



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

Maestría Institucional en Ciencias Biológicas

**Identificación de parasitoides de la palomilla europea del
pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller, parasitismo en
campo y aspectos biológicos de uno de estos
parasitoides bajo condiciones de laboratorio**

tesis que presenta:

Biól. Adileni Guadalupe Hernández Manzo

Como requisito para obtener el grado de

Maestra en Ciencias Biológicas

Director: Dr. Samuel Pineda Guillermo

Codirectora: Dra. Ana Mabel Martínez Castillo

Morelia, Michoacán, febrero de 2026





Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaración de originalidad

El presente documento es producto del trabajo original de investigación de **Adileni Guadalupe Hernández Manzo**, estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas y respetando siempre los más altos estándares éticos solicitados por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Todos los datos de la investigación reportada en el presente documento de tesis, fueron obtenidos por **Adileni Guadalupe Hernández Manzo** durante el periodo que fue estudiante de la Maestría en Ciencias Biológicas, bajo la Dirección del **Dr. Samuel Pineda Guillermo** y la Co Dirección de la **Dra. Ana Mabel Martínez Castillo**.

Morelia, Mich., a 23 de febrero de 2026

Biól. Adileni Guadalupe Hernández Manzo firma

Dr. Samuel Pineda Guillermo

firma

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas, UMSNH

Agradecimientos

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) y al Laboratorio de Entomología Agrícola (LEA), por permitirme hacer uso de sus instalaciones para el desarrollo de esta investigación.

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico otorgado.

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por los proyectos de investigación 2024 y 2025, así como al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Michoacán a través de los proyectos PICIR23-122 y FCCHTI23_ME-4.1.-0065.

A mi Director, el Dr. Samuel Pineda Guillermo, y mi Codirectora, la Dra. Ana Mabel Martínez Castillo, por la oportunidad y confianza para realizar este proyecto, por su dedicación, conocimientos, paciencia y sus valiosos consejos académicos. Gracias por motivarme como persona y estudiante.

A mis sinodales, el Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa, el Dr. Sinue Isabel Morales Alonso y la Dra. Selene Ramos Ortiz, por sus observaciones, aportaciones, apoyo en la identificación de los parasitoides y análisis estadístico.

Al Dr. Zoltán Vas y al MC Jeong Yoo por su ayuda en la identificación de los parasitoides a nivel de especie.

A los MPA Luis Jesús Palma Castillo y Carlos Daniel Gómez Ibarra, al MC Juan Manuel Chavarrieta Yáñez y a la L. BT. Andrea Zemeño Bucio por su enorme apoyo durante el proceso de recolecta del material biológico.

Dedicatoria

Este logro va dedicado a mis padres Miguel y Alejandra, por su apoyo incondicional hacia mis decisiones, por su enorme motivación y por ser los principales pilares de mi formación personal y académica.

A mis hermanas Yesica y Andrea, mi hermano Miguel y mi sobrino Paulo.

A mis tías Dani y Yeya, por cuidarme, motivarme y aconsejarme. Gran parte de lo que he logrado es gracias a ellas.

A mis amigos que conozco desde hace años y a los que conocí aquí en Morelia, gracias por acompañarme y formar parte de esta travesía llamada “mi vida”.

Contenido

1. CAPÍTULO 1.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes	2
1.2.1. <i>Duponchelia fovealis</i>	2
1.2.1.1. Taxonomía y distribución	2
1.2.1.2. Descripción morfológica.....	2
1.2.1.3. Daños	3
1.2.2. Métodos de control	3
1.2.2.1 Cultural	3
1.2.3. Familia Ichneumonidae.....	7
1.3. Literatura citada	8
1.4. Justificación.....	15
1.5. Preguntas de investigación	16
1.6. Hipótesis	16
1.7. Objetivos	16
1.7.1. General	16
1.7.2. Específicos	16
2. CAPÍTULO 2	17
2.1. Resumen.....	17
2.2. Introducción.....	18
2.3. Materiales y Métodos	19
2.3.1. Identificación de especies de parasitoides.....	19
2.3.2. Recolecta con larvas centinelas.....	19
2.3.3. Recolecta directa de larvas y pupas de <i>D. fovealis</i>	21
2.3.4. Identificación morfológica	23
2.3.5. Identificación molecular	24
2.4. Resultados	29
2.4.1. Identificación morfológica	29
2.4.2. Identificación molecular	29
2.4.3. Parasitismo en campo de larvas y pupas	31
2.5. Discusión	35
2.6. Conclusiones.....	40
2.7. Literatura citada	40
3. CAPÍTULO 3	50
3.1. Resumen.....	50
3.2. Introducción.....	51
3.3. Materiales y métodos	52
3.3.1. Cría de <i>D. fovealis</i> y <i>C. patsuiкетorum</i>	52
3.3.2. Ciclo de vida de <i>C. patsuiкетorum</i>	54
3.3.3. Preferencia de parasitismo de <i>C. patsuiкетorum</i>	56
3.4. Análisis de datos	57
3.5. Resultados	57

3.5.1. Ciclo de vida de <i>C. patsuiketorum</i>	57
3.5.2. Preferencia de parasitismo de <i>C. patsuiketorum</i> sobre larvas de <i>D. fovealis</i>	62
3.5.3. Duración de los estados de desarrollo de huevo-larva, pupa y adulto de <i>C. patsuiketorum</i>	62
3.5.4. Supervivencia de adultos de <i>C. patsuiketorum</i>	63
3.5.5. Proporción de sexos	67
3.6. Discusión	67
3.7. Conclusiones.....	72
3.8. Literatura citada	72
3.9. Discusión general.....	78
3.10. Literatura citada	80
3.11. Conclusiones generales.....	84

Índice de cuadros

Cuadro 1. Número de larvas centinelas de diferentes instares de <i>D. fovealis</i> que se colocaron en un cultivo de arándano. Téjaro, Tarímbaro, Michoacán, 2024.....	20
Cuadro 2. Sitios, fechas y cultivos donde se realizaron las recolectas de larvas y pupas de <i>D. fovealis</i>	22
Cuadro 3. Secuencias de nucleótidos del gen COI de especies del género <i>Campoletis</i> , con sus respectivas localidades y números de acceso en el GenBank, utilizadas para la construcción del árbol filogenético. <i>Apanteles opuntiarum</i> se utilizó como grupo externo.	27
Cuadro 4. Secuencias de nucleótidos del gen COI de especies de la familia Eulophidae, con sus respectivas localidades y números de acceso en el GenBank, utilizadas para la construcción del árbol filogenético. <i>Trichogramma pretiosum</i> se utilizó como grupo externo.	28
Cuadro 5. Parasitismo en campo de larvas de <i>D. fovealis</i> recolectadas en diferentes sitios.	32
Cuadro 6. Parasitismo en campo de pupas de <i>D. fovealis</i> recolectadas en diferentes sitios.	34
Cuadro 1. Preferencia de parasitismo (porcentaje $\pm$ EE) del parasitoide <i>C. patsuiketorum</i> sobre larvas de diferente instar de <i>D. fovealis</i>	62
Cuadro 2. Duración de los estados de vida (días $\pm$ EE) del parasitoide <i>C. patsuiketorum</i> cuando se desarrollaron en larvas de diferente instar de <i>D. fovealis</i>	63
Cuadro 3. Proporción de sexos (%) de adultos del parasitoide <i>C. patsuiketorum</i> provenientes de tres instares larvales de <i>D. fovealis</i>	67

Índice de figuras

Figura 1. Ciclo de vida de <i>D. fovealis</i> . a , huevos; b , larva de tercer instar; c , pupa; d , adultos. (Fotos de Hernández-Manzo, 2024). L1, L2, L3, L4 y L5: larva de primer, segundo, tercer, cuarto y quinto instar, respectivamente.	3
Figura 1. Larvas centinelas de <i>Duponchelia fovealis</i> . a , acondicionamiento en cajas de Petri de las larvas de tercero, cuarto y quinto instar de una cría establecida en laboratorio; b , cultivo de arándano; c , colocación, en campo, de las cajas Petri con las larvas centinelas; d , individualización y seguimiento, en el laboratorio, de las larvas centinelas recuperadas hasta la emergencia de adultos del hospedero o parasitoides.	21
Figura 2. Árbol filogenético de máxima verosimilitud construido con secuencias parciales de ADN mitocondrial COI que muestra la relación entre especies del género <i>Campoletis</i> obtenidas de la base de datos del GenBank. <i>Apanteles polychrosidis</i> se utilizó como grupo externo.	30
Figura 3. Árbol filogenético de máxima verosimilitud, construido con secuencias parciales de ADN mitocondrial COI que muestra la relación entre especies de la familia Eulophidae obtenidas de la base de datos del GenBank. <i>Trichogramma pretiosum</i> se usó como grupo externo.	31
Figura 1. <i>Campoletis patsuiketorum</i> . a , pupas en celdas de cajas para cultivo de tejidos; b , adultos en vasos de plástico con gotas de miel y una tira de tela de microfibra que funcionó como bebedero.	55
Figura 2. Preferencia de parasitismo de <i>C. patsuiketorum</i> sobre larvas de <i>D. fovealis</i> . a , jaula entomológica con adultos del parasitoide; b , instares larvales expuestos a las hembras del parasitoide; c , individualización de las larvas del hospedero en cajas para cultivo de tejidos. L2, L3 y L4; larvas de segundo, tercero y cuarto instar, respectivamente.	56
Figura 3. Ciclo de vida del parasitoide <i>C. patsuiketorum</i> a, b, c , huevo de 0.6, 1 y 1.9 días. d, e, f, g, h , larva neonata, de 1.38, 3.38, 6.38 y 8.38 días, respectivamente.	60
Figura 4. Ciclo de vida del parasitoide <i>C. patsuiketorum</i> a, b , cocón de 2 y 7 días de edad, respectivamente. c, d , pupa hembra y macho de 2 y 7 días de edad, respectivamente. e, f , adulto hembra y macho, respectivamente.	61
Figura 5. Curvas de supervivencia de hembras y machos de <i>C. patsuiketorum</i> , emergidos de larvas de segundo (a), tercero (b) y cuarto (c) instar larval de <i>D. fovealis</i> . NS, sin diferencias significativas entre sexos ($P > 0.05$). *, con diferencias significativas entre sexos ($P < 0.05$).	65
Figura 6. Curvas de supervivencia de hembras (a) y machos (b) de <i>C. patsuiketorum</i> , emergidos de tres instares larvales de <i>D. fovealis</i> . NS, sin diferencias significativas entre sexos ($P > 0.05$). *, con diferencias significativas entre sexos ($P < 0.05$).	66

Resumen

La palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), se detectó por primera vez en México en 2018, en un cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en Tangancícuaro, Michoacán. Actualmente, se encuentra distribuida en varios estados de la República Mexicana y se ha encontrado en cultivos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). El uso de enemigos naturales, particularmente de parasitoides, es una opción viable para el control de insectos plaga. En México, solo se conoce la presencia del endoparasitoide *Campoletis* sp., asociado a larvas de *D. fovealis*. Por ello, es necesario realizar más investigaciones sobre la presencia de otras especies de parasitoides de larvas y pupas de este lepidóptero. En este estudio, se identificaron morfológica y molecularmente las especies de parasitoides asociadas a larvas y pupas de *D. fovealis* y se estimó su parasitismo en campo. Para ello, se utilizaron larvas centinelas de este lepidóptero obtenidas de la cría del laboratorio y se realizaron recolectas en campo de ambos estados de desarrollo mencionados anteriormente en cultivos de fresa y arándano en seis y tres sitios en los estados de Michoacán y Guanajuato, respectivamente. No se obtuvieron parasitoides de las larvas centinelas colocadas en campo. En contraste, se obtuvieron los parasitoides *Campoletis patsuiketorum* (Viereck) (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Tetrastichomyia clisiocampae* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae) de larvas y pupas de *D. fovealis*, recolectadas en campo, respectivamente. *Campoletis patsuiketorum* se obtuvo de larvas recolectadas en los sitios San José Coapa y Santiago Conguripo, Michoacán; e Irapuato 1, Guanajuato; mientras que *T. clisiocampae* se obtuvo de pupas recolectadas en Tétraro, Michoacán. El parasitismo en campo causado por *C. patsuiketorum* fue entre 10% y 75% en las diferentes fechas y sitios de colecta, mientras que el de *T. clisiocampae* fue entre 26.32% y 87.69% en las diferentes fechas de colecta en el sitio Tétraro, Michoacán. En la segunda parte de este estudio, se determinó bajo condiciones de laboratorio, el ciclo biológico de *C. patsuiketorum* sobre larvas de cuarto instar de *D. fovealis*, así como la preferencia de parasitismo sobre larvas de segundo, tercer y cuarto instar de este hospedero. También se determinó la longevidad, supervivencia y proporción de

sexos de este parasitoide. La duración de los estados de huevo, larva y pupa de *C. patsuiketorum* fue de 2.12, 8.35 y 8.73 d, respectivamente. Este parasitoide tuvo preferencia por las larvas de tercer y cuarto instar (92-94% de parasitismo), comparadas con las larvas de segundo (56%). Además, la duración del desarrollo desde el huevo hasta la larva fue menor en larvas de cuarto instar (10.42 d) que en larvas de segundo y tercer instar (15.52 y 12.02 d, respectivamente). La duración de estado de pupa fue muy similar en los tres instares del hospedero (9 d), mientras que la longevidad de los adultos fue menor cuando se desarrollaron en larvas de cuarto instar. La supervivencia de las hembras y los machos fue mayor cuando se desarrollaron en larvas de segundo y cuarto instar. La proporción de sexos estuvo sesgada hacia los machos, independientemente del instar del cual emergieron. Estos resultados demuestran que *C. patsuiketorum* tiene alta capacidad de parasitación y puede desarrollarse bajo condiciones controladas sobre larvas de *D. fovealis*, por lo que podría ser una opción para el control biológico de este insecto. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones a este respecto.

Palabras clave: *Campoletis patsuiketorum*, *Tetrastichomyia clisiocampae*, *Fragaria x ananassa*, *Vaccinium corymbosum*, control biológico, parámetros biológicos

Abstract

The European pepper moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), was reported for the first time in Mexico in 2018 in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) crops in Tangancícuaro, Michoacán. Currently, it is distributed in several states of the Mexican Republic and has been found in blueberry crops (*Vaccinium corymbosum* L.). The use of natural enemies, particularly parasitoids, is a viable option for insect pest control. In Mexico, *Campoletis* sp. is the only one endoparasitoid that has been reported parasitizing *D. fovealis* larvae. Therefore, more research is needed on the presence of other species of parasitoids of larvae and pupae of this lepidopteran. In this study, the species of parasitoids associated with larvae and pupae of *D. fovealis* were morphologically and molecularly identified and their parasitism in the field was estimated. To this end, sentinel larvae of *D. fovealis* were obtained from a colony maintained in the laboratory and larvae and pupae were collected in the field from strawberry and blueberry crops in six and three sites in the states of Michoacán and Guanajuato, respectively. No parasitoids were obtained from sentinel larvae placed in the field. In contrast, the parasitoids *Campoletis patsuiketorum* (Viereck) (Hymenoptera: Ichneumonidae) and *Tetrastichomyia clisiocampae* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae) were obtained from larvae and pupae of *D. fovealis*, collected in the field, respectively. *Campoletis patsuiketorum* was obtained from larvae collected in the sites San José Coapa and Santiago Conguripo, Michoacán; and Irapuato 1, Guanajuato; while *T. clisiocampae* was obtained from pupae collected in Tétraro, Michoacán. The parasitism in field caused by *C. patsuiketorum* was between 10% and 75% on the different dates and collection sites, while that of *T. clisiocampae* was between 26.32% and 87.69% on the different collection dates at the Tétraro, Michoacán. In the second part of this study, the biological cycle of *C. patsuiketorum* on fourth instar larvae of *D. fovealis* was determined under laboratory conditions, as well as the parasitism preference on second, third and fourth instar larvae of this host. The longevity, survival and sex ratio of this parasitoid were also determined. The duration of the egg, larva and pupal stages of *C. patsuiketorum* was 2.12, 8.35 and 8.73 d, respectively. This parasitoid preferred third and fourth instars (92-94% parasitism),

compared to second instar (56%). In addition, the duration of development from egg to larva was shorter in fourth instar (10.42 d) than in second and third instars (15.52 and 12.02 d, respectively). The duration of the pupal stage was very similar in the three instars of the host (9 d) while the longevity of adults was lower when they developed in fourth instar larvae. Survival of females and males was greater when they developed in second and fourth instars. The sex ratio was bias to males, regardless of the instar from which individuals emerged. These results demonstrate that *C. patsuiketorum* has a high parasitism capacity and can develop under controlled conditions on *D. fovealis*, so it could be an option for the biological control of this insect. However, more research on this regard is required.

Key words: *Campoletis patsuiketorum*, *Tetrastichomyia clisiocampae*, *Fragaria x ananassa*, *Vaccinium corymbosum*, biological control, biological parameters

1. CAPÍTULO 1

1.1. Introducción

La palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), es originaria de la región del Mediterráneo y las Islas Canarias (Zawadneak et al., 2016; dos Santos et al., 2019). Este insecto tiene una metamorfosis completa; es decir, su ciclo de vida está conformado por los estados de vida de huevo, larva (con cinco instares), pupa y adulto. La duración del ciclo de vida de este insecto depende de la temperatura; en estudios previos se determinó una duración de 72 y 119 días a 21 °C y 17 °C, comprendiendo todos sus estados de vida, respectivamente (Hernández-Manzo, 2023).

Duponchelia fovealis es una plaga del cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. [Rosaceae]) en varios países, incluido México, donde se reportó por primera vez en noviembre de 2018 sobre este cultivo en el municipio de Tangancícuaro, Michoacán (Soria-Morales, 2019). En el cultivo de fresa, este insecto reduce la producción, calidad y valor comercial de los frutos. En Estados Unidos se reportan pérdidas entre \$198,553,000 y 520,205,000 dólares americanos para los cultivos de pimiento verde, maíz y fresa (Stock y Hodges, 2011; Zawadneak et al., 2016). En México, la presencia de *D. fovealis* se reportó en los estados de Michoacán, Puebla, Jalisco, Sinaloa y Baja California. También se ha reportado en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) (Rodríguez-Vázquez et al., 2023).

El control biológico implica el uso de enemigos naturales, tales como depredadores, parasitoides y entomopatógenos (bacterias, hongos, virus, entre otros) para el control de insectos plaga (Gutiérrez-Ramírez et al., 2013; Zelaya-Molina et al., 2022). Los parasitoides son insectos ampliamente utilizados en el control biológico de plagas agrícolas; en su estado de larva se alimentan de su hospedero, pero en su estado adulto son de vida libre. La mayoría de los parasitoides pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Diptera. Entre las familias usadas para el control biológico se encuentran Trichogrammatidae, Eulophidae, Chalcididae, Scelionidae, Braconidae, Ichneumonidae, Pteromalidae, Encyrtidae, Aphelinidae (todas del Orden Hymenoptera) y Tachinidae (Diptera) (Ferreira-Agüero et al., 2018; Polack et al., 2020; Fernandez et al., 2023).

1.2. Antecedentes

1.2.1. *Duponchelia fovealis*

1.2.1.1. Taxonomía y distribución

Duponchelia fovealis, conocida comúnmente como la palomilla europea del pimiento, pertenece al orden Lepidoptera, superfamilia Pyraloidea y familia Crambidae (Zawadneak et al., 2016; Acosta-Vásquez et al., 2017). Este lepidóptero es originario del sur de Europa, de la zona del Mediterráneo e Islas Canarias, pero actualmente se ha establecido en África, América y Asia. En el continente europeo, *D. fovealis* se ha reportado en países como Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Finlandia, Holanda, Hungría, Inglaterra, Italia, Portugal, República Checa, Suecia, Turquía, entre otros (Bonsignore y Vacante, 2010; Franco y Baptista, 2010; Efil et al., 2014). En América, su presencia se reporta en Brasil, Canadá, Costa Rica, Estados Unidos y México; (Zawadneak et al., 2016; Soria-Morales, 2019; González-Fuentes et al., 2023; Copeman y Frank, 2024).

1.2.1.2. Descripción morfológica

Los huevos de *D. fovealis* son ovalados, de aproximadamente 0.5 mm × 0.7 mm; recién depositados son de color crema o blanquecino, pero conforme avanza su desarrollo adquieren un color rojizo (**Figura 1a**). Las hembras depositan alrededor de 200 huevos, individualmente o en grupos, que pueden superponerse como escamas de pescado (Brambila y Stocks, 2010; Bonsignore y Vacante, 2010). Las larvas de este insecto eclosionan a los 10 y 4 días a 18 y 30 °C, respectivamente (Paes et al., 2018). Las larvas (**Figura 1b**) tienen cinco instares; las del primer instar pueden medir 1.5 mm y las del último instar hasta 20-30 mm, el color de su cuerpo es café blanquecino a café con manchas oscuras de las que sobresalen pelos cortos, poseen un escudo protorácico de color negro. La coloración de las pupas es amarillenta-crema y conforme avanza su desarrollo adquieren un color marrón (**Figura 1c**), el tamaño es de alrededor de 9.6 mm. Los adultos presentan una coloración marrón-grisácea, más clara en las hembras (**Figura 1d1**) que en los machos (**Figura 1d2**). La longitud de los machos es de 11.23 mm de largo y 19.10 mm de expansión alar; mientras que el tamaño de las hembras es de 8.42 mm y 18.70 mm de expansión alar, ambos sexos presentan líneas transversales color

blanco en las alas anteriores (Bonsignore y Vacante, 2010; Brambila y Stocks, 2010; Rodríguez-Vázquez et al., 2023; Copeman y Frank, 2024).

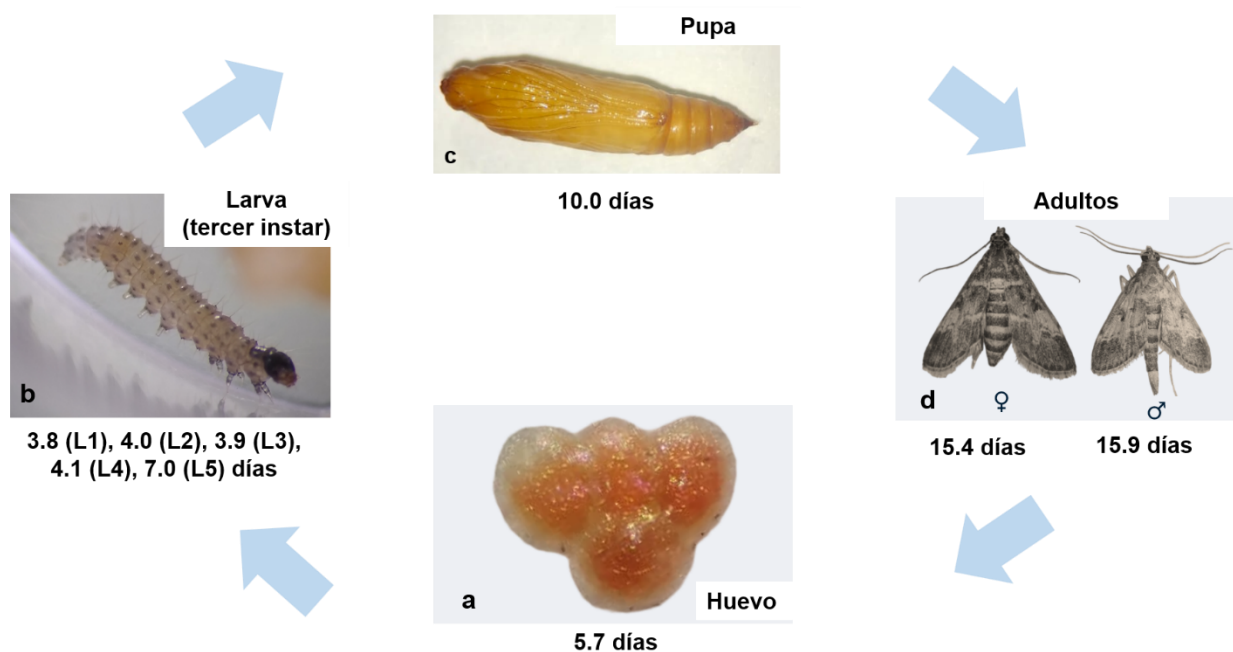


Figura 1. Ciclo de vida de *D. fovealis*. **a**, huevos; **b**, larva de tercer instar; **c**, pupa; **d**, adultos. (Fotos de Hernández-Manzo, 2024). L1, L2, L3, L4 y L5: larva de primer, segundo, tercer, cuarto y quinto instar, respectivamente.

1.2.1.3. Daños

Las larvas de *D. fovealis* son polípagas, se alimentan de más de 143 especies que pertenecen a al menos 65 familias de plantas ornamentales y cultivadas, donde causan daños a los brotes, hojas, flores, frutos y raíces (Zawadneak et al., 2016; Copeman y Frank, 2024). En los cultivos de fresa, las larvas se alimentan de raíces, tallos, hojas y frutos; lo que altera los procesos fisiológicos de la planta e incrementa la susceptibilidad hacia microorganismos patógenos (Rodríguez-Vázquez et al., 2023).

