fecundity and prey consumption of *Exochomus nigromaculatus* feeding on *Hyalopterus pruni*. *Phytoparasitica* 30: 443–450
- Atlihan, R., B. Kaydan and M. S. Özgökce. 2004. Feeding activity and life history characteristics of the generalist predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) at different prey densities. *Journal of Pest Science* 77: 17-21.
- Bayoumy, M. H. and J. P. Michaud. 2014. Female fertility in *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) is maximized by polyandry, but reduced by continued male presence. *European Journal of Entomology* 111: 523 – 520.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *Journal Animal Ecology* 17: 15–26.
- Bodenheimer, F. S. 1951. The biological control of the citrus Mealybug: the brown Mealybug lacewing (*Sympherobius sanctus*). *Citrus entomology in the Middle East with special references to Egypt, Iran, Irak, Palestine, Syria y Turkey* 423-234 pp.
- Bowles, D. E. 2006. Spongillaflyies (Neuroptera: Sisyridae) of North America with a key to the larvae and adults. *Zootaxa* 1357: 1-19.

- Bowling, R., M. Brewer, D. Kerns, J. Gordy, N. Seiter, N. Elliott, G. Buntin, M. Way, T. Royer, S. Biles and E. Maxson, E. 2016. Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. *Journal Integrated Pest Management* 7: 1-13.
- Branco, M., J. C. Franco, C. J. Carvalho and Z. Mendel. 2001. Occurrence of *Hemerobius stigma* Stephens in pine bast scale (*Matsucoccus* spp.) populations: opportunistic predation or obligatory association?. *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura* 33: 397-407.
- Brewer, M. J., R. Bowling, J. P. Michaud and A. L. Jacobson. 2016. Sugarcane aphid: a new sorghum pest in North America. Texas A&M Agrilife Extension ENTO-056.
- Carpenter, F. M. 1940. A revision of the nearctic Hemerobiidae, Berothidae, Sisyridae, Polystoechotidae and Dilaridae (Neuroptera). *American Academy of Arts and Sciences* 74 : 193-280.
- Colares, F., J. P. Michaud, C. L. Bain and J. B. Torres. 2015. Indigenous aphid predators show high levels of preadaptation to a novel prey, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 108: 2546–2555.
- Contreras-Ramos, A. y M. V. Rosas. 2014. Biodiversidad de Neuroptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 264-270.
- Cortez-Mondaca, E., M. J. López-Buitimea, I. López-Arroyo, F. J. Orduño-Cota and G. Herrera-Rodríguez. 2016. *Chrysopidae* species associated with the sugarcane aphid in northern Sinaloa, Mexico. *Southwestern Entomologist* 41: 540-546.
- Eisner, T., R. Ziegler, J. L. McCormick, M. Eisner, E. R. Hoebeke and J. Meinwald. 1994. Defensive use of an acquired substance (carminic acid) by predaceous insect larvae. *Cellular and Molecular Life Sciences* 50: 610–615.
- FAO. 1999. SORGHUM: 1.2 Primary product. Post-harvest Operations 4-6

