



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**”BIOLOGÍA DE *Tamarixia triozae* (BURKS) (HYMENOPTERA:
EULOPHIDAE) SOBRE *Bactericera cockerelli* (SULC) a diferentes
temperaturas”**

JORGE LUIS VEGA CHÁVEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

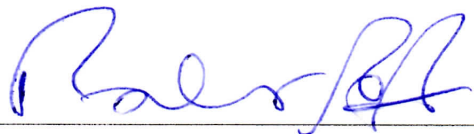
MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

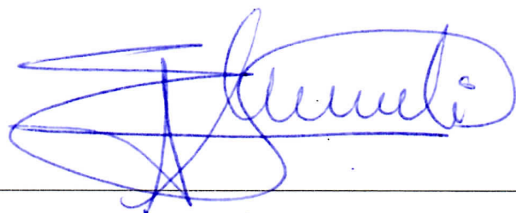
2013

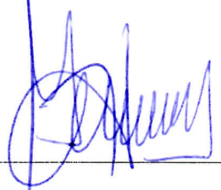
La presente tesis titulada: "**Biología de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Bactericera cockerelli* (Sulc) a diferentes temperaturas**" realizada por el alumno **Jorge Luis Vega Chávez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. ESTEBAN RODRÍGUEZ LEYVA

ASESOR: 
DR. J. REFUGIO LOMELI FLORES

ASESOR: 
DR. GERARDO H. TERRAZAS GONZÁLEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mayo del 2013.

”Biología de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Bactericera cockerelli* (Sulc) a diferentes temperaturas”

Jorge Luis Vega Chávez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013.

RESUMEN

Tamarixia triozae es un ectoparásitoide sinovigénico y solitario de ninfas del psílido de la papa. A pesar de su potencial uso como agente de control biológico no existen trabajos sobre el efecto de la temperatura sobre su biología. En este trabajo se investigó la biología de *T. triozae* a 10, 15, 20, 25, 30 y 35±1°C (70±10% HR y 12:12 h L:O); también se estableció la tasa de desarrollo del parasitoide y se estimaron sus parámetros poblacionales. Los resultados muestran que el ciclo de vida disminuyó a medida que aumentó la temperatura, el rango fue de 9.9 a 41.6 d a 30 y 10°C, respectivamente; 35°C no fue viable para completar el desarrollo. *T. triozae* requirió 243.9 unidades calor para completar su ciclo, tomando como umbral temperatura inferior 4.8°C. La longevidad de las hembras fue 40.1 d a 15°C y 2.8 d a 35°C. A 20 y 25°C la vida reproductiva fue de 26.38 a 29.10 d. El rango de temperaturas con mayor oviposición y alimentación fue 15 a 25°C. *T. triozae* se alimentó de 75.5, 89.2, 100, y 24.4 huéspedes a 15, 20, 25 y 30°C, respectivamente. La mayor tasa neta de reproducción se presentó en el rango de 15 a 25°C, el tiempo generacional mostró diferencia entre cada temperatura. A 30 y 35°C se observó efecto negativo en sobrevivencia, a pesar de ello a 30°C se favoreció la tasa intrínseca de incremento natural (r_m). No obstante, la mayor cantidad de huéspedes muertos por alimentación se manifestó mejor en el rango de 15 a 25°C. En este trabajo se discuten aspectos relevantes de la biología de *T. triozae* y su posible adaptación en diferentes regiones.

Palabras clave: Psílido de la papa, control biológico, parasitoide nativo, ciclo de vida, unidades calor.

”Biology of *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) on
Bactericera cockerelli (Sulc) at different temperatures”

Jorge Luis Vega Chávez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013.