1.2.2. Métodos de control

1.2.2.1 Cultural

El control cultural de *D. fovealis* implica el uso de diversas prácticas. Por ejemplo, eliminación de los residuos vegetales y malezas en las áreas de producción y sus alrededores, así como de las hojas senescentes de las plantas para evitar que las larvas

se protejan en estas hojas. Mantener un ambiente de crecimiento lo más seco posible utilizando materiales como turba-perlita, ya que esta mezcla es más seca en comparación a que si se usa solamente turba, que retiene mayor humedad. Para los invernaderos, es recomendable la instalación de mallas anti-insectos para el control de esta plaga (Derksen y Whilby, 2011; Zawadneak et al., 2014; Stocks y Hodges, 2018). Estas prácticas de manejo cultural son fundamentales para reducir la incidencia y el impacto de *D. fovealis* en los cultivos de fresa.

1.2.2.2. Químico

Generalmente, el control de los insectos plaga se ha realizado con el uso de insecticidas químicos; sin embargo, este método de control no ha sido satisfactorio (Abdel-Raheem, 2021). Los insecticidas químicos han causado contaminación ambiental, reducción de las poblaciones de enemigos naturales (depredadores y parasitoides) y daños a la salud humana.

En Brasil, bajo condiciones de laboratorio, dos Santos et al. (2019) estudiaron el efecto de 12 insecticidas de diferente modo de acción contra larvas de segundo instar de *D. fovealis*: acetamiprid, ciromazina, tiamethoxan + lambda-cyhalotrina, milbemectina, clorantraniliprol, lambdacyhalotrina, tiamethoxam, fenpropatrin, alfacipermetrina, clorfenapir, indoxacarb y lambda-cialotrina + clorantraniliprol). Tres de estos compuestos (clorfenapir, lambda-cialotrina + clorantraniliprol e indoxacarb) causaron mortalidad de 70%, 80% y 100%, respectivamente, sobre las larvas de este instar. En Estados Unidos de América, Mey y Bethke (2011) evaluaron el uso de seis insecticidas (Orthene, Talstar Pro, Safari, Proclaim + Dyne-amic, F7954 y Check) y el que mejor acción tuvo contra las larvas fue el compuesto Orthene (82% y 92% de mortalidad a los cuatro días después de la aplicación por los métodos de aspersión y riego, respectivamente), seguido de F7954 (abamectina + bifentrina) con 64% y Proclaim + Dyne-amic con 55%. En la investigación realizada por Frank y Nagle (2021), probaron la acción de cuatro insecticidas: permetrina, Acelepryn (clorantraniliprol), Sarisa (ciclaniliprol) y Pradia (ciclaniliprol y flonicamida). A excepción de la permetrina, todos estos compuestos causaron una mortalidad de 100% en larvas de segundo y tercer instar, después del séptimo día de aplicación. En México

la reducción de población de *D. fovealis* se realiza con el uso de *Bacillus thuringensis* var. *Kurstaki* en el sistema de riego, en arándano y fresa (S. Pineda; comunicación personal).

1.2.2.3. Biológicos

1.2.2.3.1. Hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos son enemigos naturales de diversos insectos plaga, entre ellos los lepidópteros. Entre los hongos entomopatógenos a los que *D. fovealis* ha mostrado susceptibilidad son *Purpureocillium lilacinum* (Thom) (Hypocreales; Ophiocordycipitaceae), *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin, *Isaria javanica* (Bally), *Cordyceps javanica* (Bally) (Hypocreales: Cordycipitaceae) (Poitevin et al., 2018; Baja et al., 2020; da Costa Stuart et al., 2020; Da Luz et al., 2024), *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) y *Lecanicillium* sp. (Hypocreales; Cordycipitaceae) (Amatuzzi et al., 2018).

1.2.2.3.2. Bacterias

Porsani et al. (2022), reportaron que aislamientos de la bacteria del género *Streptomyces* causaron aproximadamente el 40% y el 65% de mortalidad en huevos y larvas de *D. fovealis*, respectivamente. Además de la mortalidad larvaria, los adultos que emergieron de las larvas expuestas a los aislamientos presentaron malformaciones. *B. thuringiensis*, var. *kurstaki*, también ha mostrado eficacia en el control de las larvas de *D. fovealis* (Da Luz et al., 2024).

1.2.2.3.3. Nematodos

La especie *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Rhabditida: Heterorhabditidae) se evaluó contra larvas y pupas de *D. fovealis*, el análisis reveló que las larvas fueron más susceptibles con mortalidades entre 80% y 95%; mientras que la de las pupas osciló entre 25% y 40% (Reyes-Serrano et al., 2023).

1.2.2.3.4. Depredadores

El uso de depredadores como una alternativa de control de plagas en sistemas agrícolas está en aumento. El éxito de esta alternativa de manejo de plagas está asociado al

conocimiento de la taxonomía y biología del depredador, de su especificidad y de las tasas de depredación (Gutiérrez-Ramírez et al., 2013). Las especies de depredadores que se han reportado para *D. fovealis* son: *Hyaliodocoris insignis* (Stål 1860) (Hemiptera: Miridae) (Zawadneak et al., 2016), *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) y *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) (Araujo et al., 2020), *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) (Gonçalves et al., 2024), *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley), *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (Mesostigmata: Laelapidae) y *Atheta coriaria* Kraatz (Coleoptera: Staphilinidae) (Messelink y Van Wensveen, 2003).

1.2.2.3.5. Parasitoides

Entre los parasitoides de huevos de *D. fovealis* se encuentran: *Trichogramma galloi* (Zucchi), *T. pretiosum* (Riley), *T. evanescens* (West), *T. cacoeciae* (Marchal) y *T. brassicae* (Bezdenko) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Pirovani et al., 2017; Araujo et al., 2020). Como parasitoides de larvas de *D. fovealis* se han reportado las especies: *Campoletis rapax* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Efil et al., 2014) y *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) (Zawadneak et al., 2016). Recientemente, se reportó que el parasitoide *Campoletis* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) causó entre 4.32% y 11.9% de parasitismo en larvas de *D. fovealis* en Guanajuato, México (Jaraleño-Teniente et al., 2024).

1.2.2.3.5.1. Generalidades de parasitoides

Los parasitoides son insectos holometábolos, que para su reproducción necesitan alimentarse obligatoriamente de otros artrópodos, como arácnidos e insectos, los cuales son llamados hospederos o huéspedes (Ferreira-Agüero et al., 2018; Polack et al., 2020).

Los parasitoides pueden desarrollarse dentro (endoparasitoides) o sobre (ectoparasitoides) del organismo huésped. La mayoría de estos organismos atacan un estado de desarrollo de su hospedante; por ejemplo, las especies de la familia Trichogrammatidae son parasitoides de huevo; las de Braconidae e Ichneumonidae de larva, y las de Chalcididae de pupa (Ríos-Casanova, 2011; Gutiérrez-Ramírez et al., 2013; Pirovani et al., 2017; Santos-Murgas et al., 2021). De acuerdo al número de

parasitoides que emergen del hospedante, estos se clasifican en solitarios, cuando un descendiente se desarrolla por hospedante, y gregarios cuando varios parasitoides se desarrollan en el mismo huésped. Por la forma de parasitar pueden ser koinobiontes o idiobiontes. Los koinobiontes, al momento de realizar la oviposición, paralizan temporalmente a su hospedante, aunque pueden no paralizarlo; mientras que los idiobiontes en todos los casos paralizan a su hospedero (Ríos-Casanova, 2011; Gutiérrez-Ramírez et al., 2013; Constantino, 2020).

Por otro lado, las avispas que parasitan a larvas de lepidópteros inyectan al momento de la oviposición, un polidnavirus (Polydnaviridae) de los géneros *Bracovirus* e *Ichnovirus*, presentes en las familias Braconidae e Ichneumonidae, respectivamente. El polidnavirus no afecta a la especie de parasitoide que lo porta, pero cuando el huevo se deposita en un insecto huésped, el polidnavirus se activa para inhibir el sistema inmune del hospedante, por lo que las células de defensa (hemocitos) no pueden encapsular a los huevos del parasitoide, permitiendo la eclosión de las larvas (Rodríguez-Pérez y Beckage, 2006; Prasad y Srivastava, 2016; Marchiori, 2022).

El proceso de localización y selección del hospedante incluye las siguientes etapas: (1) ubicación del hábitat del huésped, (2) encuentro del huésped, (3) aceptación del huésped e (4) interacción fisiológica del parasitoide y el huésped. Por lo general, el hábitat del huésped consiste de una o un grupo de plantas, las cuales emiten compuestos químicos volátiles, conocidos como “kairomonas” que atraen al parasitoide. Cuando el hábitat es localizado, el parasitoide detecta a sus hospedantes mediante órganos sensoriales ubicados en sus antenas, señales sensoriales o físicas, como la visión, el sonido y las vibraciones. Después, la hembra del parasitoide examina a cada posible hospedero para determinar si es adecuado para depositar sus huevos. El desarrollo exitoso de un parasitoide sobre o dentro del huésped depende del resultado de las interacciones fisiológicas que ocurren entre ambos (Bernal, 2007; Constantino, 2020).

1.2.3. Familia Ichneumonidae

1.2.3.1. Diversidad y generalidades

La familia Ichneumonidae es la más diversa dentro del orden Hymenoptera, se han descrito más de 24,200 especies y se estima que existen más de 100,000 especies en el

mundo (Ruíz-Cancino et al., 2014; Álvarez-Cabrera, 2017). En México, hasta 2015, se habían descrito 1,301 especies, agrupadas en 373 géneros (Ruíz-Cancino, 2015). El tamaño de las especies de esta familia varía desde 2 mm hasta 40 mm o desde 2 mm hasta 170 mm de longitud, considerando el ovipositor. Las antenas están formadas por 16 o más artejos, los colores comunes de su cuerpo son el amarillo y anaranjado, con o sin bandas negras y varios tonos pardos, algunas especies presentan una banda blanca o amarilla en las antenas (Ruíz et al., 2012; Ruíz-Cancino et al., 2014; Ruíz-Cancino, 2015).

1.2.3.2. Importancia en el control de insectos plaga

Los icneumonídeos actúan como agentes de control natural tanto en ecosistemas naturales como en cultivos, parasitan larvas y pupas de especies pertenecientes a los órdenes Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Mecoptera y Neuroptera (Álvarez-Cabrera et al., 2018).

El uso de avispas parasitoides, como los icneumonídeos en el control biológico de plagas, ha favorecido al establecimiento y adaptación de estos organismos en diversos países. Por ejemplo, en Nueva Zelanda se ha utilizado la especie *Mastrus ridens* (Horstmann) (Hymenoptera: Ichneumonidae) como posible agente de biocontrol contra la palomilla de la manzana *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) (Sandanayaka et al., 2018) y en México, *Diadegma insulare* (Cresson, 1865) (Hymenoptera: Ichneumonidae) como enemigo natural de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) (Martínez-Jaime et al., 2017). Algunos géneros de la familia Ichneumonidae, que destacan por su importancia en el control biológico de plagas son: *Calliephialtes*, *Campoletis*, *Diadegma* y *Pristomerus* (Ordóñez-García et al., 2015; Pourhaji et al., 2015; Barreto-Barriga et al., 2021; Guzmán-Urbe et al., 2021).

1.3. Literatura citada

Abdel-Raheem, M. 2021. Effect of insecticides on natural-enemies. En: Insecticides-Impact and Benefits of Its Use for Humanity. Ranz, R. R. E. (Ed.), Insecticides - Impact and Benefits of Its Use for Humanity (1-17). IntechOpen.

- Álvarez-Cabrera, G. M. 2017.** Propuesta de Ichneumonídeos (Hymenoptera) para el control biológico de insectos plaga en México. *Agro Productividad*. 10 (9): 78-83.
- Álvarez-Cabrera, G. M., Ruiz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J. M., Treviño-Carreón, J. y Khalaim, A. I. 2018.** Ichneumonidae (Hymenoptera) en un bosque de alta montaña en Tamaulipas y nuevos registros de géneros para México. *Revista Bio Ciencias*. 5-13.
- Acosta-Vásquez, A., Clavijo-Albertos, J. y Arias-Celis, Q. 2017.** Clave pictórica para las especies de Midilínide Venezuela (Lepidoptera: Crambidae, Midilinae). *SHILAP Revista de Lepidopterología*. 45 (178): 243-254.
- Amatuzzi, R. F., Poitevin, C. G., Poltronieri, A. S, Zawadneak, M. A. y Pimentel, I. C. 2018.** Susceptibility of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) to Soil-Borne Entomopathogenic Fungi. *Insects*. 9 (2): 70.
- Araujo, E. S., Poltronieri, A. S., Poitevin, C. G., Mirás-Avalos, J. M., Zawadneak, M. A. C. y Pimentel, I. C. 2020.** Compatibility between entomopathogenic fungi and egg parasitoids (Trichogrammatidae): A laboratory study for their combined use to control *Duponchelia fovealis*. *Insects*. 11 (9): 630.
- Araujo, E. S., Benatto, A., Rizzato, F. B., Poltronieri, A. S., Poitevin, C. G., Zawadneak, M. A. y Pimentel, I. C. 2020.** Combining biocontrol agents with different mechanisms of action to control *Duponchelia fovealis*, an invasive pest in South America. *Crop Protection*. 134, 105184.
- Baja, F., Poitevin, C. G., Araujo, E. S., Mirás-Avalos, J. M., Zawadneak, M. A. y Pimentel, I. C. 2020.** Infection of *Beauveria bassiana* and *Cordyceps javanica* on different immature stages of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection*. 138: 1-31.
- Barreto-Barriga, O., Larsen, J., Real-Santillán, R. O., Bahena, F. y Del-Val, E. 2021.** Differential biocontrol efficacy of the parasitoid wasp *Campoletis sonorensis* on the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* feeding on landrace and hybrid maize. *Biocontrol Science and Technology*. 31(7): 713-724.
- Bernal, J. S. 2007.** Biología, ecología y etología de parasitoides. En: Rodríguez-del-Bosque, L. A. y Arredondo-Bernal, H. C. (Eds.), Teoría y Aplicación del Control Biológico (61-74). Sociedad Mexicana de Control Biológico.

- Bonsignore, C. P. y Vacante, V. 2010.** *Duponchelia fovealis* (Zeller). A new emergency for strawberry? *Protezione delle Colture*. 3: 40-43.
- Brambila, J. y Stocks, I. 2010.** The European pepper moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a Mediterranean pest moth discovered in central Florida. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry. 1-4.
- Constantino, L. M. 2020.** El control biológico natural. En: Benavides-Machado, P. y Góngora, C. E. (Eds.). El control natural de insectos en el ecosistema cafetero colombiano (36–67). Cenicafé.
- Copeman, S. M. y Frank, S. D. 2024.** Profile of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) as a greenhouse and nursery pest in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*. 15 (1): 1-12.
- da Costa Stuart, A. K., Furuie, J. L., Zawadneak, M. A. C. y Pimentel, I. C. 2020.** Increased mortality of the European pepper moth *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) using entomopathogenic fungal consortia. *Journal of Invertebrate Pathology*. 177, 107503.
- Da Luz, T. S., Poitevin, C. G., Zimmermann, R. C., Furuie, J. L., Mazarotto, E. J., Zawadneak, M. A. C., Machado, T. J., Nogueira, C. E. y Pimentel, I. C. 2024.** Potential of microbial control agents in a strategy against *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection*. 176, 106493.
- Derksen, A. y Whilby, L. 2011.** Update on Florida CAPS trapping activities for *Duponchelia fovealis*. 1-13.
- dos Santos, F. M., de Carvalho, J. R., Pratissoli, D., Oliveira, F. B. R. C., Pirovani, V. D. y de Souza, R. H. 2019.** Toxicity of insecticides in *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a new strawberry pest in Brazil under laboratory conditions. *Journal of Experimental Agriculture International*. 39: 1-7.
- Efil, L., Özgür, O. y Efil, F. 2014.** A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on strawberries in Turkey: damage, distribution and parasitoid. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2 (4): 328-334.
- Ferreira-Agüero, M. A., de Vilhena-Dios, R. y Orzuza-Escobar, D. 2018.** Primer registro de *Gymnoclytia* (Diptera: Tachinidae) endoparasitoide de *Euschistus heros*

(Hemiptera: Pentatomidae) en Paraguay. *Revista Colombiana de Entomología*. 44 (1): 138-140.

Fernandez, R., Araujo, R., Herrera, V., Schapheer, C. y Villagra, C. 2023. Avispas parasitoides (Hymenoptera) y control biológico en Chile: Aplicaciones y Potencialidades. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 82 (4): 65-74.

Franco, M. C. y Baptista, M. C. 2010. *Duponchelia fovealis* Zeller-nova praga em Portugal. *Frutas Legumes e Flores*. 110: 34-35.

Frank, S. D. y Nagle, A. M. 2021. Impact of selected insecticides against European pepper moth larvae infesting poinsettia, 2021. *Arthropod Management Tests*. 46 (1): 1-1.

González-Fuentes, F., Rodríguez-Chinchilla, C., Arroyo-Vargas, A. J. y González-Herrera, A. 2023. Detección de *Duponchelia fovealis* Zeller con feromonas en fincas de fresa de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 34 (2): 51870.

Gonçalves, R. B., Araujo, E. S., Moraes, B. R. D., Pimentel, I. C., Rosa, J. M. D., Bernardi, D. y Zawadneak, M. A. 2024. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) predate eggs of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae), a pest of strawberry. *Revista Caatinga*. 37, e12178.

Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Santillán-Ortega, C., Ortiz-Catón, M. y Cambero-Campos, O. J. 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias*. 2 (3): 102-112.

Guzmán-Urbe, E. J., Aguirre-Urbe, L. A., Flores-Jimenez, J., Hernández-Juárez, A., Flores-Dávila, M. y Cerna-Chavez, E. 2021. Parasitism of Hickory Shuckworm, *Cydia caryana* (Fitch 1856) 1, at Coahuila. *Southwestern Entomologist*. 46(4): 885-890.

Hernández-Manzo, A. G. 2023. Influencia de la temperatura sobre la biología y reproducción de la palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 40 pp.

Jaraleño-Teniente, J., González-Hernández, H., Lomeli-Flores, J. R., Soto-Rojas, L., Tamayo-Mejía, F., Martínez-Nuñez, M. y Valdez-Carrasco, J. M. 2024.

- Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) and its Parasitoid in Cultivated Berries in Guanajuato, Mexico. *Journal of Entomological Science*. 59 (4): 518-523.
- Marchiori, C. H. 2022.** Family Braconidae as a parasitoid of insect pests for the world fruit industry. *Research Journal of Life Sciences*. 03 (02): 013–034.
- Martínez-Jaime, O. A., Salas-Araiza, M. D., Díaz-García, J. A., Sanzón-Gómez, D., & Guzmán-Mendoza, R. 2017.** Relación de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) con la temperatura y su parasitoide *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en el bajo guanajuatense. *Entomología Mexicana*. 4: 300–305.
- Messelink, G. y Van Wensveen, W. 2003.** Biocontrol of *Duponcheria fovealis* (Lepidoptera: Pyralidae) with soil-dwelling predators in potted plants. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 68 (4): 159-165.
- Mey, B. V. y Bethke, J. A. 2011.** Efficacy of selected insecticides against the european pepper moth, *Duponchelia fovealis*, on verbena grown outdoors, 2010. *Arthropod Management Tests*. 36 (1): 1-1.
- Ordóñez-García, M., Rios-Velasco, C., Berlanga-Reyes, D. I., Acosta-Muñiz, C. H., Salas-Marina, M. Á. y Cambero-Campos, O. J. 2015.** Occurrence of natural enemies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Chihuahua, Mexico. *Florida Entomologist*. 843-847.
- Paes, J. P. P., Lima, V. L. S., Pratissoli, D., Carvalho, J. R., Pirovani, V. D. y Bueno, R. C. O. F. 2018.** Thermal requirements, development and number of generations of *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 90: 2447– 2457.
- Pirovani, V. D., Pratissoli, D., Tibúrcio, M. O., de Carvalho, J. R., Damascena, A. P. y Faria, L. V. 2017.** *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum* for the management of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in strawberry plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 52: 690-693.
- Polack, L. A., Lecuona, R. E. y López, S. N. 2020.** Control biológico de plagas en horticultura. Experiencias argentinas de las últimas tres décadas. Ediciones INTA. Ciudad de Buenos Aires, Argentina. 561 pp.

- Poitevin, C. G., Porsani, M. V., Poltronieri, A. S., Zawadneak, M. A. C. y Pimentel, I. C. 2018.** Fungi isolated from insects in strawberry crops act as potential biological control agents of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Applied Entomology and Zoology*. 53: 323-331.
- Porsani, M. V., Poitevin, C. G., Tralamazza, S. M., de Souza, M. T., de Souza, M. T., da Silva, É. D. B. y de Melo, I. S. 2022.** *Streptomyces* spp. Isolated from Marine and Caatinga Biomes in Brazil for the Biological Control of *Duponchelia fovealis*. *Neotropical Entomology*. 51(2): 299-310.
- Pourhaji, A., Lotfalizadeh, H., Farshbaf-Pourabad, R., Gharali, B. y Mohammadi-Khoramabadi, A. 2016.** Ichneumonid parasitoids (Hymenoptera: Ichneumonidae) of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the northwest of Iran. *Journal of Insect Biodiversity and Systematics*. 2(2): 193-202.
- Prasad, V. y Srivastava, S. 2016.** Insect viruses. En: Omkar (Ed.), Ecofriendly pest management for food security (411-442). Academic Press.
- Reyes-Serrano, M. A., Guzmán-Franco, A. W., Santillán Galicia, M. T., Alatorre-Rosas, R., Tamayo-Mejía, F. y Rodríguez-Maciel, J. C. 2023.** Susceptibility of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) to different entomopathogens in laboratory conditions. *Biocontrol Science and Technology*. 33(6): 555-566.
- Ríos-Casanova, L. 2011.** ¿Qué son los parasitoides? *Revista Ciencia*. 62(2): 20-25.
- Rodríguez-Pérez, M. A. y Beckage, N. E. 2006.** Estrategias co-evolutivas de la interacción entre parasitoides y polidnavirus. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 48 (1): 31-43.
- Rodríguez-Vázquez, E., Pineda-Guillermo, S., Juárez, A., Tejeda-Reyes M. A., López-Bautista, E., y Illescas-Riquelme, C. P. 2023.** Dimorfismo sexual, diagnosis y daños causados por *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 82 (3): 13-20.
- Ruíz, E., Coronado, J., Ivanovich, A., Toledo, V., Flores, A., Tovar, E., y García, J. 2012.** Ichneumonidae (Hymenoptera) en el control natural y biológico de insectos en México. *Recursos Naturales*. 244- 552.

- Ruíz-Cancino, E., Rafaelevich-Kasparyan, D., González-Moreno, A., Khalaim, A. I., y Coronado-Blanco, J. M. 2014.** Biodiversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 385-391.
- Ruíz-Cancino, E. 2015.** La familia Ichneumonidae (Hymenoptera) en México. *Entomología Mexicana*. 2: 1-13.
- Sandanayaka, W. R. M., Charles, J. G., Davis, V. A., Chhagan, A., Shaw, P. W., Cole, L. M. y Wallis, D. R. 2018.** Mass rearing and release of *Mastrus ridens* (Hym: Ichneumonidae) a parasitoid for the biological control of codling moth *Cydia pomonella*. *New Zealand Entomologist*, 41(2): 37-45.
- Santos-Murgas, A., Gutiérrez-Lanzas, J. J. y Lanuza-Garay, A. 2021.** Registro de parasitismo de *Brachymeria annulata* (Hymenoptera: Chalcididae) en pupas de *Talides hispa* Evans, 1955 (Lepidoptera: Hesperidae) en Panamá. *Poeyana*. (512): 1-3.
- Soria-Morales, J. 2019.** *Duponchelia fovealis*, plaga detectada recientemente en México. Periódico RuralAgro21. Agricultura, Ganadería, Forestal, Agronegocios. Año 03, Número 10, enero de 2019. https://issuu.com/agro21/docs/ruralagro21_ed_10. Fecha de consulta: 16 de junio de 2024.
- Stocks, S. D. y Hodges, A. A. 2011.** European pepper moth or southern European marsh pyralid *Duponchelia fovealis* (Zeller). UF/IFAS Extension, University of Florida. 508, 1-10.
- Zawadneak, M. A. C., Gonçalves, R. B. y Bischoff, A. M. 2014.** *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae): nova praga no Brasil. Projeto de extensão universitária colhendo Bons Frutos da Universidade Federal do Paraná, pp. 13.
- Zawadneak, M. A. C., Gonçalves, R. B., Pimentel, I. C., Schuber, J. M., Santos, B., Poltronieri, A. S. y Solis, M. A. 2016.** First record of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in South America. *Idesia (Arica)*. 34(3): 91-95.
- Zelaya-Molina, L. X., Chávez-Díaz, I. F., De los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C. I., Ruíz-Ramírez, S. y Rojas-Anaya, E. 2022.** Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13: 69-79.

1.4. Justificación

Las nuevas asociaciones de enemigos naturales con insectos plaga (ejemplo, parasitoides-hospedero) en zonas o regiones donde estos últimos organismos se han establecido son altamente probables debido a su amplia diversidad y adaptabilidad hacia el ambiente en donde se encuentran sus hospederos. Debido a ello, los estudios sobre el complejo parasitoide-hospedero son muy importantes desde el punto de vista ecológico y práctico debido a la regulación que el parasitoide ejerce sobre las poblaciones de insectos herbívoros hospederos, con lo cual se puede identificar y seleccionar a las especies más prometedoras como agentes de control biológico. Por lo tanto, es necesario realizar estudios sobre la exploración e identificación de especies de parasitoides que se encuentren asociados con larvas y pupas de *D. fovealis*. Asimismo, es importante conocer los aspectos biológicos de las especies de parasitoides más abundantes en campo, para incluirlas en los programas de manejo de plagas.