- Finney, G. L. 1948. Culturing *Chrysopa californica* and obtaining eggs for field distribution. *Journal of Economic Entomology* 41: 719-721.
- Garzón-Orduña, I. J., I. Menchaca-Armenta, A. Contreras-Ramos, X. Liu and S. L. Winterton. 2016. The phylogeny of brown lacewings (Neuroptera: Hemerobiidae) reveals multiple reductions in wing venation. *BMC Evolutionary Biology* 16: 192.
- Grustán, D. 2015a. Orden Megaloptera. *Ibero Diversidad Entomologica @ccesible* 57: 1-8.
- Grustán, D. 2015b. Orden Raphidioptera. *Ibero Diversidad Entomologica @ccesible* 56: 1-9.
- Hernández-Arenas, M., A. Trujillo-Campos, L. Hernández-Vázquez, E. J. Barrios-Gómez y S. G. Ramírez-Rojas. 2016. Incidencia y densidad de población de pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) en híbridos de sorgo en Morelos, México. *Investigación Agropecuaria* 13: 132-140.
- Jones, N., S. Brown, S. Williams, K. Emfinger and D. Kerns. 2015. Efficacy of neonicotinoid seed treatments against sugarcane aphid in grain sorghum, 2014. *Arthropod Management Test* 1-2.
- Klimaszewski, J. and D. K. McE. Kevan. 1988. The brown lacewing flies of Canada and Alaska (Neuroptera: Hemerobiidae). Part III. The genus *Micromus* Rambur. *Giornale Italiano di Entomologia* 19: 31–76.
- Kulamarva, A. G., R. S. Venkatesh and G. S. Vijaya. 2009. Nutritional and rheological properties of sorghum. *International Journal of Food Properties* 12: 55–69.
- MacLeod, E. G. and L. A. Stange. 2017. Brown lacewings (of Florida) (Insecta: Neuroptera: Hemerobiidae). IFAS Extension, University of Florida EENY-225. Disponible en [https://entnemdept.ifas.ufl.edu/creatures/beneficial/brown\\_lacewings.htm](https://entnemdept.ifas.ufl.edu/creatures/beneficial/brown_lacewings.htm); consultado 10 de Julio de 2019.



- Maelzer, D. A. 1977. The biology and main causes of changes in numbers of the rose aphid, *Macrosiphum rosae* (L.), on cultivated roses in South Australia. Australian Journal of Zoology 25: 269-284.
- Maia, A. H. N., A. J. B. Luiz and C. Campanhola. 2000. Statistical inference on associate fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. Journal of Economic Entomology 93: 511-518.
- Mansoor, M. M., N. Abbas, S. A. Shad, A. K. Pathan and M. Razaq. 2013. Increased fitness and realized heritability in emamectin benzoateresistant *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Ecotoxicology 22: 1232-1240.
- Michaud, J. P., R. J. Whitworth, H. Schwarting, B. McCornack and S. Zukoff. 2017. Sorghum insect management. K-State Research and Extension 1-10.
- Monserrat, V. J. 2000. Revisión del género *Nusalala*, (Neuroptera: Hemerobiidae). Fragmenta Entomológica 32: 83-162.
- Monserrat, V. J. 2008. Nuevos datos sobre algunas especies de hemeróbidos (Insecta, Neuroptera, Hemerobiidae). Graellsia 64: 233-253.
- Monserrat, V. J. 2016. Los coniopterígidos de la península Ibérica e islas Baleares (Insecta: Neuroptera, Neuroptera: Coniopterygidae). Graellsia 72: 1-115.
- Neuenschwander, P. 1975. Biology of the adult *Hemerobius pacificus*. Environmental Entomology 5: 96-100.
- New, T. R. 1975. The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrol agents: a review. Transactions Royal Entomological Society London 127: 115-140.
- New, T. R. 1984. Comparative biology of some australian Hemerobiidae. Progress in World's Neuropterology 153-166.

- New, T. R. 1999. Neuroptera and biological control (Neuropterida). *Stapfia* 60: 147-166.
- Oswald, J. D. 1993. Revision and cladistics analysis of the world genera of the family Hemerobiidae (Insecta: Neuroptera). *Journal of the New York Entomological Society* 101: 143-299.
- Oswald, J. D. 2018. Neuropterida species of the world. Disponible en <http://lacewing.tamu.edu/SpeciesCatalog/Main>; consultado 06 de Mayo de 2019.
- Pacheco-Rueda, I., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva y M. Ramírez-Delgado. 2011. Ciclo de vida y parámetros poblacionales de *Symphorobius barberi* Banks (Neuroptera: Hemerobiidae) criado con *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). *Acta Zoológica Mexicana* 27: 325-340.
- Panth, M., S. Giri and K. Kafle. 2017. Biology and predatory potential of *Chrysoperla carnea* S. (Neuroptera: Chrysopidae) reared on different species of aphid under laboratory condition. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* 4: 3847-3851.
- Penny, N. D. 1977. Lista de Megaloptera, Neuroptera e Raphidioptera do México, América Central, ilhas Caraíbas e América do Sul. *Acta Amazonica* 74: 1-61.
- Peña-Martínez, R., J. R. Lomeli-Flores, R. Bujanos-Muñiz, A. L. Muñoz-Viveros, J. M. Vanegas-Rico, R. Salas-Monzón, O. E. Hernández-Torres, A. Marin-Jarrillo y J. E. Ibarra-Rendón. 2018. Pulgón amarillo del sorgo, (PAS), *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897), interrogantes biológicas y tablas de vida. Fundación Guanajuato Produce A. C. 16 pp.
- Pérez, A., O. Saucedo, J. Iglesias, H. B. Wencomo, F. Reyes, G. Oquendo e I. Milián. 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) characterization and potential of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grain. *Pastos y Forrajes* 33: 1-26.