ABSTRACT

Tamarixia triozae is a solitary and sinovigenic ectoparasitoid of potato psyllid nymphs, the potato psyllid is one of the most important pests of potatoes and tomatoes on the world. The parasitoid may have potential as biological control agent of this pest, but there are not basic research about temperature effects on its biology. We studied under laboratory conditions the biology of *T. triozae* at 10, 15, 20, 25, 30 y 35±1°C (70±10% HR y 12:12 h L:O); we also established the development rate and the population parameters of the species. The life cycle decreased as the temperature increased, the range was from 41.6 to 9.9 d at 10 and 30°C, respectively; 35°C was not viable for completing development. Considering 4.8°C as threshold temperature, 243.5 heat units were required to complete its development. Female longevity was 40.1 d at 15°C and 2.8 d at 35°C. At 20 and 25°C the reproductive life was 26.38 and 29.10 d. The optimal temperature range for host-feeding and laying eggs was 15-25°C. *T. triozae* feed on 75.5, 89.2, 100, y 24.4 host nimphs at 15, 20, 25 y 30°C, respectively. The bigger net reproductive rate was obtained at 15, 20 and 25°C, generation time was different in each temperature. 30 y 35°C were negative for survival even though at 30°C was obtained the highest intrinsic rate of increase (r_m). *T. triozae* killed 60% more nymphs by host-feeding at 15, 20 and 25°C than at 30°C. Some biology aspects of *T. triozae* and its potential as biological control are discussed here.

Key words: Potato psyllid, biological control, native parasitoid , life cycle, heat units.

DEDICATORIAS

A mi esposa **Yessica Abigail Alvarado Cepeda** por darme siempre tu apoyo, comprensión, paciencia y confianza, lo cual me ayuda a cumplir mis retos en la vida. Por esto y más eres una persona muy especial para mí.

A mi hija **Regina Vega Alvarado** que sin saberlo me produces mucha felicidad y siempre me motivas para seguir adelante.

A mis padres **Oscar Vega** y **Brígida Chávez** que en todo momento me brindan apoyo, cariño y motivación. Mamá: te agradezco todo el cariño que me demuestras, el ejemplo que me brindas y por ser un pilar muy fuerte en nuestra familia. Papá te agradezco todo el apoyo y confianza que me has brindado tú eres el otro pilar que sostiene a nuestra bella familia y creo que no tengo las suficientes palabras para poder agradecerles todo.

A mis hermanas **Cintya** y **Valeria** porque siempre están conmigo, por el cariño que a diario siento y apoyo que siempre me brindan.

A mi cuñado **Rubén Espinosa** y mi sobrina **Ivanna** por el cariño y apoyo que siempre percibo.

A mis tíos **Mario, Horacio, Enrique, Edith, Yoali y Tíos (as)** por su apoyo y cariño.

A mis tíos **Fide, Chafin, Ricardo, Agapito, Carolina, Chana, Tacho, Pio y Tíos (as)** que a pesar de la distancia siempre recibo su apoyo y cariño.

A mis abuelitos; **Mario, Conchita, Santos†** y **Manuela†** por ser ejemplo de vida.

Al Sr Román y Sra. Mary y al resto de la **familia Alvarado Cepeda** por hacerme sentir como de los suyos, les agradezco su tiempo, cariño y confianza.

A todos los anteriores y aquellos que se me escapan, les agradezco lo que ahora soy y siéntanse orgullosos de este logro que también es suyo.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, que mediante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) financió mis estudios de maestría.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por la beca que me otorgaron para la culminación de este escrito.

Al proyecto INNOVAPYME 154411, “Desarrollo tecnológico para el control biológico de plagas en cultivos de jitomate y chile en ambientes protegidos”, asignado a Koppert México S.A. de C.V. por el financiamiento para esta investigación y por la beca para concluir este escrito.

Al Colegio de Postgraduados y al posgrado de Fitosanidad Entomología y Acarología por la oportunidad brindada.

Al Dr. Esteban Rodríguez Leyva por ser parte importante en mi formación profesional, por creer en mí, por brindarme parte de sus conocimientos y por la atención y paciencia que siempre demostró hacia el trabajo y mi persona.

Al Dr. J. Refugio Lomeli Flores por su paciencia y atención que siempre me brindo durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

Al Dr. Gerardo Terrazas Gonzales por el apoyo brindado en la realización de esta tesis.

Al M. en C. Jorge Manuel Valdés Carrasco por ser parte de mi formación profesional y por sus buenos consejos.

A la señora Trinidad Lomeli por su amistad y por el apoyo técnico en la realización de este trabajo.

A mis buenos compañeros de laboratorio de control biológico y del posgrado de fitosanidad que no los nombro para no omitir a alguien.