1.5. Preguntas de investigación

1. ¿Qué especies de parasitoides están asociadas a larvas y pupas de *D. fovealis* en los cultivos de fresa y arándano?
2. ¿Influyen los instares larvales de *D. fovealis* en el parasitismo y en los parámetros biológicos de la especie de parasitoide más abundante en campo?

1.6. Hipótesis

H1. El parasitismo en campo de los estados de desarrollo de larva y pupa sobre *D. fovealis* depende de la especie de parasitoide.

H2. La preferencia de parasitismo y los parámetros biológicos (supervivencia, longevidad y proporción de sexos) de la especie de parasitoide más abundante están influenciados por el instar de *D. fovealis*.

1.7. Objetivos

1.7.1. General

Identificar las especies de parasitoides asociadas a los estados de desarrollo de larva y pupa de *D. fovealis*, determinar su parasitismo en campo, así como diversos parámetros biológicos del parasitoide más abundante bajo condiciones de laboratorio.

1.7.2. Específicos

1. Identificar a las especies de parasitoides asociados con larvas y pupas de *D. fovealis* colectados en cultivos de fresa y arándano, y determinar su parasitismo en campo (Capítulo 2).
2. Determinar el ciclo de vida, preferencia de parasitismo y diferentes parámetros biológicos del parasitoide de larvas de *D. fovealis*, bajo condiciones de laboratorio (Capítulo 3).

2. CAPÍTULO 2

Identificación de parasitoides de larvas y pupas *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) y su parasitismo en campo

2.1. Resumen

La palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), se reportó por primera vez en 2018 en un cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en Tangancícuaro, Michoacán, México, actualmente también se ha reportado en cultivos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). El control de esta palomilla se realiza mediante la aplicación de insecticidas químicos; sin embargo, el control biológico, mediante el uso de parasitoides, puede ser una alternativa favorable. En este estudio, se identificaron morfológica y molecularmente las especies de parasitoides asociadas con los estados de desarrollo de larva y pupa de *D. fovealis* y se estimó su nivel de parasitismo en campo. Para obtener ejemplares de parasitoides asociados a *D. fovealis*, se utilizaron dos métodos de recolecta: uso de larvas centinelas y recolecta directa de larvas y pupas en diferentes sitios del estado de Michoacán. Con el primer método no se obtuvo ningún parasitoide de larvas. Sin embargo, con el segundo método se obtuvieron dos especies de parasitoides: i) *Campoletis patsuiketorum* (Viereck) (Hymenoptera: Ichneumonidae), proveniente de larvas recolectadas en Michoacán y Guanajuato, en cultivos de fresa y ii) *Tetrastichomyia clisiocampae* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae), procedente de pupas recolectadas en Tarímbaro, Michoacán, en cultivos de arándano. El parasitismo registrado por *C. patsuiketorum* en larvas de *D. fovealis* estuvo comprendido entre el 10% y 75% en todos los sitios de recolecta, mientras que el causado por *T. clisiocampae* sobre pupas de este mismo lepidóptero fue entre 26.32 y 87.69%. Esto indica que ambas especies de parasitoides pueden ser efectivas para el control de esta plaga.

Palabras clave: *Fragaria x ananassa*, *Vaccinium corymbosum*, recolecta directa en campo, larvas centinelas, control biológico.

2.2. Introducción

La palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), es una plaga originaria del área del Mediterráneo e Islas Canarias, pero en los últimos 15 años se ha establecido en África, Asia y América (Bonsignore y Vacante, 2010; Zawadneak et al., 2016; Soria-Morales, 2019; González-Fuentes et al., 2023). Este insecto es polífago, lo que le ha favorecido su dispersión y colonización de nuevas zonas geográficas (González-Fuentes et al., 2023). En México, *D. fovealis* se ha reportado en cultivos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. [Rosaceae]) y arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) (Soria-Morales, 2019; Jaraleño-Teniente et al., 2022; Rodríguez-Vázquez et al., 2023).

El control de *D. fovealis* se realiza principalmente mediante el uso de insecticidas químicos; sin embargo, estos compuestos pueden contaminar el ambiente y favorecer la aparición de plagas secundarias (Richardson et al., 2020). Una de las alternativas para el manejo de *D. fovealis* es el control biológico mediante el uso de enemigos naturales, como los parasitoides del orden Hymenoptera. Los parasitoides, durante su estado larval, se alimentan y desarrollan dentro o sobre su hospedero (insectos o arácnidos) que eventualmente muere. En su estado adulto, los parasitoides son de vida libre y se alimentan de agua y/o néctar (Ríos-Casanova, 2011; Polack et al., 2020). En Brasil, se ha reportado que las especies de *Trichogramma galloi* (Zucchi) y *T. pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Pirovani et al., 2017) parasitan el estado de huevo de *D. fovealis*, mientras que, las larvas de este insecto, pueden ser parasitadas por *Campoletis* sp. (Ichneumonidae) (Jaraleño et al., 2024) y *Apanteles* sp. (Braconidae) (Zawadneak et al., 2016). Actualmente, no se ha registrado parasitismo en el estado de pupa de *D. fovealis*.

En el presente estudio, se identificaron las especies de parasitoides asociadas a los estados de desarrollo de larva y pupa de *D. fovealis* y se estimó su parasitismo en campo.

2.3. Materiales y Métodos

2.3.1. Identificación de especies de parasitoides

Para la identificación de parasitoides de larvas y pupas de *D. fovealis* y la determinación de su nivel de parasitismo en campo se utilizaron dos métodos de recolecta: uso de larvas centinelas y recolecta directa de larvas y pupas, los cuales se describen a continuación.

2.3.2. Recolecta con larvas centinelas

El método de larvas centinelas, también conocido como *larvas trampa* o *larvas cebo*, consiste en utilizar larvas de insectos hospederos obtenidas de crías de laboratorio, las cuales se colocan en campo y posteriormente se recolectan para esperar la emergencia de los insectos parasitoides (Atencio et al., 2020).

En este estudio, se utilizaron larvas centinelas de tercero, cuarto y quinto instar (L3, L4 y L5, respectivamente) de *D. fovealis* (< 8 h después de la muda), las cuales provinieron de una cría establecida en el Laboratorio de Entomología Agrícola (LEA) del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Las larvas centinelas se obtuvieron de la siguiente forma. En cuatro cilindros de plástico (28 cm × 11.5 cm), cubiertos por la parte interna con papel bond, se colocaron 20 adultos previamente apareados por cada cilindro (10 hembras y 10 machos). Como sustrato de oviposición se colocó una tira de plástico de acetato transparente (10 cm × 5.5 cm) doblada en zigzag. Los adultos se alimentaron con una solución a base de cerveza (170 ml), miel (10 ml), azúcar (30 g), nipagín (0.5 g), ácido sórbico (0.5 g) y agua purificada (500 ml) (Araujo et al., 2020). El cilindro de plástico se cubrió con una bolsa de papel de estraza para reducir la presencia de luz que entra en el interior. Después de 12 h, se recolectaron los huevos y se colocaron en recipientes de plástico (18 cm × 13 cm × 6 cm) donde se siguió su desarrollo. Después de la emergencia, las larvas se alimentaron con dieta artificial (modificada de Mihm, 1983) a base de agar, harina de soya y germen de trigo.

Las larvas centinelas se colocaron en cajas Petri de plástico de dos tamaños (9.5 cm × 1.5 cm; 6.0 cm × 1.5 cm) que contenían dieta artificial. En las cajas de Petri de mayor tamaño se colocaron 20 larvas L5, mientras que en las de menor tamaño se colocaron 10 ó 5 larvas L3, L4 ó L5 (< 24 h de edad). Posteriormente, estas cajas de Petri

se cubrieron con tela de organza (diámetro de apertura de 1.0 mm × 1.0 mm), la cual se sujetó con una cinta elástica. Lo anterior, para permitir la ventilación adecuada y evitar el escape de las larvas de *D. fovealis*, así como para facilitar la oviposición de las hembras del parasitoide en campo, en caso de que exista.

Para la exposición de las larvas en condiciones de campo, se seleccionó un cultivo de arándano establecido en una superficie de 1 ha en el Rancho Huerto San Carlos en Téjaro, Tarímbaro, Michoacán (19°50'44.7'' N, 101°5'33.2'' W). Las plantas se desarrollaron en macetas de plástico (37 cm de diámetro × 35 cm de altura) que contenían como sustrato fibra de coco. En total se utilizaron 445 larvas centinelas distribuidas en 60 cajas Petri (Cuadro 1). Las cajas Petri con las larvas centinelas L3, L4 ó L5 de *D. fovealis* se colocaron (una caja por maceta) aleatoriamente en la base del tallo de la planta de arándano, en forma de zigzag y separadas por 15 ó 20 plantas. Este procedimiento se realizó a las 09:00 h. Después de 72 ó 96 h de exposición en campo, las larvas centinelas se recuperaron y se trasladaron al laboratorio (**Figura 1**).

Cuadro 1. Número de larvas centinelas de diferentes instares de *D. fovealis* que se colocaron en un cultivo de arándano. Téjaro, Tarímbaro, Michoacán, 2024.

Número de cajas Petri	Número de larvas por caja/instar ¹	Fecha de colocación de las larvas	Fecha de recuperación de las larvas
8	10/L3	17 de septiembre	20 de septiembre
8	10/L4		
2	5/L5		
13	20/L5	21 de octubre	25 de octubre
14	5/L5		
15	5/L5	2 de diciembre	5 de diciembre

¹ Larvas de tercer, cuarto y quinto instar (L3, L4 y L5, respectivamente).

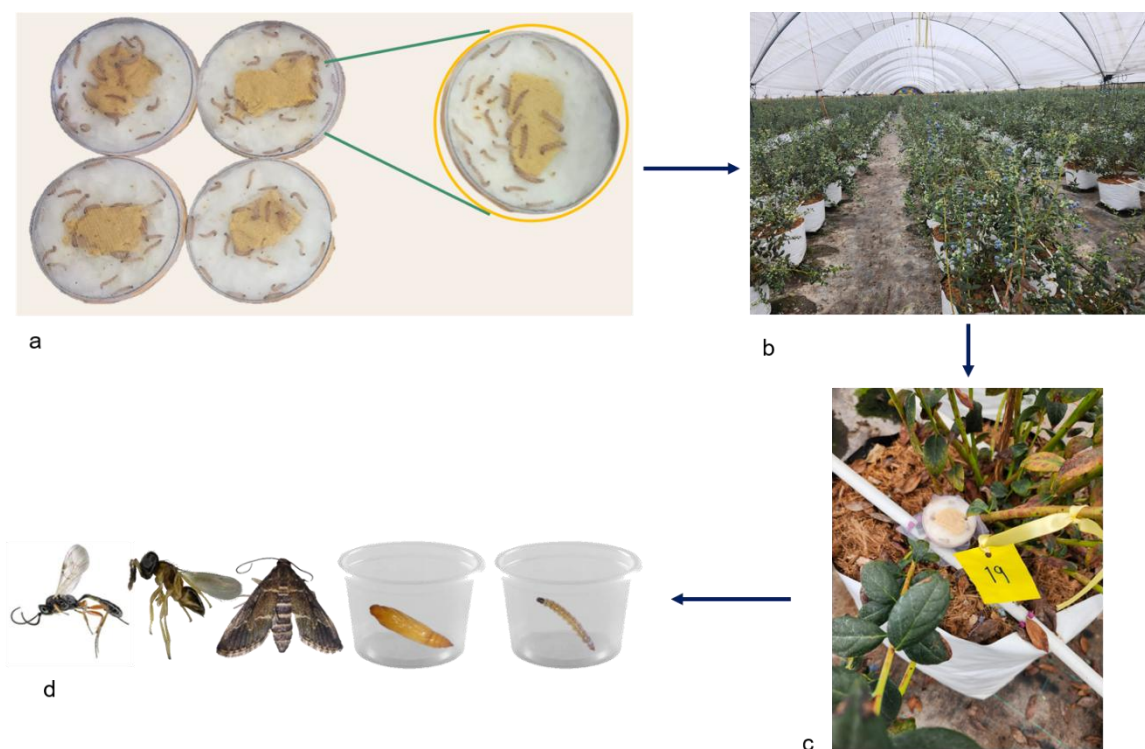


Figura 1. Larvas centinelas de *Duponchelia fovealis*. **a**, acondicionamiento en cajas de Petri de las larvas de tercero, cuarto y quinto instar de una cría establecida en laboratorio; **b**, cultivo de arándano; **c**, colocación, en campo, de las cajas Petri con las larvas centinelas; **d**, individualización y seguimiento, en el laboratorio, de las larvas centinelas recuperadas hasta la emergencia de adultos del hospedero o parasitoides.

2.3.3. Recolecta directa de larvas y pupas de *D. fovealis*

Se recolectaron larvas de diferentes instares y pupas de *D. fovealis* en cultivos de fresa y arándano en diferentes sitios de los estados de Michoacán y Guanajuato (Cuadro 2). Para ello, se realizaron recorridos en forma de zigzag entre las hileras de los cultivos antes mencionados, donde se revisaron las plantas con síntomas de infestación causados por este insecto. Las larvas y pupas recolectadas se colocaron en un recipiente de plástico (28 cm × 8 cm × 16 cm) que contenía materia orgánica (tierra, fibra de coco, hojas frescas y secas) como alimento para las larvas.

Cuadro 2. Sitios, fechas y cultivos donde se realizaron las recolectas de larvas y pupas de *D. fovealis*.

Sitios	Municipio	Coordenadas	Cultivo	Sistema de cultivo	Fecha (2024)
Ururuta 1	*Panindícuaro	20°03'100'' N, 101°60'210'' W	Fresa	Bajo túnel	14 de mayo
Ururuta 2		20°03'574'' N, 101°58'487'' W			
Santiago Coapa	*Morelia	19°33'32.0'' N, 101°18'11.1'' W	Fresa	Campo abierto	22 de mayo
San José Coapa		19°32'29.2'' N, 101°22'36.2'' W	Fresa	Bajo túnel	18 de noviembre
					27 de noviembre
Irapuato 1	**Irapuato	20°35'24.3'' N, 101°24'33.0'' W	Fresa	Campo abierto	29 de agosto
Irapuato 2		20°35'19.9'' N, 101°24'13.6'' W		Bajo túnel	
Rancho Nuevo de Dolores		20°37'27.0'' N, 101°24'58.1'' W			
Santiago Conguripo	*Angamacutiro	20°11'39.47'' N, 101°42'20.75'' W	Fresa	Bajo túnel	12 de diciembre
Téjaro	*Tarímbaro	19°50'44.7'' N, 101°5'33.2'' W	Arándano	Bajo túnel	23 de agosto
					17 de septiembre
					20 de septiembre
					21 de octubre
					25 de octubre
					2 de diciembre

*Michoacán; **Guanajuato

Para ambos métodos de recolecta las larvas y/o pupas de *D. fovealis* se trasladaron al laboratorio donde se siguió su desarrollo en condiciones controladas de 25 ± 2 °C, $60\% \pm 5$ de humedad relativa y un fotoperiodo de 16:8 h (luz:oscuridad). Las larvas se colocaron individualmente en celdas de cajas para cultivo de tejidos de 12 celdas, que contenían dieta semisintética; mientras que las pupas se colocaron en vasos de plástico ventilados (6 cm de altura $\times$ 5 cm de diámetro superior $\times$ 4 cm de diámetro inferior). Ambos estados de desarrollo se revisaron cada 24 h y, en caso de emergencia, se recolectaron los adultos de los parasitoides.

Por otra parte, el porcentaje de parasitismo en campo para cada especie de parasitoide colectado se estimó dividiendo el número de larvas o pupas parasitadas (pupas de las cuales se obtuvieron parasitoides + pupas con orificio de emergencia de adultos del parasitoide) entre el número total de larvas o pupas recolectadas, multiplicado por 100. De los adultos de parasitoides obtenidos, una parte se conservó en alcohol al 70% para su identificación y otra parte se mantuvo viva para el establecimiento de su cría.

2.3.4. Identificación morfológica

Se recolectaron individuos de dos especies de parasitoides de *D. fovealis*, una asociada al estado de larva y la otra al estado de pupa, las cuales pertenecen a las familias Ichneumonidae y Eulophidae, respectivamente (como se detalla en Resultados). La identificación preliminar de estos parasitoides la realizó el Dr. José Isaac Figueroa de la Rosa (LEA, IIAF, UMSNH), a nivel de familia, con las claves de Gibson et al. (1997) y Goulet y Huber (1993). La identificación de la especie de los individuos de la familia Ichneumonidae la realizó el Dr. Zoltán Vas (Museo de Historia Natural de Hungría; Budapest, Hungría), con base en los trabajos de Cresson (1864), Cameron (1886), Ashmead (1890), Viereck (1917, 1925), Blanchard (1946), López Cristóbal (1947), Jussila (1996), Porter (1998), Camargo et al. (2015), Riedel (2017) y Vas (2019, 2021, 2023, 2024). Para ello, se enviaron seis adultos (3 hembras y 3 machos), de los individuos recolectados en San José Coapa, Michoacán. Para la identificación de los individuos provenientes de los sitios Irapuato, Guanajuato y Santiago Conguripo, Michoacán, se tomaron fotografías de alta calidad de diferentes estructuras morfológicas solicitadas por

este especialista: vista lateral, vista dorsal, vista frontal de la cara y del clípeo (con el borde apical del clípeo claramente visible), vista lateral de la cabeza, venación de las alas anteriores y posteriores, vista lateral de la mesopleura, vista lateral del propodeo, vista lateral del primer, segundo, sexto y séptimo terguito y vista lateral del ovipositor.

La identificación de la especie de los individuos de la familia Eulophidae fue realizada por el M.C. Jeong Yoo (Universidad de Toronto; Toronto, Ontario, Canadá). Para ello, se enviaron cinco hembras de este parasitoide. En la Colección de Plagas Agrícolas del LEA se depositaron 20 machos y 20 hembras del icneumonídeo, y cinco hembras y un macho del eulófido. Además, en el Museo Real de Ontario, Canadá y en el Museo de Historia Natural de Hungría, Budapest, Hungría, se depositaron los especímenes de las familias Eulophidae e Ichneumonidae, respectivamente, los cuales se enviaron a los especialistas para su identificación.

2.3.5. Identificación molecular

La identificación molecular a nivel de especie de los parasitoides se realizó mediante el análisis de las secuencias de nucleótidos del gen COI. Para los individuos de la familia Ichneumonidae que provenían de San José Coapa, Michoacán, se utilizaron tres hembras (IIAF25/1H, IIAF25/2H e IIAF25/3H), cada una considerada una muestra. En el caso de los individuos de la familia Eulophidae, debido a su tamaño pequeño (≤ 1 mm), se utilizaron ocho adultos (sin sexar), los cuales conformaron dos muestras (IIAF25/1E e IIAF25/2E), cada una con cuatro individuos. La extracción de ADN se realizó mediante el método de CTAB (Doyle, 1991). Cada muestra se maceró con un micropistilo en un tubo Eppendorf que contenía nitrógeno líquido y tampón de lisis (1 M Tris-HCl pH 8, 0.1 M EDTA, 1.4 M NaCl, 2% CTAB). Las muestras maceradas se agitaron en un vórtex durante 10 s y se incubaron a 65 °C durante 1 h en un baño seco (Labnet International, Edison, New Jersey, Estados Unidos de América). Posteriormente, a cada muestra se le adicionó una solución de 700 μ l de cloroformo (cloroformo: alcohol isoamílico; 24:1), se agitó nuevamente durante 3 s en un vórtex y se centrifugó a 13,000 rpm durante 10 min.

El ADN precipitó en 700 μ l de isopropanol, se colocó a -20 °C durante 10 min y posteriormente se centrifugó a 13,000 g durante 10 min. Después, se descartó el isopropanol restante y se añadieron 500 μ l de etanol, seguido de una centrifugación a

13,000 *g* durante 5 min. La pastilla de ADN se secó a temperatura ambiente y se resuspendió en 50 μ L de agua libre de nucleasas. La cuantificación del ADN se realizó mediante espectrofotometría en un espectrofotómetro UV (Quawell, San José, California, Estados Unidos de América).

La identificación molecular se llevó a cabo mediante amplificación directa por PCR del gen mitocondrial COI, utilizando los cebadores diseñados por Folmer et al. (1994): HCO-1490 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') y LCO-2198 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3'). La amplificación del ADN se realizó en un volumen total de reacción de 28 μ L que contenía: tampón PCR 1 $\times$, 1.5 mM MgCl₂, 0.2 μ M de dNTPs, 0.4 U de Go *Taq* Flexi DNA polimerasa (Promega, Madison, WI), 0.5 μ M de cada cebador y 4 ng de ADN. Los ciclos de PCR se realizaron en un termociclador MaxyGene II (Axygen, Union City, California, Estados Unidos de América) bajo las siguientes condiciones: desnaturalización inicial a 94 °C durante 5 min, seguida de 35 ciclos de desnaturalización a 94 °C durante 30 s, alineamiento a 49 °C durante 30 s y extensión a 72 °C durante 1 min; con una extensión final a 72 °C durante 10 min. La electroforesis se realizó en gel de agarosa al 1% a 50 V durante 40 min en un sistema de electroforesis horizontal. El ADN se tiñó con el colorante SafeView DNA stains (Applied Biological Materials, Richmond, Columbia Británica, Canadá) y el gel se fotografió con el sistema Gel Doc XR+ (BioRad Laboratories, Hercules, California, Estados Unidos de América).

Las tres secuencias generadas para la especie perteneciente a la familia Ichneumonidae (IIAF25/1H, IIAF25/2H e IIAF25/3H) y las otras dos secuencias para la especie de la familia Eulophidae (IIAF25/1E e IIAF25/2E) se ensamblaron con el programa UGENE ver. 52.1 (Unipro, Novosibirsk, Novosibirsk Oblast, Rusia). Para generar el árbol filogenético para cada especie de parasitoide, se seleccionaron secuencias de especies del género *Campoletis* (Cuadro 3) o de eulófidos (Cuadro 4) colectadas en diferentes partes del mundo. Para cada especie de parasitoide, todas las secuencias se compararon con la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) disponible en la plataforma del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI, por sus siglas en inglés).

Los árboles filogenéticos se construyeron con el programa MEGA (Molecular Evolutionary Genetics Analysis) versión 12, mediante el algoritmo de Máxima Verosimilitud (MV). Se utilizaron las secuencias del presente estudio y seis secuencias adicionales, tanto del género *Campoletis* como de la familia Eulophidae, obtenidas del GenBank. Se realizó un análisis de bootstrap, replicado 1,000 veces, para estimar la historia evolutiva de los taxones analizados. Con el método de Tamura-Nei, se determinaron las distancias moleculares contando el número de sustituciones en cada sitio.

Cuadro 3. Secuencias de nucleótidos del gen COI de especies del género *Campoletis*, con sus respectivas localidades y números de acceso en el GenBank, utilizadas para la construcción del árbol filogenético. *Apanteles opuntiarum* se utilizó como grupo externo.

Especies	Voucher	Estado, país	Porcentaje de identidad (%)	Código del GenBank
IIAF25/1F	-	Michoacán, México	99.37	-
IIAF25/2F	-	Michoacán, México	99.37	-
IIAF25/3F	-	Michoacán, México	99.37	-
<i>Campoletis sonorensis</i>	10BBHYM-0405	Estado Unidos de América	89.46	HQ929708
<i>Campoletis flavicincta</i>	BIOUG32626-B11	Ontario, Canadá	88.70	MG352153
<i>Campoletis thomsoni</i>	FICH-001064	Salo, Finlandia	88.48	MZ626699
<i>Apanteles polychrosidis</i>	07PROBE-24634	Jalisco, México	90.22	HQ558926

Cuadro 4. Secuencias de nucleótidos del gen COI de especies de la familia Eulophidae, con sus respectivas localidades y números de acceso en el GenBank, utilizadas para la construcción del árbol filogenético. *Trichogramma pretiosum* se utilizó como grupo externo.

Especies	Voucher	Ciudad, estado, país	Porcentaje de identidad (%)	Código del GenBank
IIAF25/1E	-	Michoacán, México	98.06	-
IIAF25/2E	-	Michoacán, México	98.06	-
<i>Tetrastichus lacustrinus</i>	BC-ZSM-HYM-29813-D09	Escania, Suecia	87.60	MZ384764
<i>Tetrastichus atratulus</i>	BC-ZSM-HYM-26562-E09	Iasi, Rumania	88.59	MZ385445
<i>Minotetrastichus</i> sp.	BIOUG03220-G12	Ontario, Canadá	86.84	KJ092505
<i>Baryscapus</i> sp.	BIOUG07772-E08	Nueva Escocia, Canadá	87.70	KR804069
Eulophidae sp.	BARS_2016_2_196	Ontario, Canadá	90.24	MG339250
<i>Trichogramma pretiosum</i>	5-4	Saltillo, Coahuila, México	83.47	KU702648

2.4. Resultados

2.4.1. Identificación morfológica

Con el método de larvas centinelas de *D. fovealis* no se obtuvieron parasitoides. En contraste, con el método de recolecta directa de larvas y pupas de este insecto se obtuvo una especie de parasitoide para cada uno de estos estados de vida.