- Pessoa, L. G. and S. Freitas. 2008. Potencial reproductivo de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera, Chrysopidae) em função do número de indivíduos por unidade de criação. *Revista Brasileira de Entomologia* 52: 463-466.
- Peterson, G. C., J. S. Armstrong, B. B. Pendleton, M. Stelter and M. J. Brewer. 2018. Registration of RTx3410 through RTx3428 sorghum germplasm resistant to sugarcane aphid [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)]. *Journal of Plant Registrations* 12: 391-398.
- Rana, L. B., R. P. Mainali, H. Regmi and B. P. RajBhandari. 2017. Feeding efficiency of green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Stephens) against different species of aphid in laboratory conditions. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology* 5: 37-41.
- Ribera, I. and A. Melic. 2015. Orden Neuroptera s.s. *Ibero Diversidad Entomologica @ccesible* 58: 1-12.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. and A. P. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): a new sorghum insect pest in México. *Southwestern Entomologist* 40: 433-434.
- Rodríguez-del-Bosque, L. A. and A. P. Terán. 2018. Manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas. Folleto Técnico número MX-0-310304-45-03-13-09-72. Campo Experimental Río Bravo INIFAP-Centro Regional Experimental del Noreste. Tamaulipas, México, Septiembre de 2018. 72 pp.
- Rodríguez-Rodríguez, J. F., E. Cerna-Chávez, Y. Ochoa-Fuentes y O. Hernández-Bautista. 2016. Evaluación de extractos vegetales sobre pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) (Hemiptera: Aphididae) en sorgo en Guanajuato. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 3: 18-24.
- Rodríguez-Vélez, J. M., V. B. Rodríguez, C. M. A. Sarmiento, P. M. Palomares and B. H. C. Arredondo. 2016. Species of Coccinellidae (Coleoptera: Cucujoidea) associated with

- Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae) in Tamaulipas, Mexico. Entomological News 126: 97-105.
- Rueda, J., C. Molina, R. Hernández and J. N. Benavent. 2014. Nuevas aportaciones sobre el neuróptero *Sisyra iridipennis* Costa 1884 (Neuroptera: Sisyridae) para las provincias de Albacete, Alicante y Valencia (España). Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa 54: 407-409.
- Rumpf, S., C. Frampton and D. R. Dietrich. 1998. Effects of conventional insecticides and insect growth regulators on fecundity and other life-table parameters of *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemerobiidae). Journal of Economic Entomology 91: 34-40.
- Saeed, R. and M. Razaq. 2015. Effect of prey resource on the fitness of the predator, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Pakistan Journal of Zoology 47: 103-109.
- SAGARPA. 2017. Sorgo grano mexicano. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, 1-14 pp.
- SAGARPA. 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 138-141 pp. Disponible en [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018); consultado el 06 de Mayo de 2019.
- Salas-Monzón, R., O. E. Hernández-Torres, J. R. Lomeli-Flores, R. Peña-Martínez, A. L. Muñoz-Viveros y J. M. Vanegas-Rico. 2018. Metodología para el estudio del desarrollo de *Melanaphis sacchari*. Folia Entomológica Mexicana 4: 85-90.
- Saljoqi, A. U. R., N. Asad, J. Khan, E. Haq, M. Nasir, H. Zada, B. Ahmad, M. Nadeem, Z. Huma and M. Salim. 2016. Functional response of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) fed on cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) under laboratory conditions. Pakistan Journal of Zoology 48: 165-169.