A quienes participaron dentro de mi formación en el COLPOS y se escapan de mi memoria.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.1.1Objetivos específicos.....	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1 Bactericera cockerelli (Sulc)	5
3.1.1. Biología de <i>B. cockerelli</i>	5
3.1.2. Plantas hospederas de <i>B. cockerelli</i>	7
3.1.3 Daños causados por <i>B. cockerelli</i>	7
3.2.1. Biología de <i>Tamarixia triozae</i> (Burks).....	8
3.2.2. Distribución geográfica de <i>T. triozae</i>	9
3.3. Efecto de la temperatura en los insectos	9
3.4. Parámetros poblacionales.....	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
4.1. Producción de planta de jitomate	11
4.2. Cría de <i>Bactericera cockerelli</i>	11
4.3. Cría de <i>Tamarixia triozae</i>	12
4.4. Ciclo de vida de <i>T. triozae</i> a diferentes temperaturas	12

4.5. Longevidad, fecundidad y alimentación de las hembras de <i>T. triozae</i> a diferentes temperaturas	13
4.6. Análisis de datos.....	14
5. RESULTADOS	15
5.1. Ciclo de vida de <i>Tamarixia triozae</i> a diferentes temperaturas.....	15
5.1.1. Cálculo de grados días de desarrollo (GDD)	16
5.2. Fecundidad, alimentación y longevidad de los adultos de <i>T. triozae</i> a diferentes temperaturas	18
5.3 Parámetros poblacionales.....	22
6. DISCUSIÓN.....	24
7. CONCLUSIONES GENERALES	29
8. LITERATURA CITADA.....	30

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Recopilación de parámetros biológicos de <i>Bactericera cockerelli</i> de diferentes fuentes.	6
Cuadro 2. Recopilación de parámetros poblacionales de <i>Bactericera cockerelli</i> en diferentes fuentes. ¹	6
Cuadro 3. Ciclo de vida en días de <i>Tamarixia triozae</i> a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, 70 \pm 10 % HR y fotoperiodo 12:12 L:O).	15
Cuadro 4. Tasa de desarrollo del parasitoide <i>Tamarixia triozae</i> sobre el psílido de la papa a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, 70 \pm 10 % HR y fotoperiodo 12:12 L:O). 17	
Cuadro 5. Fecundidad de <i>Tamarixia triozae</i> , sobre ninfas de <i>B. cockerelli</i> , a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, 70 \pm 10% H.R y fotoperiodo 12:12 L:O).	18
Cuadro 6. Ninfas de <i>Bactericera cockerelli</i> muertas por acción de alimentación del parasitoide <i>Tamarixia triozae</i> a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, 70 \pm 10% H.R y fotoperiodo 12:12 L:O).	19
Cuadro 7. Longevidad de hembras de <i>Tamarixia triozae</i> en condiciones de oviposición y alimentación sobre el huésped a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, 70 \pm 10% H.R y fotoperiodo 12:12 L:O).....	20
Cuadro 8. Parámetros poblacionales de <i>Tamarixia triozae</i> a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, 70 \pm 10% H.R., fotoperiodo 12:12 L:O).	23
Cuadro 9. Parámetros poblacionales de <i>Tamarixia triozae</i> ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, 70 \pm 10% H.R., fotoperiodo 12:12 L:O) y <i>Bactericera cockerelli</i> criado en dos plantas hospederas.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Tamarixia triozae</i> a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ HR y fotoperiodo 12:12) con regresión logarítmica.	16
Figura 2. Tasas de desarrollo (1/d) a diferentes temperaturas con regresión lineal.....	17
Figura 3. Supervivencia de hembras de <i>Tamarixia triozae</i> en condiciones de oviposición y alimentación a diferentes temperaturas.	20
Figura 4. Comportamiento de longevidad, fecundidad y alimentación sobre el huésped de <i>Tamarixia triozae</i> sobre <i>Bactericera cockerelli</i> a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ H.R., fotoperiodo 12:12 L: O).	22

1. INTRODUCCIÓN

Solanacea se considera la tercera familia botánica más importante en riqueza agrícola internacionalmente, se considera así por las especies de interés alimenticio como la papa (*Solanum tuberosum* L.), chile (*Capsicum annuum* L.), tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.), jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) y la berenjena (*Solanum melongena* L.). También tiene especies de importancia ornamental y para la producción de sustancias que sirven al hombre como el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y la belladona (*Atropa belladonna* L.) entre otros (Towell 2001).