A partir de las larvas recolectadas en cultivos de fresa en los sitios San José Coapa y Santiago Conguripo, ambos en el estado de Michoacán, así como en el sitio Irapuato 1, en el estado de Guanajuato, se obtuvieron adultos de una especie de parasitoide en los tres sitios, identificada como *Campoletis patsuiketorum* (Viereck) (Hymenoptera: Ichneumonidae).

Se recolectaron tres pupas de *D. fovealis* parasitadas el 23 de agosto y dos el 17 de septiembre de 2024, en el cultivo de arándano en Tégaro, Michoacán. La especie de parasitoide se identificó como *Tetrastichomyia clisiocampae* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae).

2.4.2. Identificación molecular

La identificación basada en caracteres moleculares confirmó que las secuencias IIAF25/1F, IIAF25/2F e IIAF25/3F correspondieron a *C. patsuiketorum*. El análisis BLAST mostró que estas secuencias comparten 99.37% de similitud y fueron cercanamente (entre 88.48% y 89.46%) a las especies de *C. sonorensis* (HQ929708), *C. flavicincta* (MG352153) y *C. thomsoni* (MZ626699) (Cuadro 3).

La topología del árbol mostró un clado bien soportado (100%), que comprendió las secuencias de *C. patsuiketorum* de Michoacán (IIAF25/1F, IIAF25/2F e IIAF25/3F). El segundo clado (99%) agrupó a las especies *C. sonorensis* (HQ929708), *C. flavicincta* (MG352153) y *C. thomsoni* (MZ626699) provenientes de Estados Unidos de América, Canadá y Finlandia, respectivamente. En la base del árbol, como grupo externo, se ubicó la secuencia de *Apanteles polychrosidis* (HQ558926) proveniente de México (**Figura 2**).

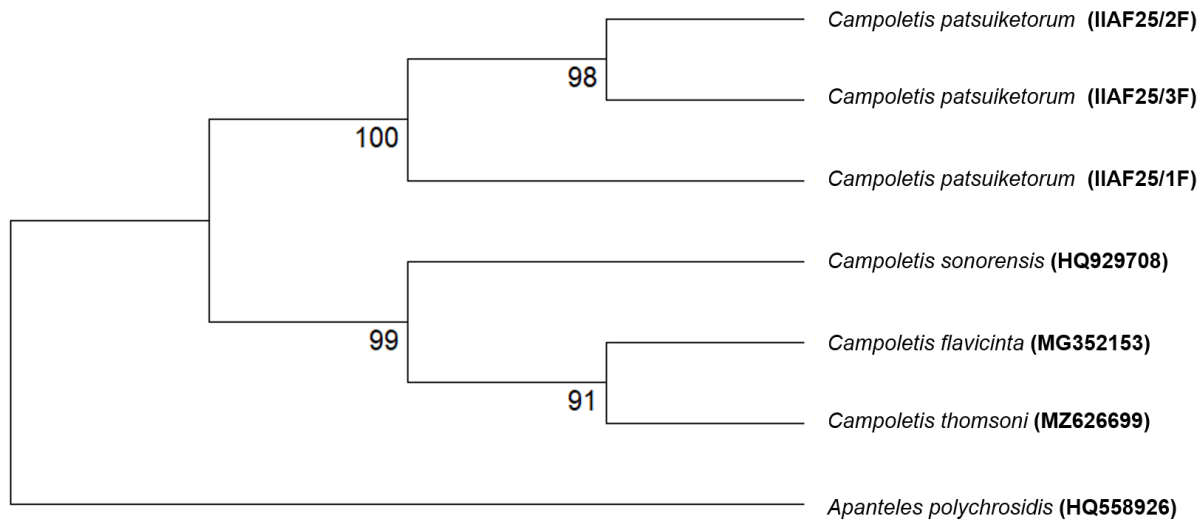


Figura 2. Árbol filogenético de máxima verosimilitud construido con secuencias parciales de ADN mitocondrial COI que muestra la relación entre especies del género *Campoletis* obtenidas de la base de datos del GenBank. *Apanteles polychrosidis* se utilizó como grupo externo.

La identificación basada en caracteres moleculares demostró que las secuencias IIAF25/1E e IIAF25/2E correspondieron a *T. clisiocampae*. El análisis BLAST mostró que estas secuencias comparten 98.06% de similitud y son cercanamente similares (entre 87.60% y 90.24%) a las especies de *Tetrastichus lacustrinus* (MZ384764), *T. atratulus* (MZ385445), *Minotetrastichus* sp. (KJ092505), *Baryscapus* sp. (KR804069) y *Eulophidae* sp. (MG339250) (Cuadro 4).

La topología del árbol mostró que el primer clado (75%), comprendió a las secuencias de *T. lacustrinus* (MZ384764) de Suecia, *T. atratulus* (MZ385445) de Rumania y dos secuencias de Canadá: *Minotetrastichus* sp. (KJ092505) y *Baryscapus* sp. (KR804069). El segundo clado (89%) agrupó a las secuencias de *T. clisiocampae* de Michoacán (IIAF25/1E e IIAF25/2E) y a la especie etiquetada como *Eulophidae* sp. (MG339250) de Ontario, Canadá. Como grupo externo se ubicó la secuencia de *Trichogramma pretiosum* (KU702648) de México (**Figura 3**).

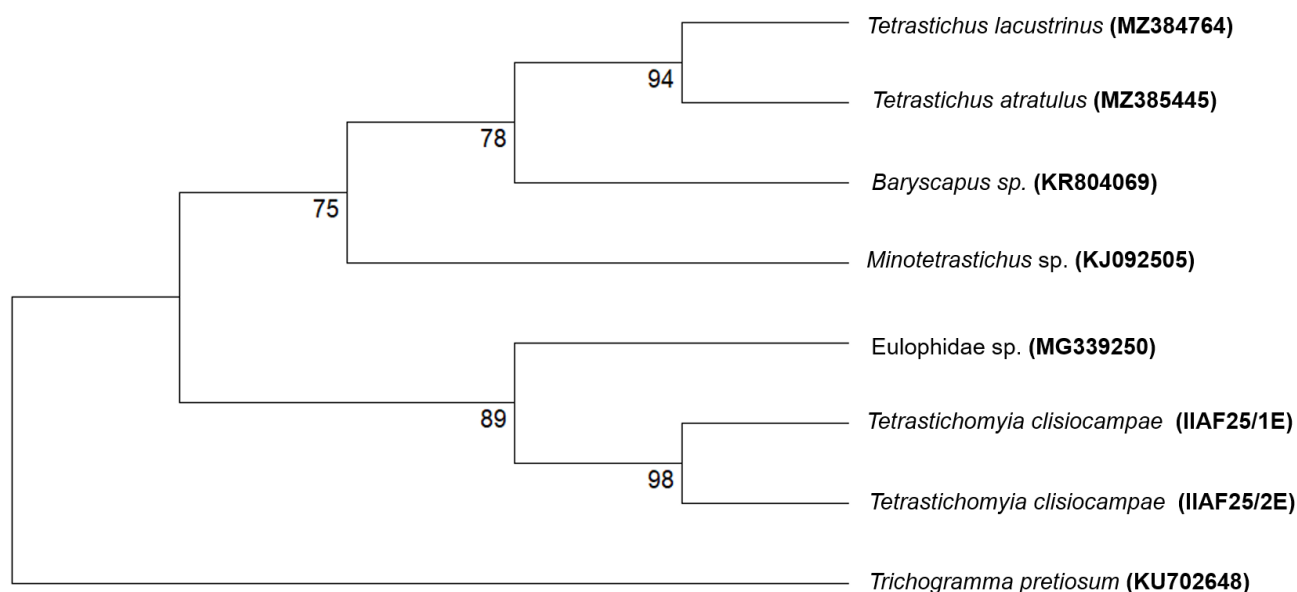


Figura 3. Árbol filogenético de máxima verosimilitud, construido con secuencias parciales de ADN mitocondrial COI que muestra la relación entre especies de la familia Eulophidae obtenidas de la base de datos del GenBank. *Trichogramma pretiosum* se usó como grupo externo.

2.4.3. Parasitismo en campo de larvas y pupas

El parasitismo causado por *C. patsuikeorum* sobre las larvas de *D. fovealis* en el sitio Irapuato 1 fue del 75% (seis de ocho larvas recolectadas). En el sitio San José Coapa, el parasitismo fue del 10% (cinco de 50 larvas recolectadas) y del 14.94% (13 de 87 larvas recolectadas) cuando las recolectas se realizaron en los días 18 y 27 de noviembre de 2024, respectivamente. En Santiago Conguripo, el parasitismo sobre este lepidóptero fue del 40.62 % (13 de 32 larvas recolectadas) (Cuadro 5). No se registró parasitismo de larvas de *D. fovealis* en los sitios Ururuta 1, Ururuta 2, Santiago Coapa, Irapuato 2, Rancho Nuevo de Dolores y Téjaro.

Cuadro 5. Parasitismo en campo de larvas de *D. fovealis* recolectadas en diferentes sitios.

Sitios de recolecta	Larvas (N)	Larvas parasitadas	Dañadas/ muertas	Adultos de <i>D. fovealis</i>	Parasitismo (%)
*Ururuta1	2	-	2	-	-
*Ururuta 2	-	-	-	-	-
*Santiago Coapa	5	-	5	-	-
*San José Coapa	50	5	-	45	10.00
	87	13	6	68	14.94
*Irapuato1	8	6	2	-	75.00
*Irapuato 2	-	-	-	-	-
*Rancho Nuevo de Dolores					
*Santiago Conguripo	32	13	5	14	40.62
**Tejaro	48	-	14	34	-

*Cultivos de fresa y **arándano.

N, número total de larvas colectadas.

El parasitismo en campo causado por *T. clisiocampae* sobre pupas de *D. fovealis* estuvo comprendido entre 26.32 y 87.69% en cuatro de las seis fechas en las que se realizaron las recolectas: 17 de septiembre, 21 de octubre, 25 de octubre y 2 de diciembre de 2024 (Cuadro 6). Es importante mencionar que el 23 de agosto se recolectaron 88 pupas del hospedero, de las cuales tres estuvieron parasitadas por la misma especie de parasitoide. Sin embargo, debido a que no se registró el número total de pupas con orificios de emergencia de los adultos del parasitoide, se desconoce el porcentaje de parasitismo en esta fecha de recolecta. Además, de las 23 pupas recolectadas el 17 de septiembre de 2024, de dos de ellas se obtuvo emergencia del parasitoide. En estas dos pupas, se obtuvo un promedio de 31.5 adultos del parasitoide/pupa del hospedero. El 20 de septiembre no se recolectaron pupas de *D. fovealis*. En Santiago Conguripo no se registró parasitismo de pupas de este insecto, mientras que en el resto de los sitios no se recolectaron pupas del hospedero, excepto en la segunda recolecta realizada en San José Coapa el 27 de noviembre de 2024 (1 pupa)

Cuadro 6. Parasitismo en campo de pupas de *D. fovealis* recolectadas en diferentes sitios.

Sitio de recolecta	Pupas (N)	Parasitadas	Parasitadas con orificios	Parasitadas + P. con orificios	Vacías (adulto emergido)	Dañadas	Parasitismo (%)
*Ururuta 1							
*Ururuta 2							
*Santiago Coapa							
*San José Coapa	1	-	-	-	-	1	-
*Irapuato 1							
*Irapuato 2							
*Rancho Nuevo de Dolores							
*Santiago Conguripo	54	-	-	-	45	9	-
	88	3	-	3	79	6	ND
	23	2	10	12	11	-	52.17
	-	-	-	-	-	-	-
**Téjaro	65	-	57	57	8	-	87.69
	152	-	40	40	104	8	26.32
	92	-	42	42	49	1	45.65

*cultivos de fresa y **arándano.

N, número total de larvas colectadas.

ND, no determinado debido a que no se registró el número total de pupas con orificios de emergencia de los adultos del parasitoide.

2.5. Discusión

En este estudio, no se obtuvo ningún espécimen de parasitoide cuando se utilizó el método de recolecta de larvas centinelas. Sin embargo, se obtuvieron e identificaron dos especies de parasitoides, uno de larvas y otro de pupas de *D. fovealis* a través de la recolecta directa de ambos estados de vida de este lepidóptero. También se determinó el parasitismo en campo de las especies de parasitoides recuperadas. En contraste, en otros estudios se ha reportado el uso exitoso de huevos, larvas y pupas centinelas en la colecta de parasitoides. Por ejemplo, Quintero et al. (2012) obtuvieron tres parasitoides de *Dasiops inedulius* Steyskal (Diptera: Lonchaeidae) al utilizar pupas de este díptero: *Pachycrepoideus vindemmiae* Rondani, *Spalangia* sp. (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Aganaspis* sp. (Hymenoptera: Figitidae). De igual forma, Mariano-Macedo et al. (2020) utilizaron pupas de *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) y recolectaron al parasitoide *P. vindemmiae*. Cuando se utilizaron huevos de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae), Luft et al. (2015) recolectaron dos especies de parasitoides asociados a este lepidóptero: *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Encarsia porteri* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae). Hardwick y Phillips (2021), recolectaron el parasitoide *Microctonus aethiopoides* (Hymenoptera: Braconidae) cuando utilizaron larvas de *Sitona obsoletus* Gmelin (Coleoptera: Curculionidae). La falta de éxito en la obtención de parasitoides de larvas de *D. fovealis* en el presente estudio podría estar relacionado con los siguientes tres factores. (1) Se realizaron varias aplicaciones de insecticidas antes de colocar las larvas en el campo. Por ejemplo, dos días antes de la colocación de las larvas centinela (15 de septiembre) y un día antes de su recuperación (19 de septiembre), se aplicaron Actara, Spintor, Pirekrone y Diaphoprid para el control de trips, ácaros y lepidópteros en el cultivo de arándano. 2) La presencia de depredadores. En ocasiones, las cajas Petri que contenían las larvas centinelas fueron destruidas aparentemente por roedores o aves. (3) En el sitio donde se colocaron las larvas centinela (Téjaro, Michoacán), posiblemente, no existen parasitoides de larvas de *D. fovealis* en el cultivo de arándano. Esto se sustenta en que, en las fechas tanto de colocación como de recuperación de las larvas centinela en el sitio mencionado, se realizaron recolectas directas de larvas. Sin embargo, solamente el 23 de agosto se recolectaron 48 larvas y no se obtuvo ningún parasitoide.

Cuando se recolectaron larvas y pupas de *D. fovealis* en campo se obtuvieron e identificaron dos especies de parasitoides: *C. patsuiketorum* y *T. clisiocampae*, asociadas a cada uno de estos estados de desarrollo, respectivamente. En la colección del Museo Nacional de Estados Unidos, se encuentra un ejemplar macho de *C. patsuiketorum*, el cual fue recolectado en Oaxaca, México, por L.O. Howard. Sin embargo, la validez de su identificación y la precisión de los datos de colecta nunca fueron confirmados (Krombein et al., 1979). Por lo tanto, en el presente estudio se reporta formalmente, por primera vez, el hallazgo de esta especie de parasitoide en México, así como a *D. fovealis* como el primer hospedero conocido.

En México se han reportado dos especies del género *Campoletis* (Hymenoptera: Ichneumonidae), *C. flavicincta* Ashmead y *C. sonorensis* Cameron, ambas como parasitoides de larvas del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) (Hoballah et al., 2004; Molina-Ochoa et al., 2004), una de las plagas agrícolas más importantes en los cultivos de maíz. *Campoletis flavicincta* se encuentra en los estados de Chihuahua (Ordóñez-García et al., 2015), Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit (Molina-Ochoa et al., 2001; 2004). Por otro lado, *C. sonorensis* presenta una distribución más amplia ya que se encuentra reportada en los estados de Durango, Nayarit, Coahuila (Ríos-Velasco et al., 2011; González-Maldonado et al., 2014), Tamaulipas (Serrano-Domínguez et al., 2020), Oaxaca (Padilla-Cortes et al., 2025), Veracruz (Hoballah et al., 2004), Chihuahua (Ordóñez-García et al., 2015), Estado de México (Jourdie et al., 2010), Guanajuato (Araiza, 2018), Jalisco (Jourdie et al., 2008) y Michoacán. En este último estado, *C. sonorensis* ha sido registrado en los municipios de Pátzcuaro e Indaparapeo (García-Becerra et al., 2013; Barreto-Barriga et al., 2017; 2021).

Campoletis patsuiketorum es un parasitoide generalista. En Michigan, Estados Unidos de América, se registró parasitando larvas de *Acrobasis vaccinii* (Riley) (Lepidoptera: Pyralidae) en cultivos de arándano (Murray et al., 1996). En Canadá, la presencia de este parasitoide se reportó en las provincias de Alberta en las localidades de Vermilion y Edmonton, y Saskatchewan, en Saskatoon, parasitando larvas de Lepidoptera, de las familias Crambidae, Pyralidae y Tortricidae, sin identificar las especies (Strickland, 1946; Schwarzfeld, 2014).

Por otro lado, en el presente estudio se reporta por primera vez la presencia de *T. clisiocampae* en México. Sin embargo, la presencia del género *Tetrastichomyia* ya había sido documentada en este país, tanto en el Inventario de Hymenoptera Parasítica en México, como en la base de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF), donde su ocurrencia fue registrada en el estado de Guerrero, por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (González-Hernández, 2025). En Europa (Italia), Estados Unidos de América y China se documentó a *T. clisiocampae* parasitando pupas de *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Erebidæ) (Sullivan et al., 2011; Cao et al., 2024). En Estados Unidos de América, *T. clisiocampae* ha sido reportado en diversas especies de Lepidoptera, incluyendo: *Malacosoma americanum* (Fabricius) (Lasiocampidae), *Achatodes zeae* (Harris) (Noctuidæ), *Diatraea crambidoides* (Grote) (Crambidae), *Sanninoidea exitiosa* (Say) (Sesiidae) y *Grapholita molesta* (Busck) (Tortricidae) (LaSalle, 1994).

El género *Tetrastichomyia* incluye otras dos especies, *T. silvensis* Girault y *T. pulchricornis* (Gahan) (LaSalle, 1994), de las cuales se desconoce información sobre sus hospederos. De acuerdo con los registros de la base de datos GBIF, existe un ejemplar de *T. silvensis* depositado en el Departamento de Entomología del Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian; sin embargo, se desconoce la ubicación exacta de su recolecta (Orrell, 2025). En esta misma base de datos, *T. pulchricornis* cuenta con un registro de observación en el estado de Nebraska, Estados Unidos de América (Wojahn, 2025), así como con un espécimen preservado en el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian y, de igual forma, se desconoce el sitio de colecta de esta especie (Orrell, 2025).

El gen COI se ha utilizado previamente para la identificación de especies del género *Campoletis* (Zhang et al., 2024) y de la familia Eulophidae (Rasool et al., 2022). En el presente estudio, el análisis de las secuencias amplificadas de este gen permitió confirmar la identidad taxonómica de los ejemplares analizados. La alta similitud intraespecífica (99.37%) entre las secuencias IIAF25/1F, IIAF25/2F e IIAF25/3F, así como su agrupamiento en un clado con soporte del 100%, confirman que los ejemplares recolectados en Michoacán corresponden a la especie *C. patsuiketorum*. En contraste, las similitudes relativamente bajas (88.48–89.46%) entre *C. patsuiketorum* y las especies

C. sonorensis, *C. flavicincta* y *C. thomsoni*, evidencian una clara diferenciación genética, lo que refuerza su estatus como entidad taxonómica independiente.

Similarmente, las secuencias IIAF25/1E e IIAF25/2E fueron identificadas como *T. clisiocampae* al presentar una alta similitud entre sí (98.06%) y agruparse en un clado bien definido con un soporte del 89%. Asimismo, las similitudes moderadas de *T. clisiocampae* (87.60–90.24%) con otras secuencias de Eulophidae, reflejan la cercanía filogenética existente entre los géneros de esta familia.

El parasitismo causado por *C. patsuiketorum* en larvas de *D. fovealis* en campo fue 12% en el sitio San José Coapa, Michoacán, mientras que en Irapuato 1, Guanajuato y Santiago Conguripo, Michoacán, el parasitismo fue 75% y 40.62%, respectivamente. El único reporte sobre el parasitismo de larvas de *D. fovealis* en México es el de Jaraleño-Teniente et al. (2024). Estos autores reportaron 4.32% y 11.9% de parasitismo de *Campoletis* sp. en cultivos de fresa en los municipios de Jerécuaro y Tarandacua, Guanajuato, respectivamente. De igual forma, en 2021 se registró 11% de parasitismo de *Campoletis* sp. sobre larvas de este lepidóptero en un cultivo de fresa en Indaparapeo, Michoacán (S. Pineda, datos no publicados).

En otras partes del mundo ya se han registrado parasitoides de larvas de *D. fovealis*. En Turquía, *Campoletis rapax* Gravenhorst causó 27% de parasitismo en larvas de este lepidóptero en un cultivo de fresa (Efil et al., 2014). Por su parte, Zawadneak et al. (2016) reportaron al parasitoide *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) en Brasil; pero no mencionaron datos sobre el nivel de parasitismo causado ni el cultivo donde fue encontrado. En Estados Unidos de América, Murray et al. (1996) reportaron un parasitismo de 80% en larvas de *A. vaccinii* causado por *C. patsuiketorum*.

En México, los registros de parasitismo en campo por especies del género *Campoletis* han sido documentados en poblaciones de *S. frugiperda* (Golpe-Quevedo et al., 2022). En Durango, *C. sonorensis* presentó niveles de parasitismo variables con valores de 44.3%, 18.5% y 7.7% durante los años 2012, 2013 y 2014, respectivamente (González-Maldonado et al., 2014), muy similares a los registrados por García-González et al. (2020) en el mismo estado de la República Mexicana (44.25% y 7.3%). En otros estados del país, los niveles de parasitismo por *C. sonorensis* han mostrado variaciones notables. En Nayarit, se han reportado valores de 0.30% (Estrada-Virgen et al., 2013) y

14.42% (Gutiérrez-Ramírez et al., 2015), mientras que en Coahuila se registró un parasitismo de 0.75% (Ríos-Velasco et al., 2011), inferior al 6.1% documentado en Tamaulipas (Serrano-Domínguez et al., 2020). En Michoacán, *C. flavicincta* representó el 23% del parasitismo, también sobre larvas de *S. frugiperda* (Molina-Ochoa et al., 2001).

El rango de parasitismo de *T. clisiocampae* en Téjaro estuvo comprendido entre 26.32% y 87.69% en las diferentes fechas de colecta de pupas de *D. fovealis* en un cultivo de arándano. Este constituye el primer reporte de un parasitoide asociado a este lepidóptero. Sin embargo, en otros géneros de la subfamilia Tetrastichinae (subfamilia a la cual pertenece *T. clisiocampae*) se ha registrado el parasitismo en condiciones de laboratorio por distintas especies de eulófidos sobre diversos lepidópteros, entre ellos destacan *Tetrastichus howardi* Olliff y *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu. Para *T. howardi* se reportó 2%, 56% y 68% de parasitismo en adultos, larvas de quinto instar y pupas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) (Pereira et al., 2015), mientras que en pupas de *Diatraea impersonatella* Walker (Lepidoptera: Crambidae) fue 92% (Rodrigues et al., 2021). En pupas de *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae) y *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) los niveles de parasitismo de *T. howardi* fueron de 64% y 100%, respectivamente (Barbosa et al., 2015; de Oliveira et al., 2016). Por su parte, Vargas et al. (2013) documentaron rangos de parasitismo de 50%, 83.33% y 16.66% en pupas de *D. saccharalis* causado por *T. diatraeae*, esta misma especie de parasitoide ha mostrado niveles de parasitismo de 100%, 80% y 66% en pupas de *Euselasia eucerus* (Hewitson) (Lepidoptera: Riodinidae) (Zaché et al., 2011), *Eupseudosoma involuta* Sepp (Lepidoptera: Arctiidae) (Zaché et al., 2013) y *Methona themisto* Hübner (Lepidoptera: Nymphalidae) (do Nascimento et al., 2020), respectivamente. Sin embargo, bajo condiciones de campo en Panamá, el parasitismo por *T. diatraeae* en pupas de *Agraulis vanillae* (L.) (Lepidoptera: Nymphalidae) fue 7.6% (Santos-Murgas y Jaen, 2025).

En relación al número de parasitoides emergidos por pupa, en este estudio se obtuvo un promedio de 31.5 adultos de *T. clisiocampae* por pupa de *D. fovealis*. En contraste, y también bajo condiciones de campo, Gallego et al. (2013) y Santos-Murgas et al. (2022) reportaron cantidades menores, un promedio de 12.7 adultos de *Tetrastichus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) por pupa de *Brontispa longissima* Gestro (Coleoptera:

Chrysomelidae) y 14 adultos de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) en una pupa de *Quadrus cerialis* (Stoll) (Lepidoptera: Hesperidae), respectivamente.

2.6. Conclusiones

Este estudio reporta por primera vez a los parasitoides *C. patsuiketorum* y *T. clisiocampae* asociados a los estados de desarrollo de larva y pupa, respectivamente, de *D. fovealis* en México. Ambas especies de parasitoides mostraron altos niveles de parasitismo (75% y 87.89%, para cada especie de parasitoide respectivamente) en campo, lo que sugiere su eficacia como enemigos naturales de esta plaga. La asociación parasitoide-hospedero reportada en el presente estudio para cada estado inmaduro de *D. fovealis* constituye la base para futuras investigaciones orientadas a evaluar el potencial de *C. patsuiketorum* y *T. clisiocampae* en programas de manejo integrado de plagas en cultivos de fresa y arándano de este lepidóptero.