- Samson, P. R. and P. R. B. Blood. 1979. Biology and temperature relationships of *Chrysopa* sp., *Micromus tasmaniae* and *Nabis capsiformis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 25: 253-259.
- SAS Institute. 2000. User's guide, version 9. SAS Institute, Cary.
- Sato, T. and H. Takada. 2004. Biological studies on three *Micromus* species in Japan (Neuroptera: Hemerobiidae) to evaluate their potential as biological control agents against aphids: 1. Thermal effects on development and reproduction. *Applied Entomology and Zoology* 39: 417-425.
- Selhime, A. G. and R. F. Kanavel. 1968. Life cycle and parasitism of *Micromus posticus* and *M. subanticus* in Florida. *Annals of the Entomological Society of America* 61: 1212-1215.
- SENASICA. 2018. Estrategia operativa del programa fitosanitario contra el pulgón amarillo del sorgo. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria 2-3 pp.
- Singh, B.U., P. G. Padmaja and N. Seetharama. 2004. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: a review. *Crop Protection* 23: 739-755.
- Smith, R. C. 1923. The life histories and stages of some hemerobiids and allied species (Neuroptera). *Annals of the Entomological Society of America* 16: 129-151.
- Soares, A. O., D. Coderre and H. Schanderl. 2003. Effect of temperature and intraspecific allometry on predation by two phenotypes of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology* 32:939-944.
- Souza, B., J. C. Matioli and A. I. Ciociola. 1990. Biología comparada de *Nusalala uruguayana* (Navas, 1923) (Neuroptera: Hemerobiidae) alimentada com diferentes espécies de áfideos. I. Fase de larva. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"* 47: 283-300.

- Souza, B. and A. I. Ciociola. 1997. Efeito de diferentes dietas sobre a fecundidade e longevidade de *Nusalala uruguayana* (Navás, 1923) (Neuroptera: Hemerobiidae). Pesquisa Agropecuária Brasileira 32: 27-32.
- Stelzl, V. M. and S. A. Hassan. 1992. Über die zucht von *Micromus angulatus* Steph. (Neuropteroidea, Hemerobiidae), einer neuen nutzlingsart zur bekämpfung von weichhautigen schadarthropoden in gewachshausern. Journal of Applied Entomology 114: 32-37.
- Syrett, P. and D. R. Penman. 1981. Developmental threshold temperatures for the brown lacewing, *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemerobiidae). New Zealand Journal of Zoology 8: 281-283.
- USDA. 2019. World sorghum production 2019/2020. Disponible en <http://www.worldagriculturalproduction.com/crops/sorghum.aspx>; consultado el 21 de Mayo de 2019.
- van Lenteren, J. C. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. BioControl 57: 1-20.
- White, W., T. Reagan and D. Hall. . 2001. *Melanaphis sacchari* (Homoptera: Aphididae), a sugarcane pest new to Louisiana. Florida Entomologist 84: 435-436.
- Yayla, M. and S. Satar. 2012. Temperature influence on development of *Sympherobius pygmaeus* (Rambur) (Neuroptera: Hemerobiidae) reared on *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae). Turkish Journal of Entomology 36: 11-22.
- Yayla, M. and S. Satar. 2013. Effect of different food on adult productivity of *Sympherobius pygmaeus* (Rambur) (Neuroptera: Hemerobiidae). Integrated Control in Citrus Fruit Crops IOBC-WPRS Bulletin 95: 153-160.
- Zimmerman, E. C. 1957. Insects of Hawaii. University of Hawaii Press 6: 24-85.