México es centro de origen y domesticación de varias especies de solanáceas y su cultivo, representado por alrededor de 321,000 ha anuales de chile, papa, jitomate y tomate, proporcionó un valor comercial de 33,776 millones de pesos durante 2011. Esta cantidad representó alrededor del 10% del valor total de la producción agrícola nacional empleando menos del 2% de la superficie de cultivo durante ese año (SIAP 2011). Es claro que la importancia de estas especies en México no solo se refleja en la producción nacional, sino también en excedentes para la exportación y entrada de divisas. Así, México se encuentra en segundo lugar de mayores exportadores de tomate rojo a nivel mundial, solo después de Holanda; y el principal destino de este producto es EE.UU. (SIAP 2011).

Algunas de las limitantes para la producción del cultivo de solanáceas en México, y en varias partes del mundo, son las plagas insectiles y las enfermedades, en algunas ocasiones transmitidas por insectos vectores. Las principales plagas que se han reportado como vectores de virus en solanáceas son *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Glover), algunas especies de trips como *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y el psílido de la papa *Bactericera cockerelli* (Sulc) que trasmite enfermedades de tipo bacteriano.

El psílido de la papa, pulgón saltador o salerillo, como se le conoce a *B. cockerelli* ataca principalmente a especies solanáceas (Pletsch 1947). El daño directo lo ocasionan los inmaduros y adultos al alimentarse de la savia y con la inyección de toxinas lo cual provoca reducción en la productividad. Los inmaduros al alimentarse excretan gran cantidad de mielecilla que queda en las hojas provocando la aparición de fumagina que puede disminuir la fotosíntesis. No obstante, el daño indirecto más importante es como vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, esta bacteria ocasiona franjas oscuras en los tubérculos al momento de freírlos, de ahí el nombre de “zebra chip”. En la parte aérea de la planta se observan clorosis en los folíolos y enrojecimiento en las puntas de las plantas, y en ocasiones se presentan tubérculos aéreos (Garzón 2003, Crosslin y Muyaneza 2009).

Debido al incremento por el daño que ocasiona el psílido de la papa y la enfermedad que transmite en México y EE.UU. se recurre al uso de plaguicidas. En México se realizan de 12 a 30 aplicaciones durante el periodo del cultivo (Vega-Gutiérrez *et al.* 2008, Rubio *et al.* 2006) y en EE.UU. se ha llegado a invertir en aplicaciones químicas USD\$1,272 por hectárea. El número de aplicaciones en EE.UU. fue variado; por ejemplo, de 7.9 a 8.7 en el estado de Texas durante los años de 2009 a 2011, y en Nebraska y Kansas llegó a ser de 9.5 aplicaciones en el 2010 (Guenther *et al.* 2012)

El uso irracional de productos químicos además de afectar la economía de los productores también repercute en la salud pública y el ambiente (Van Driesche y Bellows 1996). Debido a esto, para el manejo de esta plaga se ha propuesto un manejo integrado de plagas con la inclusión de alguno de los enemigos naturales de esta plaga.

Se ha reportado a *Tamarixia* (= *Tetrastichus*) *triozae* (Burks 1943) como un agente con potencial para el control biológico del psílido de la papa, ya que es un ectoparasitoide de ninfas de cuarto y quinto instar de *B. cockerelli* (Johnson 1971, Lomeli-Flores y Bueno 2002, Rojas 2010), y presenta hábitos de alimentación sobre su huésped lo que aumenta el número de organismos que puede eliminar (Johnson 1971, Rojas 2010). En algunos lugares en México se han reportado niveles de parasitismo sobre el psílido de la papa de 12 hasta 85% (Lomeli-Flores y Bueno 2002, Bravo y López 2007), además recientemente *T. triozae* se importó a Nueva Zelanda, procedente de México, debido a las expectativas positivas que tiene sobre el control de *B. cockerelli*, y para comparar esta especie con una especie nativa de ese país (Workman y Whiteman 2009).