2.7. Literatura citada

- Araiza, M. D. S. 2018.** Enemigos Naturales Asociados con el Gusano Cogollero¹ y el Gusano Elotero² en Sorgo y Maíz en Irapuato, Guanajuato, México. *Southwestern Entomologist*. 43(3): 715-722.
- Araujo, E. S., Poltronieri, A. S., Poitevin, C. G., Mirás-Avalos, J. M., Zawadneak, M. A. C. y Pimentel, I. C. 2020.** Compatibility between entomopathogenic fungi and egg parasitoids (Trichogrammatidae): A laboratory study for their combined use to control *Duponchelia fovealis*. *Insects*. 11 (9): 630.
- Ashmead, W. H. 1890.** Description of new Ichneumonidae in the collection of the U.S. National Museum. *Proceedings of the United States National Museum* 12: 387–451.
- Atencio, R. V., François-Régis, G., Guerra, A. y López, S. 2020.** Uso de *Galleria mellonella* L. (Lep.: Pyralidae) como presa centinela para evaluar el impacto de enemigos naturales sobre *Diatraea tabernella* Dyar (Lep.: Crambidae) en caña de azúcar en Panamá. *Revista Colegiada de Ciencia*. 1: 1-17.

- Barbosa, R. H., Kassab, S. O., Pereira, F. F., Rossoni, C., Costa, D. P. y Berndt, M. A. 2015.** Parasitism and biological aspects of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) pupae. *Ciência Rural*. 45(02): 185-188.
- Barreto-Barriga, O., Larsen, J., Bahena, F. y Del-Val, E. 2017.** Influence of male presence and host diet on *Campoletis sonorensis* parasitism of *Spodoptera frugiperda*. *Biocontrol Science and Technology*. 27(11): 1279-1291.
- Barreto-Barriga, O., Larsen, J., Real-Santillán, R. O., Bahena, F. y Del-Val, E. 2021.** Differential biocontrol efficacy of the parasitoid wasp *Campoletis sonorensis* on the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* feeding on landrace and hybrid maize. *Biocontrol Science and Technology*. 31(7): 713-724.
- Blanchard, E. E. 1946.** Seis nuevos Campopleginos Argentinos (Hym. Ichneumonidae). *Acta Zoológica Lilloana*. 3: 289–305.
- Bonsignore, C. P. y Vacante, V. 2010.** *Duponchelia fovealis* (Zeller). A new emergency for strawberry? *Protezione delle Colture*. 3: 40-43.
- Camargo, L. F., Brito, R. A. y Penteado-Dias, A. M. 2015.** Redescription of *Campoletis sonorensis* (Cameron 1886) (Hymenoptera, Ichneumonidae, Campopleginae), parasitoid of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 75(4): 989–998.
- Cameron, P. 1886.** Hymenoptera 1. In: Godman F.D. y Salvin, O. (eds): *Biologia Centrali-Americana*. Zoology. Porter, London, pp. 241–328.
- Cao L. M., Wang X. Y., Petrice T. R. y Poland, T. M. 2024.** A checklist of the predators and parasitoids of the fall webworm *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera, Erebidae) from around the world. *ZooKeys*. 1211: 251–348
- Cresson, E. T. 1864.** Descriptions of North American Hymenoptera in the collection of the Entomological Society of Philadelphia. *Proceedings of the Entomological Society of Philadelphia* 3: 257–321.
- de Oliveira, H. N., Simonato, J., Glaeser, D. F. y Pereira, F. F. 2016.** Parasitismo de pupas de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) por *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Semina: Ciências Agrárias*. 37(1): 111-115.

- do Nascimento, D. A., dos Santos, F. A., de Carvalho, V. R., Dias de Souza, C. y Wilcken, C. F. 2020.** Primer informe de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) que parasita pupas de *Methona themisto* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Idesia (Arica)*. 38(2): 129-132.
- Doyle, J. J. y Doyle, J. L. 1991.** DNA protocols for plants. En G. M. Hewitt, A. W. B. Johnston, & J. P. W. Young (Eds.). *Molecular Techniques in Taxonomy* (pp. 283–293). Springer-Verlag.
- Efil, L., Özgür, O. y Efil, F. 2014.** A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on strawberries in Turkey: damage, distribution and parasitoid. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2 (4): 328-334.
- Estrada-Virgen, O., Cambero-Campos, J., Robles-Bermúdez, A., Rios-Velasco, C., Carvajal-Cazola, C., Isiordia-Aquino, N. y Ruíz-Cancino, E. 2013.** Parasitoides y entomopatógenos nativos asociados al gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Nayarit, México. *Southwestern Entomologist*. 38(2): 339-344.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R. y Vrijenjoek, R. 1994.** DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome C oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marinebiology and biotechnology*, 3(5): 294-299.
- Gallego, V. C., Gallego, M. C. E. y Torre, I. 2013.** Some biological and behavioral Studies of the *Tetrastichus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), a Pupal Parasitoid of *Brontis palongissima* Gestro (Coleoptera: Chrysomelidae). *Cord*. 29(2): 37-45.
- García-Becerra, M., Juárez, F. B. y Zavala, M. M. R. 2013.** Parasitismo en larvas del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) en La Región de Pátzcuaro, Michoacán. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 1(1): 33-36.
- García-González, F., Rios-Velasco, C. y Iglesias-Pérez, D. 2020.** *Chelonus* and *Campoletis* species as main parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)¹ in Forage Maize of Lagunera Region, Mexico. *Southwestern Entomologist*. 45(3): 639-642.

- Gibson, G. A. P., Huber, J. T. y Woolley, J. B. 1997.** Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canadá. 794 pp.
- Golpe-Quevedo, A., Quevedo-Guerrero, A., Velázquez-Silvestre, M. G., Castillo-Capitán, G., & Rodríguez-Lozano, A. 2022.** Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Nativos del sur de Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*. 10(2): 191-201.
- González-Fuentes, F., Rodríguez-Chinchilla, C., Arroyo-Vargas, A. J. y González-Herrera, A. 2023.** Detección de *Duponchelia fovealis* Zeller con feromonas en fincas de fresa de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 34 (2): 51870.
- González-Hernández, A. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2025.** Inventario de Himenóptera; parasítica en México. Fecha de consulta: 3 de noviembre de 2025. <https://www.gbif.org/occurrence/1894157026>
- González-Maldonado, M. B., García-Gutiérrez, C. y González-Hernández, A. 2014.** Parasitismo y distribución de *Campoletis sonorensis* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae), parasitoides del gusano cogollero en maíz en Durango, México. *Vedalia*. 15(1): 47-53.
- Goulet, H. y Huber, J. T. 1993.** Hymenoptera of the world: An identification guide to families. Research Branch, Agriculture Canada.
- Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Cambero-Campos, J., Santillán-Ortega, C., Ortiz-Catón, M., Coronado-Blanco, J. M. y Campos-Figueroa, M. 2015.** Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Encontrados en Nayarit, México. *Southwestern Entomologist*. 40(3): 555-564.
- Hardwick, S. y Phillips, C. B. 2021.** Captive sentinel hosts efficiently measure the establishment, seasonality and dispersal of a parasitoid biological control agent. *Journal of Pest Science*. 94(3): 817-827.
- Hoballah, M. E., T. Degen, D. Bergvinson, A. Savidan, C. Tamo y Turlings, T. C. J. 2004.** Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall

armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of Mexico. *Agricultural and Forest Entomology*. 6: 83-88.

Jaraleño-Teniente, J., González-Hernández, H., Lomeli-Flores, J. R., Soto-Rojas, L. y Tamayo-Mejía, F. 2022. Reporte de *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) en cultivos de frutillas en Guanajuato, México en: Resúmenes del III Congreso Nacional de Aplicada. 31 de agosto al 2 de septiembre. Oaxtepec, Morelos, México. págs: 73-76.

Jaraleño-Teniente, J., González-Hernández, H., Lomeli-Flores, J. R., Soto-Rojas, L., Tamayo-Mejía, F., Martínez-Nuñez, M. y Valdez-Carrasco, J. M. 2024. *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) and its Parasitoid in Cultivated Berries in Guanajuato, Mexico. *Journal of Entomological Science*. 59 (4): 518-523.

Jourdie, V., Alvarez, N., Molina-Ochoa, J., Williams, T., Bergvinson, D., Benrey, B., Turlings, T. C. y Franck, P. 2010. Population genetic structure of two primary parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera), *Chelonus insularis* and *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera): to what extent is the host plant important? *Molecular Ecology*. 19(10): 2168-2179.

Jourdie, V., Alvarez, N., y Turlings, T. C. 2008. Identification of seven species of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda*, using polymerase chain reaction amplification and restriction enzyme digestion. *Agricultural and Forest Entomology*. 10(2): 129-136.

Jussila, R. 1996. Ichneumonidae (Hymenoptera) of Greenland found in Scoresbysund (Ittoqqortoormiit). *Entomologica Fennica*. 7(3): 145–156.

Krombein, K. V., Hurd, P. J., Smith, D. R., y Burks, B. D. 1979. Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico. Volume 1, Symphyta and Apocrita (Parasitica). Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.

LaSalle, J. 1994. North american genera of tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of Natural History*. 28(1): 109-236.

López Cristóbal, U. 1947. Dos nuevos Himenópteros útiles. *Revista de Investigaciones Agrícolas*. 1: 279–282.

Luft, E., Luna, M. G., Galise, G., Speranza, S. y Virla, E. 2015. Mortalidad natural de huevos de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae)

en Argentina e Italia, y primera mención de *Encarsia porteri* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae) afectando sus poblaciones. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 47(2): 219-229.

Mariano-Macedo, A., Vázquez-González, Y. M., Martínez, A. M., Rebollar-Alviter, A., Figueroa, J. I., Morales, S. I., Viñuela, E. y Pineda, S. 2020. Biological traits of a *Pachycrepoideus vindemiae* Mexican population on the host *Drosophila suzukii*. *Bulletin of Insectology*. 73(2):241-248.

Mihm, J. A. 1983. Techniques for efficient mass rearing and infestation in screening for host plant resistance to *Diatraea* sp. maize stem borers. CIMMYT. El Batán, Mexico. 23 pp.

Molina-Ochoa, J., Carpenter, J. E., Lezama-Gutiérrez, R., Foster, J. E., González-Ramírez, M., Angel-Sahagún, C. A. y Farías-Larios, J. 2004. Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. *Florida entomologist*. 87(4): 461-472.

Molina-Ochoa, J., Hamm, J. J., Lezama-Gutiérrez, R., López-Edwards, M., González-Ramírez, M. y Pescador-Rubio, A. 2001. A survey of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids in the Mexican States of Michoacán, Colima, Jalisco, and Tamaulipas. *Florida Entomologist*. 84 (1): 31-36.

Murray, D. A., Kriegel, R. D., Johnson, J. W. y Howitt, A. J. 1996. Natural Enemies of Cranberry Fruitworm, *Acrobasis Vaccinii*, (Lepidoptera: Pyraudae) in Michigan Highbush Blueberries. *The Great Lakes Entomologist*. 29(2): 81-86.

Ordóñez-García, M., Rios-Velasco, C., Berlanga-Reyes, D. I., Acosta-Muñiz, C. H., Salas-Marina, M. Á. y Cambero-Campos, O. J. 2015. Occurrence of natural enemies of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Chihuahua, Mexico. *Florida Entomologist*. 98(3): 843-847.

Orrell, T. Museo Nacional de Historia Natural, Instituto Smithsonian. 2025. *Tetrastichomyia silvensis* Girault, 1916. Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2025. <https://www.gbif.org/occurrence/1322636265>

Orrell, T. Museo Nacional de Historia Natural, Instituto Smithsonian. 2025. *Tetrastichomyia pulchricornis* (Gahan, 1919). Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2025. <https://www.gbif.org/occurrence/1318818883>

- Padilla-Cortés, E., Martínez-Martínez, L., Diego-Flores, P. y Chávez-Servia, J. L. 2025.** Damage and Entomophagy in Natural Infestations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Maize Landraces in Oaxaca, Mexico¹. *Journal of Entomological Science*. 60(1): 107-128.
- Pereira, F. F., Kassab, S. O., Calado, V. R. F., Vargas, E. L., de Oliveira, H. N. y Zanuncio, J. C. 2015.** Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae, pupae and adults. *Florida Entomologist*. 98(1): 377-380.
- Pirovani, V. D., Pratissoli, D., Tibúrcio, M. O., de Carvalho, J. R., Damascena, A. P. y Faria, L. V. 2017.** *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum* for the management of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in strawberry plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 52: 690-693.
- Polack, L. A., Lecuona, R. E. y López, S. N. 2020.** Control biológico de plagas en horticultura. Experiencias argentinas de las últimas tres décadas. Ediciones INTA. Ciudad de Buenos Aires, Argentina. 561 pp.
- Porter, C. C. 1998.** Guía de los géneros de Ichneumonidae en la región neantártica del sur de Sudamérica. *Opera Lilloana*. 42: 1–234.
- Quintero, E. M., López, I. C. y Kondo, T. 2012.** Manejo integrado de plagas como estrategia para el control de la mosca del botón floral del maracuyá *Dasiops inedulis* Steyskal (Diptera: Lonchaeidae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 13(1): 31-40.
- Rasool, A., Ganai, B. A., Santhosh, S. y Ahmad, T. 2022.** Morphological and molecular characterization and new distributional record of *Tetrastichus miser* (Nees, 1834) (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) from Kashmir. *Acta Agriculturae Slovenica*. 118(1): 1-8.
- Richardson, E. B., Troczka, B. J., Gutbrod, O., Davies, T. G. E. y Nauen, R. 2020.** Diamide resistance: 10 years of lessons from lepidopteran pests. *Journal of Pest Science*. 93(3): 911–928.
- Riedel, M. 2017.** The Western Palaearctic species of the genus *Campoletis* Förster (Hymenoptera, Ichneumonidae, Campopleginae). *Spixiana*. 40(1): 95–137.
- Ríos-Casanova, L. 2011.** ¿Qué son los parasitoides? *Revista Ciencia*. 62(2): 20-25.

- Ríos-Velasco, C., G. Gallegos-Morales, J. Cambero-Campos, E. Cerna-Chávez, M. C. Del Rincón-Castro y Valenzuela-García, R. 2011.** Natural enemies of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Coahuila, México. *Florida Entomologist*. 94(3): 723-726.
- Rodrigues, A., Pereira, F. F., Barbosa, P. R., Silva-Torres, C. S. y Torres, J. B. 2021.** Parasitism behavior of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on larvae and pupae of sugarcane borers. *Journal of Insect Behavior*. 34(3): 71-81.
- Rodríguez-Vázquez, E., Pineda-Guillermo, S., Juárez, A., Tejeda-Reyes M. A., López-Bautista, E. e Illescas-Riquelme, C. P. 2023.** Dimorfismo sexual, diagnosis y daños causados por *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 82 (3): 13-20.
- Santos-Murgas, A. S. y Jaen, L. 2025.** Contribución al conocimiento e identificación molecular de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *Agraulis vanillae* (Lepidoptera: Nymphalidae) en cultivos de *Passiflora edulis* (Platae: Passifloraceae) en Panamá. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. 41: 1-10.
- Santos-Murgas, A., Arenas, M. A. O., Abrego, J., Rivera, J. A. y Vargas, C. S. 2022.** Observaciones del parasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) sobre pupas de *Quadrus cerialis* (Lepidoptera: Hesperiiidae) en *Piper reticulatum* (Piperaceae) en la Reserva Biológica Dr. Rodrigo Tarté, Ciudad del Saber, Panamá. *Aporte Santiaguino*. 15(2).
- Schwarzfeld, M. D. 2014.** Ichneumonidae (Hymenoptera) of the Canadian prairies ecozone: A Review. *Arthropods of Canadian grasslands. Biological Survey of Canada*. 317-397 pp.
- Serrano-Domínguez, A. K., Coronado-Blanco, J. M., Ruíz-Cancino, E., López-Santillán, J. A., Estrada-Drouaillet, B. y Salas-Araiza, M. D. 2020.** Parasitoids of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)¹, at Three Localities of the State of Tamaulipas, Mexico. *Southwestern Entomologist*. 45(4):907-915.
- Soria-Morales, J. 2019.** *Duponchelia fovealis*, plaga detectada recientemente en México. Periódico RuralAgro21. Agricultura, Ganadería, Forestal, Agronegocios. Año 03,

Número 10, enero de 2019. Fecha de consulta: 16 de junio de 2024.
https://issuu.com/agro21/docs/ruralagro21_ed_10

- Strickland, E. H. 1946.** An annotated list of the Ichneumonoidea of Alberta. *The Canadian Entomologist*. 78(2): 36-46.
- Sullivan, G. T., Karaca, I., Ozman-Sullivan, S. K. y Yang, Z. Q. 2011.** Chalcidoid parasitoids of overwintered pupae of *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) in hazelnut plantations of Turkey's central Black Sea region. *The Canadian Entomologist*. 143(4): 411-414.
- Vargas, E. L., Pereira, F. F., Glaeser, D. F., Rodrigues F. C, V. A., Garcia De Oliveira, F. y Pastori, P. L. 2013.** Searching and parasitism of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) by *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Acta Biológica Colombiana*. 18(2): 259-264.
- Vas, Z. 2019.** Contributions to the taxonomy, identification, and biogeography of the Western Palaearctic species of *Campoletis* Förster (Ichneumonidae: Campopleginae). *Zootaxa*. 4565(3): 373–382.
- Vas, Z. 2021.** New species and records of Afrotropical *Campoletis* Förster, 1869 (Hymenoptera: Ichneumonidae: Campopleginae). *Annales Musei historico-naturalis hungarici*. 113: 39–49.
- Vas, Z. 2023.** “Revisiting” North Korea: new species and new records of Campopleginae (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Annales Musei Historico-Naturalis Hungarici*. 115: 215–235.
- Vas, Z. 2024.** New species of *Campoletis* Förster, 1869 from the Neotropical region (Hymenoptera: Ichneumonidae: Campopleginae). *Animal Taxonomy and Ecology*. 70(1): 22–29.
- Viereck, H. L. 1917.** Guide to the insects of Connecticut. Part III. The Hymenoptera, or wasp-like insects of Connecticut. Ichneumonoidea. State of Connecticut. State Geological and Natural History Survey, Hartford, 824 pp.
- Viereck, H. L. 1925.** A preliminary revision of the Campopleginae in the Canadian National Collection, Ottawa. *Canadian Entomologist* 57: 176–181, 198–204, 223–228, 296–303.

- Wojahn, B. iNaturalist. 2025.** *Tetrastichomyia pulchricornis* (Gahan, 1919). Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2025. <https://www.gbif.org/occurrence/5828101614>
- Zaché, B., Zaché, R. R. y Wilcken, C. F. 2013.** Reproduction of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing pupae of *Eupseudosoma involuta* (Lepidoptera: Arctiidae) a lepidopteran defoliator in Brazil. *Revista Chilena de Historia Natural*. 86(2): 221-224.
- Zaché, B., Zaché, R. R., Soliman, E. P. y Wilcken, C. F. 2011.** Evaluation of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) as parasitoid of the eucalyptus defoliator *Euselasia eucerus* (Lepidoptera: Riodinidae). *International Journal of Tropical Insect Science*. 31(1-2): 118-121.
- Zawadneak, M. A. C., Gonçalves, R. B., Pimentel, I. C., Schuber, J. M., Santos, B., Poltronieri, A. S. y Solis, M. A. 2016.** First record of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in South America. *Idesia (Arica)*. 34(3): 91-95.
- Zhang, R., Zhao, Q., Keyhani, N. O., Lei, X. F., Liu, C. H., Al Dhafer, H. M., Zhang, W. y Mohamed, A. 2024.** Biocontrol performance and mass production potential of the larval endoparasitoid *Campoletis chlorideae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae) against the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 34(1): 44.

3. CAPÍTULO 3

Ciclo de vida y preferencia de parasitismo de *Campoletis patsuiketorum* (Viereck) (Hymenoptera: Ichneumonidae) sobre la palomilla europea, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae)

3.1. Resumen

En estudios previos, se registró por primera vez la presencia del parasitoide *Campoletis patsuiketorum* (Viereck) (Hymenoptera: Ichneumonidae) asociado a larvas de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) en cultivos de fresa en los estados de Guanajuato y Michoacán. Sin embargo, se desconocen aspectos básicos de la biología de este parasitoide. Por lo tanto, en este estudio se determinó el ciclo de vida y la preferencia de parasitismo de *C. patsuiketorum* sobre larvas de segundo, tercer y cuarto instar, así como la influencia de estos tres instares del hospedero sobre diferentes parámetros de vida de este parasitoide, tales como porcentaje de parasitismo, desarrollo, supervivencia y proporción de sexos. En larvas de cuarto instar del hospedero, la duración de los estados de huevo, larva y pupa del parasitoide fue de 2.12, 8.35 y 8.73 d, respectivamente. *Campoletis patsuiketorum* mostró preferencia por larvas de tercer y cuarto instar con más de 90% de parasitismo, comparado con el registrado en larvas de segundo instar (55.64%). La duración del estado de huevo-larva del parasitoide fue mayor en larvas de segundo instar (15.52 d) y menor en larvas de cuarto instar (10.42 d). La duración del estado de pupa fue la misma en los tres instares evaluados (9 d). Los adultos emergidos de larvas de cuarto instar vivieron menos (9.78 d), que los provenientes del tercer y segundo instar (10.36 y 11.32 d, respectivamente). La supervivencia de las hembras fue mayor cuando se desarrollaron en larvas de segundo y cuarto instar, mientras que en los machos fue mayor en los individuos provenientes del cuarto instar. La proporción de sexos estuvo sesgada hacia los machos, independientemente del instar del cual emergieron. Debido a su alta capacidad de parasitación, *C. patsuiketorum* representa una opción prometedora para el control de *D. fovealis* en programas de manejo integrado.

Palabras clave: Control biológico, parámetros de vida, supervivencia, proporción de sexos.

3.2. Introducción

Uno de los aspectos más importantes en el control biológico de plagas, es conocer el ciclo de vida de los parasitoides y la preferencia de alimentación hacia un estado de vida de sus hospederos (Sánchez et al., 2023). Al respecto, se ha reportado que los huevos y larvas de la palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), una de las plagas más importante del cultivo de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. [Rosaceae]) (Zawadneak et al., 2016) son atacadas por un importante gremio de enemigos naturales, entre ellos los parasitoides de huevos como *Trichogramma galloi* (Zucchi), *T. pretiosum* (Riley), *T. evanescens* (West), *T. cacoeciae* (Marchal) y *T. brassicae* (Bezdenko) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Pirovani et al., 2017; Araujo et al., 2020; Pratissoli et al., 2024). En el estado larval, se han documentado a las especies *Campoletis rapax* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Efil et al., 2014) y *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) (Zawadneak et al., 2016). En México, *D. fovealis* se reportó en el 2018 en Tangancicuaro, Michoacán (Soria-Morales, 2019). A pesar de la reciente introducción de esta plaga en el país, ya se ha registrado parasitismo natural en este insecto. En el estado de Guanajuato, se reportó la presencia del parasitoide *Campoletis* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), causando entre 4.32 y 11.9% de parasitismo en larvas de segundo instar de *D. fovealis* (Jaraleño-Teniente et al. 2024).

Campoletis patsuiketorum (Viereck) (Hymenoptera: Ichneumonidae) es un endoparasitoide de larvas de lepidópteros (Brown et al., 2021). La hembra deposita sus huevos dentro del hospedero, donde las larvas se desarrollan alimentándose de su hemolinfa y tejidos internos, lo que eventualmente conduce a la muerte del hospedero (Zhang et al., 2024). Estudios previos han reportado la presencia de *C. patsuiketorum* parasitando larvas de *Acrobasis vaccinii* (Riley) (Lepidoptera: Pyralidae) en Estados Unidos, así como de otras especies de lepidópteros pertenecientes a las familias Crambidae, Pyralidae y Tortricidae en Canadá (Strickland, 1946; Murray et al., 1996; Schwarzfeld, 2014; Brown et al., 2021). Este estudio representa el primer registro confirmado de la presencia de este parasitoide en México, así como su asociación con larvas de *D. fovealis*. Sin embargo, en la colección del Museo Nacional de Estados Unidos, se encuentra un ejemplar macho, etiquetado como colectado en Oaxaca, México,

por L.O. Howard. La validez de esta identificación y la precisión del dato geográfico aún deben confirmarse (Krombein et al., 1979).

A pesar del interés de *C. patsuiketorum* como agente de control biológico, aún se desconocen muchos aspectos de su biología. Por lo tanto, comprender la interacción entre este parasitoide y su hospedero es fundamental para evaluar su viabilidad y eficacia en programas de manejo integrado de plagas.

En el presente estudio se determinó el ciclo de vida y preferencia de parasitismo de *C. patsuiketorum* sobre larvas de *D. fovealis*. También se determinó la influencia del instar del hospedero sobre el desarrollo del parasitoide en términos de porcentaje de parasitismo, ciclo de vida, supervivencia y proporción de sexos.

3.3. Materiales y métodos

La cría de los insectos y los experimentos se realizaron en condiciones controladas de 25 ± 2 °C, $60\% \pm 5$ de humedad relativa (HR) y un fotoperiodo de 16:8 h (luz:oscuridad).