Es claro que el comportamiento de *T. triozae* puede modificarse por las condiciones ambientales, pues se ha demostrado que la temperatura influye en el desarrollo y comportamiento de muchas especies insectos, y también especies de la misma familia Eulophidae. Por ejemplo, el tiempo de desarrollo, la fecundidad y emergencia de *Quadrastichus haitiensis* (Gahan) se modificó al ser expuesto a diferentes temperaturas (Castillo *et al.* 2006). En el caso de *Tamarixia radiata* (Waterston), reproduciéndose sobre *Diaphorina citri* (Kuwayama), la exposición a diferentes temperaturas ocasionó, además de cambios en tiempo de desarrollo y la emergencia, diferentes niveles de parasitismo. Este tipo de información es útil para identificar el impacto que podría tener la temperatura sobre las poblaciones de parasitoides, y conocer los factores que favorecerán o perjudicarán la integración del control biológico en diferentes regiones (Gómez-Torres *et al.* 2012).

Debido a que no existe información relevante de los efectos de la temperatura sobre *T. triozae*, el objetivo de este trabajo fue determinar el

efecto de la temperatura sobre algunos parámetros biológicos como son: el ciclo de vida, el parasitismo, la alimentación sobre el huésped y la longevidad de las hembras. Además, se hicieron estudios para conocer los parámetros poblacionales del parasitoide para poder predecir el comportamiento de esta especie en diferentes condiciones ambientales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento de *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas

2.1.1Objetivos específicos

- Determinar el ciclo de vida de *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas y los grados día de desarrollo (GDD).
- Determinar la longevidad, oviposición y alimentación de *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas.
- Estimar los parámetros poblacionales de *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 *Bactericera cockerelli* (Sulc)

3.1.1. Biología de *B. cockerelli*

El ciclo de vida, la supervivencia, fecundidad, longevidad y otros parámetros biológicos se afectan por el ambiente donde se desarrollan los insectos. Abdullah (2007) reportó que el ciclo de vida de *B. cockerelli* fue de 34.7 días sobre jitomate, y este ciclo ha sido de 24 a 26 días sobre berenjena y chile (Yang y Liu 2009). La fecundidad de *B. cockerelli* fue de 403 huevos sobre plantas de chile en condiciones de laboratorio (Yang y Liu 2009), este valor fue similar a los 399 huevos sobre plantas de papa en condiciones de laboratorio (Yang *et al.* 2010). Este último autor demostró marcadas diferencias entre la fecundidad de laboratorio y campo; en la fecundidad de campo sólo se registraron 147.5 huevos, y señala que la disminución de la fecundidad se atribuyó a la disminución de la longevidad de las hembras adultas (Cuadro 1).

Además de modificaciones en la biología general, también hay registro del efecto de la temperatura sobre cambios en parámetros de *B. cockerelli* que ayudan a predecir el comportamiento de la población, por ejemplo el tiempo generacional (T), la tasa neta de reproducción (R_0), la tasa intrínseca de crecimiento, (r_m) la tasa finita de crecimiento natural (λ) y el doble tiempo generacional (DT) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Recopilación de parámetros biológicos de *Bactericera cockerelli* de diferentes fuentes.

Autor	Ciclo de vida	Fecundidad	Longevidad (d)	Condiciones de desarrollo¹
Yang <i>et al.</i> (2010)	22.4	147.5	17.4 ^H 16.5 ^M	Campo, sobre papa
Yang <i>et al.</i> (2010)	19.6	399.7	62.1 ^H 35.3 ^M	26.7±2°C, sobre papa
Yang y Liu (2009)	24.1	338.1	62.2 ^H 39.4 ^M	26.7±2°C, sobre berenjena
Yang y Liu (2009)	26.2	403.6	55.0 ^H 53.9 ^M	26.7±2°C, sobre pimiento
Abdullah (2007)	34.7	231.8	48.7 ^H 22.0 ^M	26-27°C, sobre tomates

^H=Hembra, ^M= Macho. ¹Los trabajos de Yang *et al.* (2010) y Yang y Liu (2009) se desarrollaron a 70±5% RH, y 14:10 (L:O); 60-70% HR, 12:12 (L: O) para el trabajo de Abdullah (2007).

Cuadro 2. Recopilación de parámetros poblacionales de *Bactericera cockerelli* en diferentes fuentes.¹

	Yang <i>et al.</i> (2010) Campo, sobre papa	Yang <i>et al.</i> (2010) 26.7 ±2°C, sobre papa	Yang y Liu (2009) 26.7 ±2°C, sobre berenjena	Yang y Liu (2009) 26.7 ±2°C, sobre chile pimiento
T	26.8	23.6	40.5	46.1
R₀	15.3	102.86	84.51	59
r_m	0.151	0.1966	0.1099	0.0874
Lambda	1.1069	1.2173	1.1161	1.0924
DT	6.8	3.5	6.3	7.8

Los trabajos de Yang *et al.* (2010) y Yang y Liu (2009) se desarrollaron a 70±5% RH, y para el trabajo de Abdullah (2007) a 14:10 (L:O); 60-70% HR, 12:12 (L: O).

Marín-Jarillo *et al.* (1995) calcularon las unidades calor para completar el desarrollo de *B. cockerelli* y reportaron 356 unidades calor; la temperatura umbral mínima de desarrollo para esta especie la establecieron en 7°C, también reportaron que 35°C fue desfavorable para el desarrollo de esta especie.

3.1.2. Plantas hospederas de *B. cockerelli*

Pletsch (1947) indicó que *B. cockerelli* puede encontrarse en especies de las familias Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Violaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Lycophyllaceae, Malvaceae, Menthaceae, Pianaceae, Poaceae, Polygonaceae, Rosaceae, Salicaceae, Scrophulariaceae, Zygophyllaceae. No obstante, la familia que destaca por su importancia económica es Solanaceae, en esta familia se encuentran la berenjena, chile, papa, tomate y jitomate que son afectadas por este insecto (Anónimo 2009, Yang y Liu 2009).

3.1.3 Daños causados por *B. cockerelli*

Se reportan dos daños causados por *B. cockerelli*; el directo que es provocado por la inyección de toxinas y extracción de savia de las plantas y el daño indirecto, que es el más importante, se refiere a ser vector de enfermedades (Garzón 2003, Crosslin y Muryaneza 2009). La papa (*Solanum tuberosum* L.) y el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) son los cultivos más afectados por la plaga y por la enfermedad que ésta transmite (Secor y Rivera-Varas 2004, Muryaneza *et al.* 2007, Garzón-Tiznado *et al.* 2009). En el cultivo de la papa la enfermedad es conocida como zebra chip (ZC), recibe este nombre porque el tubérculo al ser freído adquiere una coloración de blanco y negro, y se afecta el sabor y la imagen de la hojuela (Secor y Rivera-Varas 2004, Muryaneza *et al.* 2007). El daño puede ser tan severo que incluso ocasiona el abandono de los cultivos (Muryaneza *et al.* 2007). En el tomate (*Solanum lycopersicum*) también se ha detectado que *B. cockerelli* transmite una enfermedad de tipo bacteriano conocida como “permanente del tomate”, los síntomas son: enrollamiento de las hojas hasta la marchitez (Garzón-Tiznado 2009). Se reportaron pérdidas de hasta un 80% en tomate fresco en Baja California y 50% en California por el efecto de *B. cockerelli* y de la enfermedad que transmite (Liu y Trumble 2006).

3.2. Eulophidae

Algunas de las características importantes de esta familia son la presencia de 4 segmentos tarsales; vena marginal larga, extendida hasta la mitad de la longitud del ala anterior. El tamaño de los especímenes de la familia varía de 0.5 a 0.6 mm y la mayoría se encuentra entre 1 y 2 mm (Schauff *et al.* 2006). Los eulófidos suelen ser ectoparasitoides idiobiontes, normalmente parasitoides primarios, cuyos huéspedes son casi siempre larvas maduras o pupas de insectos holometábolos. También las hembras adultas presentan hábitos de matar a su huésped al pinchar el tegumento y extraer hemolinfa para alimentarse (Clausen 1940).

3.2.1. Biología de *Tamarixia triozae* (Burks)

Rojas (2010) describió que *Tamarixia triozae* coloca huevos de forma himenopteriforme y presentan una capa mucilaginosa a su alrededor. Los huevos se colocan principalmente en la parte ventral, entre los segmentos de las patas de ninfas de cuarto y quinto instar. En condiciones controladas ($26\pm 1^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ HR y 14:10 h (L:O)), el ciclo de vida es alrededor de 12 días con una sobrevivencia de 92.6%. De acuerdo con Rojas (2010), el promedio de huevos colocados por hembra es de 165.4 con un rango de 98 a 279 y una proporción sexual de 0.86 machos por hembra. Según la misma autora los parámetros poblacionales calculados para *Tamarixia triozae* fueron tasa neta de reproducción (R_0) de 130.90, tasa intrínseca de incremento (r_m) de 0.26, la tasa finita de incremento (λ) de 1.30 y el tiempo generacional de 18.75 días.