3.3.1. Cría de *D. fovealis* y *C. patsuiketorum*

Los individuos de *D. fovealis* utilizados en los experimentos provinieron de una colonia que se ha mantenido, sin exposición a insecticidas, en el laboratorio de Entomología Agrícola del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. La colonia de este insecto se inició con larvas recolectadas en 2021, en campo en un cultivo de fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch. [Rosaceae]) en Indaparapeo (19°47'31.68''N, 100°58'20.0''W; 2029 msnm), municipio del mismo nombre, en el estado de Michoacán. Después de la recolecta, las larvas se transportaron al laboratorio en recipientes de plástico (30 cm × 20 cm × 9 cm), que contenían hojas y raíces de plantas de fresa como alimento.

En el laboratorio, las larvas se colocaron en recipientes de plástico ventilados, como los mencionados anteriormente, y se alimentaron con dieta semisintética modificada de Mihm (1983), la cual se reemplazó cada tercer día. La dieta semisintética se elaboró a base de agar, germen de trigo, harina de soya, levadura, entre otros componentes. Después de la emergencia, los adultos (generación cero, F0) se colocaron en un cilindro de plástico transparente (28 cm × 12 cm), cubierto en la parte interna con papel bond, y

se alimentaron con una solución hecha a base de cerveza (170 ml) + miel (10 ml) + azúcar (30 g) + ácido sórbico (0.5 g) + nipagín (0.5 g) + agua destilada (500 ml). Esta solución alimenticia se colocó en una caja de Petri (6 cm × 1 cm), que contenía un trozo de algodón. En el interior del cilindro de plástico se colocaron dos tiras de acetato de plástico (10 cm × 5 cm), dobladas en zigzag, como sustrato de oviposición. Este cilindro de plástico se cubrió con una bolsa de papel de estraza para disminuir la presencia de luz en el interior. Después de 24 h, las tiras de plástico de acetato que contenían los huevos de la palomilla se colocaron en recipientes de plástico (18 cm × 13 cm × 6 cm). Después de la emergencia, las larvas se alimentaron con la dieta semisintética mencionada anteriormente y se mantuvieron en estos recipientes de plástico hasta la pupación. Cuando las larvas se encontraban en el cuarto instar, en el interior de estos recipientes de plástico se colocaron tiras de papel bond dobladas en forma de zigzag como sustrato de pupación. Después de la pupación, las pupas se transfirieron a recipientes de plástico (7 cm de altura × 12 cm de diámetro superior × 9 cm de diámetro inferior), hasta la emergencia de los adultos. Para mantener la variabilidad genética, se introdujeron a la colonia, dos veces al año, individuos silvestres colectados del mismo sitio o de otros (entre 30 y 40 adultos cada vez).

La colonia de *C. patsuiketorum* se inició con adultos obtenidos de larvas de *D. fovealis* recolectadas en un cultivo de fresa en San José Coapa, municipio de Morelia, Michoacán (19°32'29.2'' N, 101°22'36.2'' W; 2210 msnm), las cuales se transportaron al laboratorio de la forma descrita anteriormente. Las larvas se individualizaron en cajas para cultivos de tejidos de 12 celdas, se alimentaron con dieta semisintética y se revisaron cada 24 h, hasta la emergencia de adultos del parasitoide, en caso de estar parasitadas.

Después de la emergencia, los adultos de *C. patsuiketorum* (12 machos y 6 hembras) se liberaron en una jaula entomológica (15 cm de base y 16 cm de altura) con base de policarbonato, la parte superior de acetato de plástico y los otros cuatro lados cubiertos con tela de organza. Los adultos del parasitoide se alimentaron con gotas de miel Carlota® (Ciudad de México, México), depositadas sobre el lado interno del acetato de plástico. A los adultos del parasitoide también se les ofreció agua purificada en un vaso de plástico (3.3 cm de altura × 4.4 cm de diámetro superior × 3.0 cm de diámetro inferior) en el cual se insertó una tira de tela de microfibras Scotch Brite®. Cada tercer día,

20 larvas de tercer y cuarto instar de *D. fovealis*, obtenidas de la cría de laboratorio, se ofrecieron al parasitoide para mantener la colonia. Las larvas parasitadas se individualizaron en cajas para cultivo de tejidos de 12 celdas, provistas con dieta semisintética como alimento y se revisaron cada 24 h hasta la emergencia de los adultos del parasitoide.

3.3.2. Ciclo de vida de *C. patsuiketorum*

Para este experimento se utilizaron larvas de cuarto instar de *D. fovealis* (≤ 24 h después de la muda). En cuatro vasos de plástico (4.2 cm de altura $\times$ 7.6 cm de diámetro superior $\times$ 6.1 cm de diámetro inferior) se colocaron, en total, 220 larvas de este insecto (55 larvas/vaso) y se expusieron a 15 hembras y 30 machos de *C. patsuiketorum* (≤ 48 h después de la muda; F3) en una jaula entomológica (40 cm $\times$ 14 $\times$ cm 16 cm). Para evitar el escape de las larvas de *D. fovealis*, en la parte interna y a la altura media de estos vasos de plástico, se colocó una franja de vaselina de aproximadamente 2 cm de ancho. Después de 3 h de exposición, los vasos de plástico con las larvas del hospedero se retiraron de la jaula que contenía a los parasitoides, se cubrieron con tela de organza y se colocaron en las condiciones ambientales controladas antes mencionadas.

Debido al desconocimiento de la duración de los estados de desarrollo de huevo y larva del parasitoide se sacrificaron al azar ocho larvas de *D. fovealis* en 16 diferentes tiempos después de la parasitación: 24, 40, 44, 46, 48, 50, 52, 58, 84, 108, 132, 156, 180, 204, 228, 252 h (correspondientes a 1, 1.7, 1.8, 1.9, 2, 2.1, 2.2, 2.4, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5, 7.5, 8.5, 9.5 y 10.5 d, respectivamente). Estas larvas se sacrificaron en una solución salina a base de ácido acético + glicerol + alcohol (AGA) en tubos Eppendorf de 1.5 ml y se conservaron a -4 °C. Posteriormente, las larvas de *D. fovealis* se disectaron bajo un microscopio estereoscópico; para ello, se colocaron en un portaobjetos cóncavo que contenía una gota de esta solución salina. La duración del estado de huevo se calculó como la diferencia entre el día en el cual se encontraron larvas del parasitoide en las larvas del hospedero disectadas y el día de parasitación. La duración del estado de larva se determinó como la diferencia entre el día en que la larva del parasitoide abandonó a la larva hospedera para pupar y el día en el que se observó la presencia de las larvas del parasitoide.

Para determinar la duración del estado de pupa del parasitoide, después de su formación, las pupas (n = 68) se individualizaron en celdas de cajas para cultivo de tejido de 12 celdas (**Figura 1a**) y se revisaron cada 24 h hasta la emergencia de los adultos. Los adultos de la misma edad, tanto hembras como machos, se colocaron en los vasos de plástico descritos anteriormente y se alimentaron con gotas de miel, las cuales se colocaron en la parte interna de estos vasos (**Figura 1b**). Cada vaso de plástico se colocó sobre una caja de Petri (5 cm × 1 cm) que contenía agua y, posteriormente, en la base del vaso se realizó un orificio (aproximadamente 0.8 cm de diámetro) por el que se introdujo una tira de tela de microfibras (0.5 cm × 3 cm, Scotch Brite®), que funcionó como bebedero. Posteriormente, los vasos de plástico se cubrieron con tela de organza, misma que se sujetó con su respectiva tapa del vaso, la cual contenía un orificio de 2 cm de diámetro para facilitar la ventilación. Para determinar la longevidad, los adultos (distinguiendo entre machos y hembras) se observaron cada 24 h hasta su muerte (**Figura 1b**).



Figura 1. *Campoletis patsuietorum*. **a**, pupas en celdas de cajas para cultivo de tejidos; **b**, adultos en vasos de plástico con gotas de miel y una tira de tela de microfibras que funcionó como bebedero.

Las fotografías de los diferentes estados de desarrollo de *C. patsuietorum* se tomaron con una cámara fotográfica DSLR (Canon EOS Rebel T7) y se renderizaron en el programa Helicon Focus. Las imágenes se editaron con el programa GIMP 2.10 (GNU

Image Manipulation Program; Massachusetts, Estados Unidos) y la escala de las fotografías se agregó con el programa ImageJ (Bethesda, Estados Unidos).

3.3.3. Preferencia de parasitismo de *C. patsuiketorum*

Para determinar el instar del hospedero más adecuado para el desarrollo de *C. patsuiketorum*, se utilizaron larvas de segundo, tercero y cuarto instar de *D. fovealis* (≤ 24 h después de la muda). El ensayo consistió en ocho repeticiones, cada una con entre 10 y 20 larvas de cada uno de estos instares larvales (113, 111 y 95 larvas en total para segundo, tercer y cuarto instar, respectivamente). Las larvas de cada instar se colocaron en un vaso de plástico, que contenía pequeños trozos de dieta artificial, de la forma como se ha descrito en el apartado de “Ciclo de vida de *C. patsuiketorum*” y se expusieron a 5 hembras + 5 machos de este parasitoide (≤ 60 h de edad), para asegurar la copulación y fecundación, en una jaula entomológica (15 cm $\times$ 15 cm) (**Figura 2a**).

Después de 5 h de exposición, los vasos de plástico con las larvas se removieron de las jaulas y las larvas se individualizaron en celdas de cajas para cultivo de tejidos de 12 celdas, cada una provista con dieta semisintética (**Figura 2c**). Para determinar el porcentaje de parasitismo de *C. patsuiketorum* sobre cada uno de los instares se siguió el desarrollo de todas las larvas del hospedero. Una larva del hospedero de la cual emergió una larva del parasitoide para pupar, se consideró como larva parasitada.

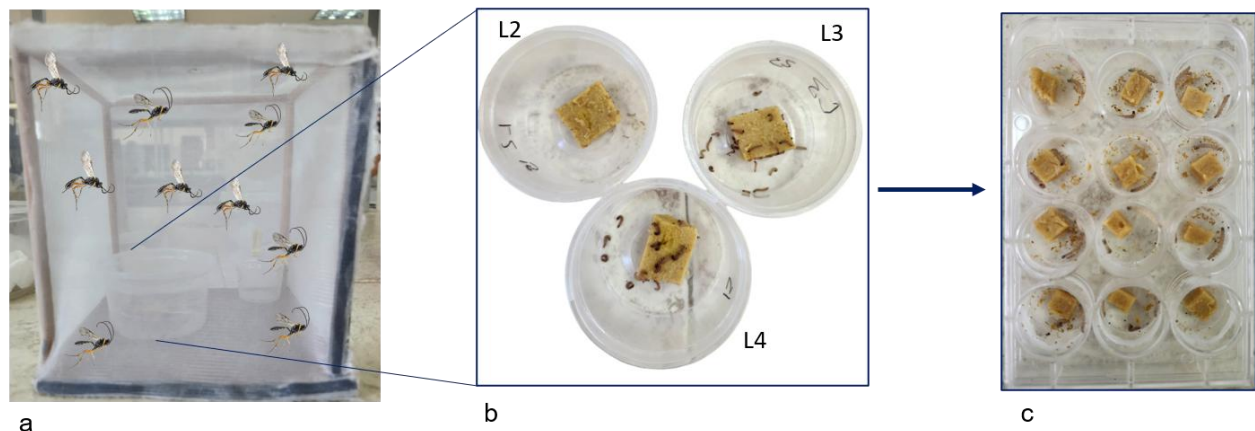


Figura 2. Preferencia de parasitismo de *C. patsuiketorum* sobre larvas de *D. fovealis*. **a**, jaula entomológica con adultos del parasitoide; **b**, instares larvales expuestos a las hembras del parasitoide; **c**, individualización de las larvas del hospedero en cajas para cultivo de tejidos. L2, L3 y L4; larvas de segundo, tercero y cuarto instar, respectivamente.

Para determinar la influencia del instar del hospedero parasitado sobre el desarrollo del parasitoide, las larvas de *D. fovealis* parasitadas se observaron cada 24 h. En este estudio se consideraron tres estados de desarrollo del parasitoide: huevo-larva, pupa y adulto. La decisión de considerar en conjunto la duración de los estados de huevo y larva se basó en que ambos se desarrollan completamente dentro del hospedero, lo que dificulta la determinación de la duración de cada estado de desarrollo de forma separada. La duración del estado de pupa se determinó como se ha descrito antes en el apartado de “Ciclo de vida de *C. patsuiketorum*”. Para determinar la longevidad y sobrevivencia de los adultos, los individuos se observaron cada 24 h hasta su muerte. La proporción de sexos de los adultos del parasitoide se calculó como el porcentaje de hembras en la población $[(\text{hembras}/(\text{hembras}+\text{machos}))\times 100]$, provenientes de cada uno de los tres instares larvales de *D. fovealis* ensayados.

3.4. Análisis de datos

Los datos de preferencia de parasitismo, duración de huevo-larva, pupa y longevidad de adultos, se sometieron a una prueba de homogeneidad de varianzas. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se separaron con la Prueba de Diferencia Honesta Significativa (HSD) Tukey ($P < 0.05$). Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 21 (Chicago, Estados Unidos).

Las curvas de supervivencia de hembras y machos de *C. patsuiketorum* se analizaron mediante el procedimiento LIFETEST con el método de Kaplan-Meier. Posteriormente, estas curvas se compararon mediante la prueba de Log-Rank ($P < 0.05$). La proporción de sexos se analizó mediante modelos lineales generalizados (GLM) y las medias se separaron con la metodología de mínimos cuadrados (LSMEANS) ($P < 0.05$). Se utilizó el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC).

3.5. Resultados

3.5.1. Ciclo de vida de *C. patsuiketorum*

El ciclo de vida de *C. patsuiketorum* consta de cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. El huevo (**Figura 3abc**) es de aspecto liso, alargado y redondeado en sus extremos, presenta una curvatura muy parecida a una semilla de frijol. Este estado de

desarrollo mide aproximadamente 0.2 mm. Cuando el huevo tiene 0.6 y 1 d de edad (**Figura 3ab**), presenta una coloración blanquecina uniforme. A los 1.9 d de edad, se observa la larva bien desarrollada, la cual aún se encuentra encapsulada dentro de la membrana coriónica (**Figura 3c**). El huevo tuvo una duración de 2.12 ± 0.27 d ($n = 42$).

La larva recién emergida (**Figura 3d**) es transparente, la segmentación de su cuerpo es muy pronunciada, presenta una cápsula cefálica de color amarillento y un apéndice caudal delgado y curvado de aproximadamente un tercio de su cuerpo, mide aproximadamente 0.5 mm. A los 1.38 d de edad, la larva tiene un cuerpo alargado y segmentado de aproximadamente 1.0 mm de largo, con el apéndice caudal de menor tamaño que cuando recién emergió (**Figura 3e**). A medida que avanza el desarrollo de la larva, se observa una reducción del tamaño de la cápsula cefálica y el extremo anterior del cuerpo es más ensanchado que el posterior, su tamaño es de aproximadamente 1.5 mm (**Figura 3f**). A los 6.38 d de edad, la larva mide aproximadamente 4 mm, su cuerpo es cilíndrico y de color blanco, la segmentación es poco evidente y carece del apéndice caudal, la capa transparente corresponde a la cutícula (**Figura 3g**). Cuando la larva tiene 8.38 d de edad mide aproximadamente 4-5 mm y es de color rosa pálido (**Figura 3h**). El estado de larva tuvo una duración de 8.35 ± 0.38 d ($n = 72$).

Cuando las larvas alcanzan su máximo desarrollo, abandonan a su hospedero y tejen un cocón (capullo) de color blanco para pupar, el cual conserva esta tonalidad durante los primeros dos días después de su formación (**Figura 4a**). Conforme avanza el desarrollo de la pupa, que es de tipo exarata, el cocón adquiere progresivamente un color café, el cual es más intenso al séptimo día después de su formación (**Figura 4b**). El cocón presenta una longitud aproximada de 7 mm. Dos días después de la formación del cocón, la pupa presenta una tonalidad blanca; en la hembra se observa el ovipositor en la parte posterior ventral del abdomen, el cual es un indicador distintivo para la diferenciación entre sexos (**Figura 4c**). Al séptimo día de su desarrollo, la pupa presenta la pigmentación característica del estado adulto, aunque las alas aún no están completamente desarrolladas (**Figura 4d**). El estado de pupa tuvo una duración de 8.73 ± 0.18 días ($n = 68$) y mide aproximadamente de 5 a 6 mm.

En estado adulto, ambos sexos presentaron una longitud corporal aproximada de 7 mm y tuvieron una duración promedio de 10.31 ± 0.63 días ($n = 68$). Morfológicamente,

poseen antenas, alas, tibias posteriores sin anillos blanquecinos, a lo sumo con una franja amarillenta, abdomen completamente negro en la parte dorsal (Viereck, 1917). Metasoma completamente o casi completamente negro, coxas oscuras, patas rojizas con las tibias más o menos oscurecidas en la base y el ápice, escapo oscuro y vainas del ovipositor cortas. Por lo general, las hembras son de menor tamaño que los machos (alrededor de 5-6 mm) (**Figura 4ef**).

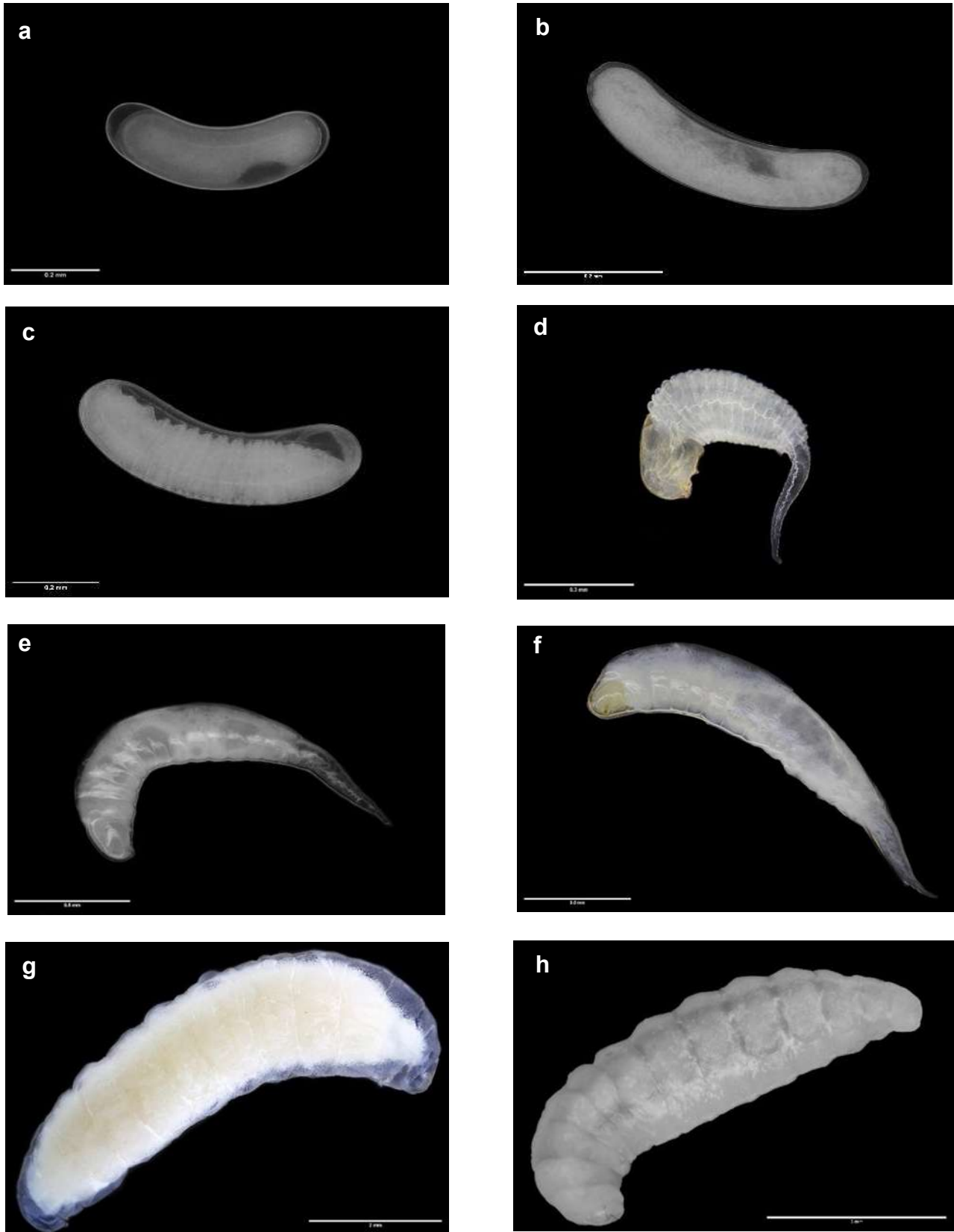


Figura 3. Ciclo de vida del parasitoide *C. patsuiKETORUM* a, b, c, huevo de 0.6, 1 y 1.9 días. d, e, f, g, h, larva neonata, de 1.38, 3.38, 6.38 y 8.38 días, respectivamente.

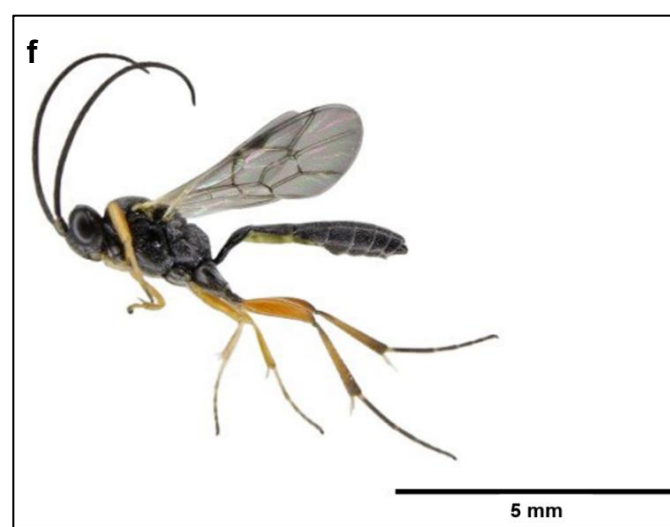
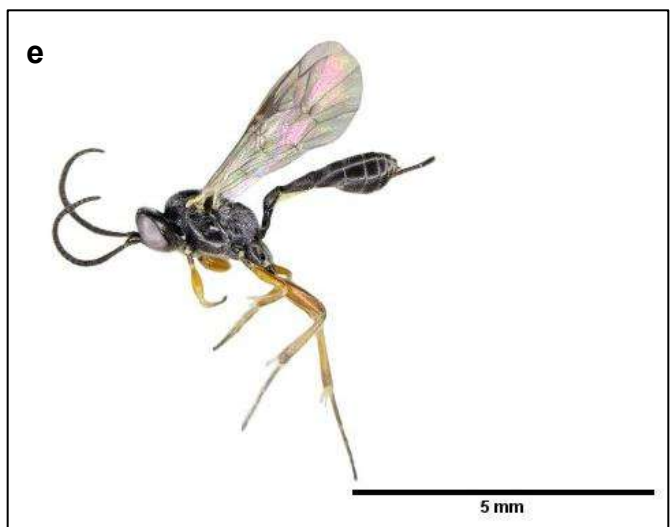
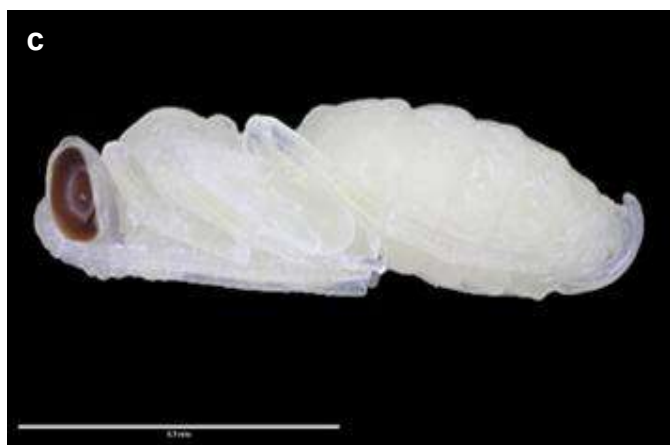


Figura 4. Ciclo de vida del parasitoide *C. patsuiKETORUM* **a, b**, cocón de 2 y 7 días de edad, respectivamente. **c, d**, pupa hembra y macho de 2 y 7 días de edad, respectivamente. **e, f**, adulto hembra y macho, respectivamente.

3.5.2. Preferencia de parasitismo de *C. patsuiketorum* sobre larvas de *D. fovealis*

El parasitismo de *C. patsuiketorum* fue afectado significativamente por el instar larval de *D. fovealis* ($F = 82.82$; $gl = 2$; $P < 0.0001$). El porcentaje de parasitismo fue mayor en las larvas de tercer y cuarto instar (más de 90% en ambos casos) comparado con el registrado en las larvas de segundo instar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Preferencia de parasitismo (porcentaje $\pm$ EE) del parasitoide *C. patsuiketorum* sobre larvas de diferente instar de *D. fovealis*.

Instar del hospedero	n	Parasitismo (%)
Segundo	62	55.64 $\pm$ 2.24a
Tercero	98	92.46 $\pm$ 2.22b
Cuarto	83	93.74 $\pm$ 2.65b

Dentro de la columna, medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P > 0.05$; HSD separación de medias).

3.5.3. Duración de los estados de desarrollo de huevo-larva, pupa y adulto de *C. patsuiketorum*

La duración del estado de huevo-larva del parasitoide *C. patsuiketorum* fue afectado significativamente por el instar del hospedero ($F = 91.00$, $gl = 2$, $P < 0.0001$), pero no la duración de los estados de pupa ($F = 2.24$, $gl = 2$, $P = 0.16$) y adulto ($F = 1.67$, $gl = 2$, $P = 0.24$) (Cuadro 2). La duración del estado de huevo-larva fue inversamente proporcional al instar parasitado del hospedero y estuvo comprendido entre 10 y 16 días cuando el parasitoide se desarrolló en las larvas de segundo, tercero y cuarto instar. La duración del estado de pupa fue de 9 d y la del adulto también fue muy similar (10-11 d) cuando provinieron de estos tres instares larvales de su hospedero.

Cuadro 2. Duración de los estados de vida (días $\pm$ EE) del parasitoide *C. patsuiketorum* cuando se desarrollaron en larvas de diferente instar de *D. fovealis*.

Instar del hospedero	n	Estados de vida		
		Huevo-larva	Pupa	Adulto
Segundo	62	15.52 $\pm$ 0.33a	8.88 $\pm$ 0.05a	11.32 $\pm$ 0.34a
Tercero	98	12.02 $\pm$ 0.32b	8.75 $\pm$ 0.13a	10.36 $\pm$ 0.55a
Cuarto	83	10.42 $\pm$ 0.11c	8.56 $\pm$ 0.12a	9.78 $\pm$ 0.81a
Estadístico		F = 91.00, gl = 2, P < 0.0001	F = 2.24, gl = 2, P = 0.16	F = 1.67, gl = 2, P = 0.24

Medias dentro de cada columna seguidas con la misma letra no difieren significativamente ($P > 0.05$; HSD separación de medias).

3.5.4. Supervivencia de adultos de *C. patsuiketorum*

La supervivencia de los adultos del parasitoide *C. patsuiketorum* fue significativamente afectada cuando provinieron de larvas de segundo ($\chi^2 = 3.94$, gl = 1, $P = 0.04$) y tercer instar ($\chi^2 = 8.49$, gl = 1, $P = 0.004$) de *D. fovealis*, pero no cuando provinieron del cuarto instar ($\chi^2 = 0.001$, gl = 1, $P = 0.97$). Las curvas de supervivencia muestran que los adultos de ambos sexos de este parasitoide, emergidos de cualquiera de los tres instares larvales del hospedero, tienen 100% de probabilidad de sobrevivir los primeros 2 y 5 d de vida (**Figura 5abc**). La sobrevivencia de los machos del parasitoide provenientes de las larvas de segundo instar disminuyó a partir del día 4 de edad, mientras que la de las hembras fue a partir del día 6. Un macho sobrevivió hasta el día 26 y una hembra hasta el día 28 (**Figura 5a**).

Los machos del parasitoide provenientes del tercer instar de *D. fovealis* comenzaron a morir a partir del día 3 de edad, mientras que en las hembras la mortalidad inició al día 5 de edad (**Figura 5b**). Similar a la supervivencia registrada para los adultos del parasitoide provenientes de las larvas de segundo instar, en los provenientes de las larvas de tercer instar, un macho sobrevivió hasta el día 25 y una hembra hasta el día 29.

La supervivencia de los machos de *C. patsuiketorum*, provenientes de las larvas de cuarto instar de *D. fovealis*, disminuyó a partir del día 4 de edad y en las hembras a

los 3 días. Sin embargo, los machos sobrevivieron más tiempo en total, con una diferencia de 11 d respecto a las hembras (30 vs. 19 d) (**Figura 5c**).

Los instares larvales del hospedero no afectaron significativamente la supervivencia de los machos ($\chi^2 = 1.37$, gl = 2, $P = 0.51$), pero si la de las hembras ($\chi^2 = 6.57$, gl = 2, $P = 0.04$). Las curvas de supervivencia indicaron que las hembras tienen la probabilidad de sobrevivir el 100% durante los primeros 2 y 5 días, mientras que en los machos esta probabilidad se redujo a los días 2 y 3 días de edad (**Figura 6**). La supervivencia de las hembras de *C. patsuiketorum* provenientes del segundo, tercero y cuarto instar disminuyó a partir de los 3, 5 y 6 d de edad, respectivamente. Las hembras del parasitoide provenientes del cuarto instar del hospedero sobrevivieron hasta el día 19, mientras que aquellas provenientes del segundo y tercer instar pueden sobrevivir 28 y 29 d, respectivamente (**Figura 6a**). La supervivencia de los machos de *C. patsuiketorum* provenientes de las larvas de tercer instar larval de *D. fovealis* disminuyó a partir del día 3 de edad, mientras que en aquellos provenientes del segundo y cuarto instar disminuyó desde el día 4. Los machos provenientes de las larvas del cuarto instar del hospedero se mantuvieron vivos hasta el día 30 de edad (**Figura 6b**).

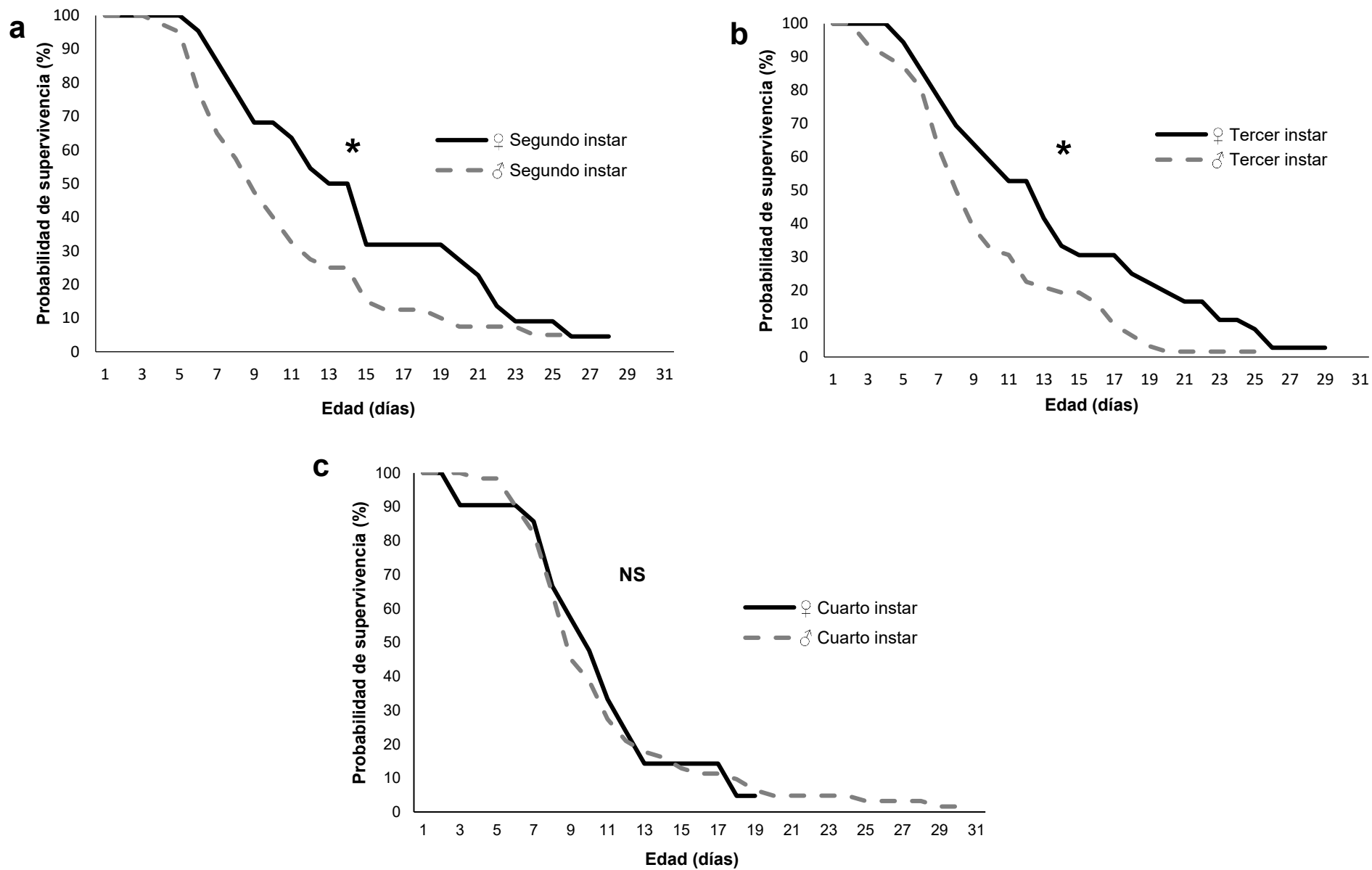


Figura 5. Curvas de supervivencia de hembras y machos de *C. patsuiketorum*, emergidos de larvas de segundo (a), tercero (b) y cuarto (c) instar larval de *D. fovealis*. NS, sin diferencias significativas entre sexos ($P > 0.05$). *, con diferencias significativas entre sexos ($P < 0.05$).

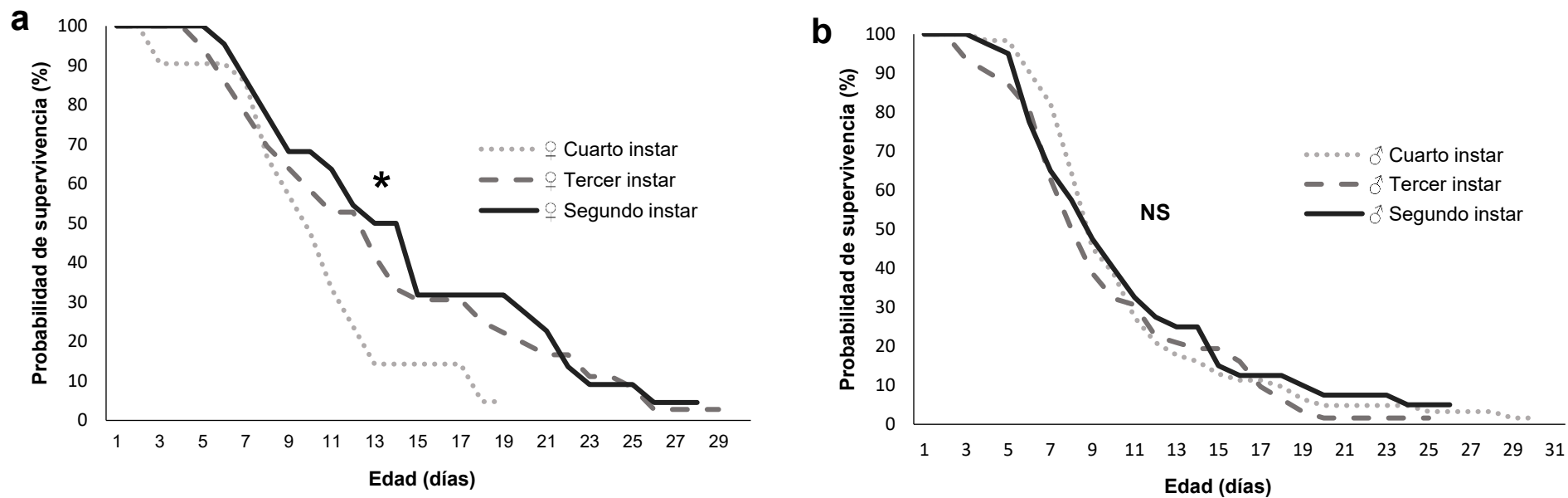


Figura 6. Curvas de supervivencia de hembras (a) y machos (b) de *C. patsuiketorum*, emergidos de tres instares larvales de *D. fovealis*. NS, sin diferencias significativas entre sexos ($P > 0.05$). *, con diferencias significativas entre sexos ($P < 0.05$).

3.5.5. Proporción de sexos

El instar larval de *D. fovealis* no afectó significativamente la proporción de sexos de los adultos de *C. patsuketorum* ($F = 0.67$, $gl = 2$, $P = 0.52$) (Cuadro 3). El porcentaje de parasitoides hembras que provinieron de los tres instares larvales de este lepidóptero estuvo comprendido entre 26% y 39%, mientras que el de machos fue entre 61% y 74%. De igual manera, no hubo efectos significativos entre hembras y machos del parasitoide cuando provinieron de larvas del segundo ($F = 2.44$, $gl = 1$, $P = 0.14$) y tercer instar ($F = 4.18$, $gl = 1$, $P = 0.06$), pero sí cuando provinieron del cuarto instar del hospedero ($F = 22.86$, $gl = 1$, $P < 0.0001$) (Cuadro 3). En este último caso, se obtuvieron tres machos por cada hembra.

Cuadro 3. Proporción de sexos (%) de adultos del parasitoide *C. patsuketorum* provenientes de tres instares larvales de *D. fovealis*.

Instar del hospedero	Sexo			
	n	Hembras	n	Machos
Segundo	22	39.16 ± 9.82aA	40	60.84 ± 9.82aA
Tercero	36	37.12 ± 8.91aA	62	62.88 ± 8.91aA
Cuarto	21	25.92 ± 7.12aA	64	74.08 ± 7.12aB

Medias dentro de cada columna (letras minúsculas) y entre líneas (letras mayúsculas), seguidas por la misma letra no difieren significativamente ($P > 0.05$; LSMEANS separación de medias).

n, número de individuos emergidos.

3.6. Discusión

Los parasitoides, se han utilizado en programas exitosos de control biológico debido a su especificidad y eficacia frente a diversos insectos plaga (Guédez et al., 2008). Dentro de este grupo, las especies del género *Campoletis* destacan por su importancia agrícola, económica y ecológica (Orozco-Peón et al., 2019), las cuales parasitan, en su mayoría, larvas de lepidópteros de la familia Noctuidae, incluyendo importantes plagas agrícolas como *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), *Trichoplusia ni* (Hübner) y *Helicoverpa zea* (Boodie) (Gutiérrez-Ramírez et al., 2015; Maciel y Araiza, 2015; Murillo et al., 2020).

En este estudio, se determinó el ciclo de vida, preferencia de parasitismo y diferentes parámetros biológicos del parasitoide *C. patsuiketorum*. Los parámetros biológicos incluyeron la supervivencia y la proporción de sexos. Los estados de huevo, larva y pupa de este parasitoide tuvieron una duración de 2.12, 8.35 y 8.73 d, respectivamente, cuando se desarrollaron en larvas de cuarto instar de *D. fovealis*. Con excepción de la duración del estado de pupa, los resultados del presente estudio coinciden con los reportados por Ayqui-Vilca (1992) para la especie *Campoletis curvicauda* (López-Chrisóbal). Cuando este parasitoide se desarrolló en larvas de primer instar de *S. frugiperda*, la duración de los estados de huevo, larva y pupa fue de 2.02, 7.94 y 5.83 d, respectivamente, en condiciones ambientales de $28.5 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ y $74.5 \pm 3.9\%$ de HR. En otras especies del género *Campoletis*, ya se ha reportado la duración de sus estados de vida. Por ejemplo, en *Campoletis chlorideae* Uchida la duración de los estados de huevo-larva y pupa fue de 9.98 y 7.28 d, respectivamente, en larvas de segundo instar de *S. frugiperda* (Zhang et al., 2024), mientras que para *C. flavicincta* fue de 12.1 y 7.2 d para cada uno de estos estados de desarrollo, respectivamente, en larvas de tres días de edad del mismo hospedero (Cruz et al., 1995), ambos estudios bajo condiciones ambientales de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 5\%$ de HR y 14:10 h (luz:oscuridad) y $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de HR y 12: 12 h (luz:oscuridad), respectivamente. La determinación de la duración de los estados de vida de huevo y larva de los endoparasitoides (como en todas las especies del género *Campoletis*) es muy complicada, ya que su desarrollo se realiza dentro del hospedero. Por ello, es de suponer que Zhang et al. (2024) y Cruz et al. (1995) no determinaron la duración de estos estados de desarrollo de forma separada de las especies de parasitoides con las cuales realizaron sus estudios. Sin embargo, si los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la duración de los estados de huevo y larva se consideran de forma conjunta, entonces la duración del estado de huevo-larva de *C. patsuiketorum* (10.5 d) es muy similar al registrado en *C. chlorideae* (10 d; Zhang et al., 2024), pero 1.5 d menor al obtenido para *C. flavicincta* (12 d). Estas diferencias pueden ser debido a las distintas especies hospederas. En *Eiphosoma vitticollae* Cresson (Ichneumonidae: Pamplinae) el tiempo de desarrollo en larvas de seis días de edad de *S. frugiperda* fue 2.06 d para huevo; 4.49, 2.84, 2.89 y 2.64 d para larvas de primer, segundo, tercer y cuarto instar, respectivamente; 1.12 d para prepupa y 11.81

d para pupa bajo condiciones de 24.5 ± 1 °C, $76 \pm 10\%$ de HR y un fotoperíodo de 12:12 h (L:O) (Giraldo-Vanegas y García, 1994).

Diversos estudios han demostrado que los parasitoides pueden parasitar y desarrollarse en diferentes instares larvales de su hospedero (Harvey et al., 2010; Seehausen et al., 2016; Sing et al., 2017; Tian et al., 2023). En este estudio, *C. patsuiketorum* parasitó y se desarrolló exitosamente en los tres instares larvales de *D. fovealis* (segundo, tercero y cuarto). Sin embargo, las hembras de este parasitoide prefirieron a las larvas de cuarto instar de este hospedero, con 1.7 veces más de parasitismo, comparado con las larvas de segundo instar (94 vs. 56%). Esto sugiere que *C. patsuiketorum* es una especie selectiva y que la parasitación en larvas de segundo instar, posiblemente estuvo influenciada por la ausencia de su instar preferido en el momento de la oviposición. En concordancia a lo anterior, otros autores también han reportado la preferencia por hospederos de mayor tamaño. Por ejemplo, Murillo et al. (2013) determinaron la eficacia de parasitación de *C. sonorensis* en larvas de diferente edad del primer (2 d), segundo (3, 4, 5 y 6 d) y tercer instar (7 y 8 d) de *T. ni*. Al respecto, estos autores reportaron que este parasitoide tuvo preferencia por las larvas de segundo instar de 3, 4 y 5 días de edad (25.5%, 53.0% y 32.0%, respectivamente), comparado con las larvas de dos días de edad del primer instar (9.0%). En otras especies de icneumonídeos, pertenecientes a la subfamilia Campopleginae, misma a la cual pertenece el género *Campoletis*, Fuester y Taylor (1991) encontraron que *Hyposoter lymantriae* Cushman, parasitó mayormente a las larvas de tercer instar (74.6%) comparado con las de primer instar (46%) de *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebididae). De manera similar, Şimşek y Kondur (2018) reportaron un parasitismo mayor por *Hyposoter didymator* (Thunberg) en larvas de tercer instar (52.44%) en comparación con las larvas de segundo y primer instar (32% y 15.89%, respectivamente) de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Asimismo, *Venturia canescens* (Gravenhorst), parasitó más larvas de quinto instar de *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) ($\approx 60 - 85\%$) que de segundo instar ($\approx 5 - 20\%$) (Sait et al., 1997), lo que sugiere que la calidad del hospedero varía su tamaño. Es decir, hospederos más grandes proporcionan mayor cantidad y calidad de recursos nutricionales para el desarrollo del parasitoide. Sin embargo, también implican un mayor tiempo de manipulación por parte

del parasitoide. Esto se evidenció en observaciones realizadas en el laboratorio donde *C. patsuiketorum* requirió más tiempo para someter a las larvas de quinto instar de *D. fovealis*, en comparación con las de segundo, tercero y cuarto instar para realizar la parasitación (Hernández-Manzo, A.G., datos no publicados).

En diversos casos, las larvas de los parasitoides presentan un desarrollo más rápido en hospederos de instares avanzados, lo cual coincide con los resultados obtenidos en nuestro estudio. El instar del hospedero influyó en la duración del estado de huevo-larva de *C. patsuiketorum*, con una duración menor en las larvas de cuarto instar (10.42 d), comparado a cuando el parasitoide se desarrolló en las larvas de tercer (12.02 d) y segundo instar (15.52 d). Esta tendencia sugiere que, debido a la disponibilidad y calidad de recursos nutricionales del instar hospedero, los cuales están relacionados con su tamaño corporal y estado fisiológico, el parasitoide puede acelerar su crecimiento y completar su desarrollo en menor tiempo (Chong y Oetting, 2006). Sin embargo, a diferencia del estado de larva, la duración del estado de pupa no fue afectada por el instar del hospedero. En los tres instares larvales de *D. fovealis* ensayados, el estado de pupa del parasitoide fue el mismo (9 d). Estos resultados coinciden con la duración del desarrollo de *H. didymator*, desde el huevo hasta la pupa, sobre larvas de quinto (16.44 d) y segundo (17.21 d) instar de *H. armigera* (Mironidis y Savopoulou-Soultani, 2009). Por su parte, Murillo et al. (2013) también demostraron que la edad del instar larval del hospedero afectó la duración del ciclo biológico de *C. sonorensis* cuando se desarrolló en larvas de *T. ni*. En larvas de tercer instar de 8 d de edad, el desarrollo biológico de este parasitoide tuvo una duración de 13 d, mientras que en larvas de segundo instar de 2 d de edad, la duración fue de 16.6 d. En contraste, el periodo de desarrollo de *C. sonorensis* desde huevo hasta larva, fue menor en larvas de primer instar (7.1 d) que en las de cuarto instar (7.8 d) de *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) (Hu y Vinson, 2000). De igual forma, la duración de *C. chlorideae*, desde el estado de huevo hasta la pupa fue más corto cuando parasitó larvas de segundo instar (13.4 d) que en las de cuarto instar (16.6 d) de *H. armigera* (Singh et al., 2017).

La longevidad de los adultos de *C. patsuiketorum* fue mayor cuando se desarrollaron en larvas de segundo instar (11.32 d) de *D. fovealis*, mientras que los individuos emergidos de las larvas del cuarto instar presentaron una longevidad menor

(9.78 d). Sing et al. (2017) reportaron un patrón similar, con variaciones en los valores de longevidad, al registrar que *C. chlorideae* vivió más días cuando se desarrolló en larvas del segundo instar de *H. armigera* (8.8 d) que en larvas de cuarto instar (7.4 d). Por su parte, y en contraste con la longevidad observada en nuestro estudio para *C. patsuiketorum*, otras investigaciones han reportado valores más elevados. Por ejemplo, Spanoudis y Andreadis (2012) registraron una longevidad de 17.9 d en *V. canescens*, cuando se desarrolló en larvas de quinto instar de *P. interpunctella*.

La supervivencia de los parasitoides depende de diversos factores, tales como el hospedero, las condiciones ambientales y el alimento en su etapa adulta. La supervivencia de las hembras y machos de *C. patsuiketorum* estuvo influenciada por el instar del hospedero del cual emergieron. Las hembras y machos que emergieron del cuarto instar de *D. fovealis* se mantuvieron con vida hasta los días 19 y 30, respectivamente, mientras que cuando emergieron del tercer y segundo instar vivieron prácticamente el mismo tiempo (29 y 25 d para hembras y machos, respectivamente, y 28 y 26 d para hembras y machos, respectivamente). Por otra parte, Huo et al. (2025) estimaron que la supervivencia de los machos y hembras de la generación cero (F0) de *C. chlorideae* emergidos de larvas de tercer instar de *H. armigera* fue de 15 y 25 d, respectivamente. Sin embargo, los machos y hembras de la F1 vivieron hasta los días 16 y 23, respectivamente.

La proporción de sexos en *C. patsuiketorum* estuvo sesgada hacia los machos, independientemente del instar del hospedero del cual emergieron. De forma similar, en *Campoletis perdistinctus* (Viereck) (Hymenoptera: Ichneumonidae) la proporción de machos fue, generalmente, mayor que la de hembras, cuando se recolectaron en campo y criados en laboratorio (Lingren et al., 1970; Hoelscher y Vinson, 1971). El mismo comportamiento se reportó en *Agrothereutes lanceolatus* (Walker) (Ichneumonidae: Cryptinae), donde la proporción de sexos estuvo sesgada hacia los machos en las generaciones criadas en laboratorio (1.4:1, macho: hembra; Ueno, 2015). De manera similar, la proporción de sexos fue 2:1 (macho: hembra) de los adultos de la F0 de *C. patsuiketorum* provenientes de larvas recolectadas en campo de *D. fovealis*, pero fue prácticamente 1:1 en la F1 (1:1.2; macho: hembra) y en la F2 (0.9:1; macho: hembra) (datos no publicados). Sin embargo, en la F3, la proporción de sexos fue 1.5:1 (macho:

hembra). Entre los factores que explican la proporción de sexos, con sesgo hacia los machos son: (1) la especie de hospedero, (2) la edad del hospedero, el fotoperiodo y la edad del parasitoide (hembra) (Hoelscher y Vinson, 1971), (3) la densidad de machos durante la oviposición (Pandey et al., 2004) y (4) endogamia (Ueno, 2015).

3.7. Conclusiones

Se determinó por primera vez el ciclo de vida del parasitoide *C. patsuiketorum* sobre su hospedero *D. fovealis* y se describieron sus estados de vida. Además, este parasitoide tuvo preferencia por las larvas de tercer y cuarto instar. La supervivencia y longevidad de los adultos varió según el instar del hospedero. La proporción de sexos de los adultos emergidos de los tres instares larvales estuvo sesgada hacia los machos. *Campoletis patsuiketorum* presenta una alta capacidad de parasitación, lo que lo hace un candidato prometedor en programas de manejo integrado para el control de *D. fovealis*.

3.8. Literatura citada

- Araujo, E. S., Poltronieri, A. S., Poitevin, C. G., Mirás-Avalos, J. M., Zawadneak, M. A. C. y Pimentel, I. C. 2020.** Compatibility between entomopathogenic fungi and egg parasitoids (Trichogrammatidae): A laboratory study for their combined use to control *Duponchelia fovealis*. *Insects*. 11 (9): 630.
- Ayqui-Vilca, S. E. 1992.** Morfología y biología de *Campoletis curvicauda* (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasitoide de *Spodoptera frugiperda*. *Revista Peruana de Entomología*. 35(1): 31-36.
- Brown, J. T. y Gillett-Kaufman, J. L. 2021.** Cranberry Fruitworm *Acrobasis vaccinii* Riley (Lepidoptera: Pyralidae). Extension scientist, Entomology and Nematology Department; UF/IFAS Extension. 1-4.
- Chong, J. H. y Oetting, R. D. 2006.** Host stage selection of the mealy bug parasitoid *Anagyrus spec. nov.* near *sinope*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 121: 39–50.
- Cruz, I., de Lima, D. A., Figueiredo, M. L. y Valicente, F. H. 1995.** Aspectos biológicos do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) criados em lagartas de

Spodoptera frugiperda (Smith). *Anais da Sociedade de Entomológica do Brasil*. 24(2): 201-208.

Efil, L., Özgür, O. y Efil, F. 2014. A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on strawberries in Turkey: damage, distribution and parasitoid. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2 (4): 328-334.

Fuester, R. W. y Taylor, P. B. 1991. Host instar preferences and developmental times of two Ichneumonid parasites of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 84(4): 429-435.

Giraldo-Vanegas, H. y García, J. L. 1994. Comportamiento, descripción y tiempo de desarrollo de los estados inmaduros de *Eiphosoma vitticolle* Cresson (Hymenoptera: Ichneumonidae), parásito de *Spodoptera frugiperda* (J. R. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Agronomía Tropical*. 44(4): 645-665.

Guédez, C., Castillo, C., Cañizales, L. y Olivar, R. 2008. Control biológico: una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. *Academia*. 7(13): 50-74.

Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Cambero-Campos, J., Santillán-Ortega, C., Ortiz-Catón, M., Coronado-Blanco, J. M. y Campos-Figueroa, M. 2015. Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Encontrados en Nayarit, México. *Southwestern Entomologist*. 40(3): 555-564.

Harvey, J. A., Poelman, E. H. y Gols, R. 2010. Development and host utilization in *Hyposoter ebeninus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a solitary endoparasitoid of *Pieris rapae* and *P. brassicae* caterpillars (Lepidoptera: Pieridae). *Biological Control*. 53(3): 312-318.

Hoelscher, C. E. y Vinson, S. B. 1971. The sex ratio of a hymenopterous parasitoid, *Campoletis perdistinctus*, as affected by photoperiod, mating, and temperature. *Annals of the Entomological Society of America*. 64(6): 1373-1376.

Hu, J. S. y Vinson, S. B. 2000. Interaction between the larval endoparasitoid *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its host the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 93(2): 220-224.

Huo, L., Yao, X., Zhang, N., Wang, S., Bai, S., Wang, Y., Wei, J. y An, S. 2025. Enhancing the Survival of Ichneumonid Parasitoid *Campoletis chlorideae*

(Hymenoptera: Ichneumonidae) by Utilizing Hasepin-e Protein to Effectively Manage Lepidopteran Pests. *Insects*. 16(5): 474

- Jaraleño-Teniente, J., González-Hernández, H., Lomeli-Flores, J. R., Soto-Rojas, L., Tamayo-Mejía, F., Martínez-Núñez, M. y Valdez-Carrasco, J. M. 2024.** *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) and its Parasitoid in Cultivated Berries in Guanajuato, Mexico. *Journal of Entomological Science*. 59 (4): 518-523.
- Krombein, K. V., Hurd, P. J., Smith, D. R., y Burks, B. D. 1979.** Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico. Volume 1, Symphyta and Apocrita (Parasitica). Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- Lingren, P. D., Guerra, R. J., Nickelsen, J. W. y White, C. 1970.** Hosts and host-age preference of *Campoletis perdinctus*. *Journal of Economic Entomology*. 63(2): 518-522.
- Maciel, G. A. A. y Araiza, M. D. S. 2015.** Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* y *Helicoverpa zea* como una alternativa al uso de insecticidas. *Jóvenes en la Ciencia*. 1(2): 48-53.
- Mironidis, G. K. y Savopoulou-Soultani, M. 2009.** Development, survival and growth rate of the *Hyposoter didymator*–*Helicoverpa armigera* parasitoid–host system: effect of host instar at parasitism. *Biological Control*. 49(1): 58-67.
- Murillo, H., Hunt, D. W. y VanLaerhoven, S. L. 2013.** Host suitability and fitness-related parameters of *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) as a parasitoid of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Control*. 64(1): 10-15.
- Murillo, H., Vanlaerhoven, S. L. y Marcos, M. Á. G. 2020.** Functional response and switching behaviour of *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae) to the native host *Trichoplusia ni* and the non-native host *Chrysodeixis chalcites* mediating host range expansion. *Biocontrol Science and Technology*. 30(5): 462-479.
- Murray, D. A., Kriegel, R. D., Johnson, J. W. y Howitt, A. J. 1996.** Natural Enemies of Cranberry Fruitworm, *Acrobasis Vaccinii*, (Lepidoptera: Pyraudae) in Michigan Highbush Blueberries. *The Great Lakes Entomologist*. 29(2): 81-86.

- Orozco-Peón, O., González-Moreno, A., Ruíz-Sánchez, E. y Tun-Suárez, J. M. 2019.** Comunidades y gremios de parasitoides (Hymenoptera: Ichneumonidae) en cultivo de maíz y selva baja caducifolia circundante. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6(17): 195-205.
- Pandey, P., Kumar, N. y Tripathi, C. P. M. 2004.** Impact of males on the progeny sex ratio of *Campoletis chloridae* (Hym., Ichneumonidae), a parasitoid of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lep., Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*. 128(4): 254-257.
- Pirovani, V. D., Pratissoli, D., Tibúrcio, M. O., de Carvalho, J. R., Damascena, A. P. y Faria, L. V. 2017.** *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum* for the management of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in strawberry plants. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 52: 690-693.
- Pratissoli, D., Damascena, A. P., Oliveira, R. C. D., Carvalho, J. R. D., de Oliveira, A. C. L. F., Piffer, A. B. M. y Pirovani, V. D. 2024.** Dispersal Capacity of *Trichogramma* for the Management of *Duponchelia fovealis*. *Agronomy*. 14(8), 1813.
- Sait, S. M., Begon, M., Thompson, D. J., Harvey, J. A. y Hails, R. S. 1997.** Factors affecting host selection in an insect host–parasitoid interaction. *Ecological Entomology*. 22(2): 225-230.
- Sánchez, J. G., Blanco, J. M. C., del Bosque, L. Á. R., Hernández, E. O., Drouaillet, B. E. y Khalaim, A. I. 2023.** El control biológico en la educación agrícola: una alternativa sustentable. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 9(1): 5-5.
- Schwarzfeld, M. D. 2014.** Ichneumonidae (Hymenoptera) of the Canadian prairies ecozone: A Review. *Arthropods of Canadian grasslands. Biological Survey of Canada*. 317-397 pp.
- Seehausen, M. L., Régnière, J., Martel, V. y Smith, S. M. 2016.** Seasonal parasitism and host instar preference by the spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) larval parasitoid *Tranosema rostrale* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology*. 45(5): 1123-1130.

- Şimşek, M. y Kondur, Y. 2018.** Parasitism Preference of *Hyposoter didymator* on the Young Instars of *Helicoverpa armigera*. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*. 4(1): 77-83.
- Singh, M., Mishra, B. B., Dubey, R. J. y Tripathi, C. P. M. 2017.** Effect of host's *Helicoverpa armigera* (Hubner) larval age on the life table of the parasitoid *Campoletis chlorideae* uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Advanced Zoology*. 38(2): 186-198.
- Soria-Morales, J. 2019.** *Duponchelia fovealis*, plaga detectada recientemente en México. Periódico RuralAgro21. Agricultura, Ganadería, Forestal, Agronegocios. Año 03, Número 10, enero de 2019. https://issuu.com/agro21/docs/ruralagro21_ed_10. Fecha de consulta: 16 de junio de 2024.
- Spanoudis, C. G. y Andreadis, S. S. 2012.** Temperature-dependent survival, development, and adult longevity of the koinobiont endoparasitoid *Venturia canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasitizing *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Pest Science*. 85(1): 75-80.
- Strickland, E. H. 1946.** An annotated list of the Ichneumonoidea of Alberta. *The Canadian Entomologist*. 78(2): 36-46.
- Tian, L., Wang, X., Wang, Y., Gu, X., Li, X., An, S., Yin, X. y Bai, S. 2023.** Rearing Host Dependency of Ovariole Number and Body Size in *Campoletis chlorideae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Insects*. 14(5): 483.
- Ueno, T. 2015.** Effects of host size and laboratory rearing on offspring development and sex ratio in the solitary parasitoid *Agrothereutes lanceolatus* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *European Journal of Entomology*. 112(2): 281–287.
- Viereck, H. L. 1917.** Guide to the insects of Connecticut. Part III. The Hymenoptera, or wasp-like insects of Connecticut. Ichneumonoidea. State of Connecticut. State Geological and Natural History Survey, Hartford, 824 pp.
- Zawadneak, M. A. C., Gonçalves, R. B., Pimentel, I. C., Schuber, J. M., Santos, B., Poltronieri, A. S. y Solis, M. A. 2016.** First record of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in South America. *Idesia (Arica)*. 34(3): 91-95.

Zhang, R., Zhao, Q., Keyhani, N. O., Lei, X. F., Liu, C. H., Al Dhafer, H. M., Zhang, W. y Mohamed, A. 2024. Biocontrol performance and mass production potential of the larval endoparasitoid *Campoletis chlorideae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae) against the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 34(1): 44.

3.9. Discusión general

Duponchelia fovealis Zeller (Lepidoptera: Crambidae) es una plaga polífaga (Copeman y Frank, 2024). En México se ha reportado en cultivos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) y arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en diversos estados de la República Mexicana (Soria-Morales, 2019; Rodríguez-Vázquez et al., 2023). En el cultivo de fresa, las larvas de este insecto se alimentan de las raíces, hojas, tallos y frutos (Zawadneak et al., 2016). Debido al comportamiento críptico de las larvas, el control de este lepidóptero mediante insecticidas químicos representa un problema para los agricultores. El control biológico, a través del uso de enemigos naturales, como los parasitoides, puede ser una alternativa de control para este insecto. Al respecto, se han reportado a los parasitoides de larvas de esta plaga tales como *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) en Brasil y *Campoletis* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) en México (Zawadneak et al., 2016; Jaraleño-Teniente et al., 2024). Sin embargo, no se conoce la identidad específica de estos parasitoides y, además, no existen reportes de especies de parasitoides sobre el estado de pupa de *D. fovealis*. En el presente estudio se reportan las especies de parasitoides asociadas a estados de desarrollo de larva y pupa de *D. fovealis* y su parasitismo en campo cuando se realizaron colectas de ambos estados de desarrollo de este lepidóptero en nueve sitios en dos cultivos de frutillas: fresa y arándano (Cuadro 2). De la especie de parasitoide más abundante se determinó su ciclo de vida, preferencia de parasitismo y parámetros biológicos (supervivencia y proporción de sexos).

En relación a los parasitoides asociados a *D. fovealis* (Capítulo 2) se identificaron dos especies de himenópteros: *C. patsuiketorum* y *T. clisiocampae*, asociadas a los estados de larva y pupa, respectivamente. Estos hallazgos constituyen el primer registro confirmado de ambos parasitoides en México, además de ser los primeros informes sobre su asociación con *D. fovealis*. La presencia de *C. patsuiketoum* ya se ha documentado previamente en Estados Unidos de América, Canadá (Strickland, 1946; Murray et al., 1996) y México, donde fue reportado por L.O. Howard, aunque la validez de dicha identificación y la precisión del registro geográfico nunca fueron confirmados (Krombein et al., 1979), y *T. clisiocampae* en Italia, Estados Unidos de América y China (LaSalle, 1994; Sullivan et al., 2011; Cao et al., 2024). Sin embargo, ambas especies de

parasitoides fueron reportadas parasitando especies de lepidópteros distintas a *D. fovealis*. El parasitismo en campo registrado para *C. patsuiketorum* fue variable en los tres sitios donde se realizó la recolecta de las larvas de hospedero: 12% en San José Coapa, Michoacán; 75% en Irapuato 1, Guanajuato, y 40.62% en Santiago Conguripo, Michoacán. En larvas de *Acrobasis vaccinii* Riley (Lepidoptera: Pyralidae), este parasitoide causó 80% de parasitismo en Michigan, Estados Unidos de América (Murray et al. 1996). En México, la información disponible sobre el parasitismo por especies del género *Campoletis* se limita a *C. flavicincta* Ashmead y *C. sonorensis* Cameron, las cuales solamente se han registrado en larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en diversos estados de la República, incluido Michoacán (Hoballah et al., 2004; Molina-Ochoa et al., 2004). Sin embargo, en el estado de Guanajuato, Jaraleño-Teniente et al. (2024) reportaron el parasitismo de *Campoletis* sp. en larvas de *D. fovealis*, siendo este el único registro en México sobre el parasitismo en este crámbido.

Por otro lado, el parasitismo causado por *T. clisiocampae* sobre pupas de *D. fovealis* en el sitio Téjaro, Michoacán, osciló entre 26.32% y 87.69% en las seis diferentes fechas de muestreo. No existen estudios previos donde se haya determinado el parasitismo de esta especie de eulófido sobre lepidópteros o algún otro hospedero. Sin embargo, existen estudios que han abordado el parasitismo de otras especies de la subfamilia Tetrastichinae, a la cual pertenece *T. clisiocampae*; por ejemplo, *Tetrastichus howardi* Olliff y *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu. Sin embargo, cabe mencionar que los estudios sobre estos parasitoides se han realizado en condiciones de laboratorio utilizando otros lepidópteros como hospederos. Al respecto, el parasitismo causado por *T. howardi* y *T. diatraeae* fue 100% sobre pupas de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) y *Euselasia eucerus* (Hewitson) (Lepidoptera: Riodinidae) (Zaché et al., 2011; de Oliveira et al., 2016). Sin embargo, bajo condiciones de campo en Panamá, *T. diatraeae* parasitó 8% a pupas de *Agraulis vanillae* (L.) (Lepidoptera: Nymphalidae) (Santos-Murgas y Jaen, 2025), lo cual fue diferente al causado por nuestra especie de parasitoide estudiada.

En el capítulo 3, se determinó el ciclo de vida, preferencia de parasitismo y diferentes parámetros biológicos del parasitoide *C. patsuiketorum* utilizando larvas de

cuarto instar de *D. fovealis*. Los parámetros biológicos incluyeron la supervivencia y proporción de sexos. La duración de los estados de huevo, larva y pupa de *C. patsuiketorum* fue 2.12, 8.35 y 8.73 días, respectivamente. En el presente estudio, la duración, en conjunto, del estado de *huevo-larva* de *C. patsuiketorum* (10.5 días) fue similar al reportado para *Campoletis chlorideae* Uchida (10 días) y *C. flavicincta* (12 días), cuando ambas especies se desarrollaron sobre larvas de *S. frugiperda*. Estas diferencias podrían atribuirse a la especie hospedera y a las condiciones experimentales (Cruz et al., 1995; Zhang et al., 2024). *Campoletis patsuiketorum* logró parasitar y desarrollarse en los tres instares larvales de *D. fovealis* ensayados (segundo, tercero y cuarto), pero mostró preferencia por las larvas más desarrolladas (tercero y cuarto instar). Este comportamiento de preferencia por larvas más desarrolladas es similar a lo observado en otros icneumonidos. Por ejemplo, *C. sonorensis* parasitó más larvas de segundo instar que de primer instar de *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (Murillo et al., 2013), mientras que *Hyposoter lymantriae* Cushman parasitó más larvas de tercer instar que de primer instar de *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Erebidae) (Fuester y Taylor, 1991). La calidad del hospedero, que se determina principalmente por su tamaño, podría influir en la elección del parasitoide.

El instar del hospedero tuvo efecto en los aspectos biológicos de *C. patsuiketorum*. La duración del estado *huevo-larva* fue menor en larvas de cuarto instar que en las de segundo y tercer instar. Sin embargo, la duración del estado de pupa fue similar en los tres instares ensayos. La longevidad y la supervivencia de los adultos fueron variables, según el instar del hospedero del cual emergieron, mostrando patrones similares a los reportados en *C. chlorideae* (Sing et al., 2017; Huo et al., 2025). Además, la proporción de sexos estuvo sesgada hacia los machos, lo que puede estar relacionado con la edad y la especie del hospedero, el fotoperiodo y la densidad de machos durante la oviposición (Hoelscher y Vinson, 1971; Pandey et al., 2004).

3.10. Literatura citada

Cao L. M., Wang X. Y., Petrice T. R. y Poland, T. M. 2024. A checklist of the predators and parasitoids of the fall webworm *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera, Erebidae) from around the world. *ZooKeys*. 1211: 251–348.

- Copeman, S. M. y Frank, S. D. 2024.** Profile of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) as a greenhouse and nursery pest in the United States. *Journal of Integrated Pest Management*. 15 (1): 1-12.
- Cruz, I., de Lima, D. A., Figueiredo, M. L. y Valicente, F. H. 1995.** Aspectos biológicos do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) criados em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. 24(2): 201-208.
- de Oliveira, H. N., Simonato, J., Glaeser, D. F. y Pereira, F. F. 2016.** Parasitismo de pupas de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) por *Tetrastichus howardi* e *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Semina: Ciências Agrárias*. 37(1): 111-115.
- Fuester, R. W. y Taylor, P. B. 1991.** Host instar preferences and developmental times of two Ichneumonid parasites of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 84(4): 429-435.
- Hoballah, M. E., T. Degen, D. Bergvinson, A. Savidan, C. Tamo y Turlings, T. C. J. 2004.** Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of Mexico. *Agricultural and Forest Entomology*. 6: 83-88.
- Hoelscher, C. E. y Vinson, S. B. 1971.** The sex ratio of a hymenopterous parasitoid, *Campoletis perdistinctus*, as affected by photoperiod, mating, and temperature. *Annals of the Entomological Society of America*. 64(6): 1373-1376.
- Huo, L., Yao, X., Zhang, N., Wang, S., Bai, S., Wang, Y., Wei, J. y An, S. 2025.** Enhancing the Survival of Ichneumonid Parasitoid *Campoletis chlorideae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) by Utilizing Hasepin-e Protein to Effectively Manage Lepidopteran Pests. *Insects*. 16(5): 474
- Jaraleño-Teniente, J., González-Hernández, H., Lomeli-Flores, J. R., Soto-Rojas, L., Tamayo-Mejía, F., Martínez-Núñez, M. y Valdez-Carrasco, J. M. 2024.** *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) and its Parasitoid in Cultivated Berries in Guanajuato, Mexico. *Journal of Entomological Science*. 59 (4): 518-523

- Krombein, K. V., Hurd, P. J., Smith, D. R., y Burks, B. D. 1979.** Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico. Volume 1, Symphyta and Apocrita (Parasitica). Smithsonian Institution Press. Washington, D.C.
- LaSalle, J. 1994.** North genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of Natural History*. 28(1): 109-236.
- Molina-Ochoa, J., Carpenter, J. E., Lezama-Gutiérrez, R., Foster, J. E., González-Ramírez, M., Angel-Sahagún, C. A. y Farías-Larios, J. 2004.** Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. *Florida Entomologist*. 87(4): 461-472.
- Murillo, H., Hunt, D. W. y VanLaerhoven, S. L. 2013.** Host suitability and fitness-related parameters of *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) as a parasitoid of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Control*. 64(1): 10-15.
- Murray, D. A., Kriegel, R. D., Johnson, J. W. y Howitt, A. J. 1996.** Natural Enemies of Cranberry Fruitworm, *Acrobasis Vaccinii*, (Lepidoptera: Pyraudae) in Michigan Highbush Blueberries. *The Great Lakes Entomologist*. 29(2): 81-86
- Pandey, P., Kumar, N. y Tripathi, C. P. M. 2004.** Impact of males on the progeny sex ratio of *Campoletis chlorideae* (Hym., Ichneumonidae), a parasitoid of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lep., Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*. 128(4): 254-257.
- Rodríguez-Vázquez, E., Pineda-Guillermo, S., Juárez, A., Tejeda-Reyes M. A., López-Bautista, E. e Illescas-Riquelme, C. P. 2023.** Dimorfismo sexual, diagnosis y daños causados por *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 82 (3): 13-20.
- Santos-Murgas, A. S. y Jaen, L. 2025.** Contribución al conocimiento e identificación molecular de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *Agraulis vanillae* (Lepidoptera: Nymphalidae) en cultivos de *Passiflora edulis* (Platae: Passifloraceae) en Panamá. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*. 41: 1-10.
- Singh, M., Mishra, B. B., Dubey, R. J. y Tripathi, C. P. M. 2017.** Effect of host's *Helicoverpa armigera* (Hubner) larval age on the life table of the parasitoid

Campoletis chlorideae uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Advanced Zoology*. 38(2): 186-198.

Soria-Morales, J. 2019. *Duponchelia fovealis*, plaga detectada recientemente en México. Periódico RuralAgro21. Agricultura, Ganadería, Forestal, Agronegocios. Año 03, Número 10, enero de 2019. https://issuu.com/agro21/docs/ruralagro21_ed_10. Fecha de consulta: 16 de junio de 2024.

Strickland, E. H. 1946. An annotated list of the Ichneumonoidea of Alberta. *The Canadian Entomologist*. 78(2): 36-46.

Sullivan, G. T., Karaca, I., Ozman-Sullivan, S. K. y Yang, Z. Q. 2011. Chalcidoid parasitoids of overwintered pupae of *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Arctiidae) in hazelnut plantations of Turkey's central Black Sea region. *The Canadian Entomologist*. 143(4): 411-414.

Zaché, B., Zaché, R. R., Soliman, E. P. y Wilcken, C. F. 2011. Evaluation of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) as parasitoid of the eucalyptus defoliator *Euselasia eucerus* (Lepidoptera: Riodinidae). *International Journal of Tropical Insect Science*. 31(1-2): 118-121.

Zawadneak, M. A. C., Gonçalves, R. B., Pimentel, I. C., Schuber, J. M., Santos, B., Poltronieri, A. S. y Solis, M. A. 2016. First record of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in South America. *Idesia (Arica)*. 34(3): 91-95.

Zhang, R., Zhao, Q., Keyhani, N. O., Lei, X. F., Liu, C. H., Al Dhafer, H. M., Zhang, W. y Mohamed, A. 2024. Biocontrol performance and mass production potential of the larval endoparasitoid *Campoletis chlorideae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae) against the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 34(1): 44.

3.11. Conclusiones generales

- Se confirma, por primera vez en México, la presencia de *C. patsuiketorum* y *T. clisiocampae* parasitando los estados de larva y pupa de *D. fovealis*, respectivamente.
- *Campoletis patsuiketorum* y *T. clisiocampae* presentaron altos niveles de parasitismo, lo que sugiere que estos parasitoides tienen potencial como agentes de control biológico para *D. fovealis*.
- La capacidad de *C. patsuiketorum* para parasitar y desarrollarse en laboratorio proporciona una base para su consideración en programas de manejo integrado de *D. fovealis*.
- Como perspectiva, se requieren protocolos estandarizados de cría y estrategias de liberación de *C. patsuiketorum*, para sincronizar la etapa adulta del parasitoide con la etapa del ciclo biológico del hospedero que sea requerida.

Adileni Guadalupe Hernández Manzo

Identificación de parasitoides de la palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller, parasitismo en campo y...

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:557517420

Fecha de entrega

16 feb 2026, 11:43 a.m. GMT-6

Fecha de descarga

16 feb 2026, 11:54 a.m. GMT-6

Nombre del archivo

Identificación de parasitoides de la palomilla europea del pimiento, *Duponchelia fovealis* Zeller,pdf

Tamaño del archivo

7.2 MB

94 páginas

18.527 palabras

102.770 caracteres

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 6%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
12 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas	
Título del trabajo	Identificación de parasitoides de la palomilla europea del pimiento, <i>Duponchelia fovealis</i> Zeller, parasitismo en campo y aspectos biológicos de uno de estos parasitoides bajo condiciones de laboratorio	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Adilene Guadalupe Hernández Manzo	1719773c@umich.mx
Director	Samuel Pineda Guillermo	samuel.pineda@umich.mx
Codirector	Ana Mabel Martínez Castillo	ana.martinez@umich.mx
Coordinador del programa	Rosa Elvira Núñez Anita	mae.ciencias.biologicas@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	No	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	No	
Traducción a otra lengua	No	
Revisión y corrección de estilo	No	
Análisis de datos	No	
Búsqueda y organización de información	No	
Formateo de las referencias bibliográficas	No	
Generación de contenido multimedia	No	
Otro	Sí	Se utilizó la IA para la generación de la figura 1. Sección "Materiales y métodos" del capítulo 3.

Datos del solicitante	
Nombre y firma	Adileni Guadalupe Hernández Manzo
Lugar y fecha	Morelia, Michoacán a 13 de febrero de 2026