El parasitoide presenta hábitos de alimentarse sobre su huésped (Rojas 2010), esto sucede al momento de pinchar el tegumento de las ninfas con su ovipositor en repetidas ocasiones y moverlo en forma circular dentro del tegumento para extraer hemolinfa que sirve de alimento (Vega-Chávez 2010). Este comportamiento en otras especies de parasitoides se debe a

las necesidades principalmente de proteínas para la producción de huevos, mantenimiento somático y la prolongación de vida (Jervis y Kidd 1986, Giron *et al.* 2004). *T. triozae* se ha reportado como un ectoparasitoide sinovigénico por su comportamiento de preoviposición, oviposición y alimentación sobre el huésped (Rojas 2010).

3.2.2. Distribución geográfica de *T. triozae*

La distribución de este parasitoide se ha reportado en EE.UU. (Pletsch 1947, Jensen 1957, Johnson 1971, La Salle 1993, Butler y Trumble 2012) y en México (Lomeli-Flores y Bueno 2002, Bravo y López 2007, Rojas 2010). En Nueva Zelanda se describe que existe una especie de *Tamarixia* nativa que también parasita ninfas de *B. cockerelli* (Workman y Whiteman 2009).

3.3. Efecto de la temperatura en los insectos

La tasa de desarrollo de los insectos no es constante, está influenciada principalmente por la temperatura. La temperatura puede además influenciar otras características biológicas por ejemplo: tasa de oviposición, desplazamiento y comportamiento en general. Es interesante indicar que ese efecto de la temperatura no es exactamente igual en cada individuo, pero además puede variar entre individuos de la misma especie dependiendo de la edad o estado de desarrollo.

En el caso de los insectos es posible calcular la velocidad o tasa de desarrollo mediante la fórmula $D=1/T$, donde D es la tasa de desarrollo y T es el tiempo en días para que un insecto complete su ciclo biológico, o una parte de este (huevo, larva, pupa). Esta tasa de desarrollo cambia linealmente conforme al cambio de temperatura dentro de un rango que varía para cada especie, y va de una temperatura inferior a una superior. Fuera de este rango de temperaturas los individuos tienden a morir o a

detener su desarrollo (Vera *et al.* 2002). Para el caso de *T. triozae* no existe estudios que aborden este tema.

3.4. Parámetros poblacionales

Los parámetros poblacionales sirven para estudiar la dinámica de poblaciones de animales. Estos parámetros son el tiempo generacional (T), la tasa intrínseca de crecimiento (r_m), la tasa neta de reproducción (R_0), la tasa finita de crecimiento natural (λ) y el doble tiempo generacional (DT). Con estos parámetros se tiene una imagen clara, y resumida, del potencial de cada especie en determinadas condiciones, y se facilita la comparación y comprensión del comportamiento de las poblaciones en la naturaleza (Maia *et al.* 2000).

Se han realizado varios trabajos para comparar tablas de vida y fecundidad en *B. cockerelli*, lo que ha permitido evaluar el efecto de algún o algunos factores de interés en cada investigación (Yang *et al.* 2009, 2010) Rojas (2010) investigó por primera vez los parámetros poblacionales de *Tamarixia triozae* para conocer el comportamiento de este parasitoide. Gómez-Torres *et al.* (2012) también estudio algunos parámetros poblacionales de *Tamarixia radiata* a diferentes temperaturas, para identificar el impacto que se esperaría sobre la población plaga (*Diaphorina citri*). El trabajo de estos autores puede ser la base para mejorar la cría masiva de estos parasitoides. De manera elemental, ese es uno de los principales usos de los parámetros poblacionales en poblaciones de insectos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Producción de planta de jitomate

Se utilizaron plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad “Rio Grande” para la realización de los experimentos. Estas plantas fueron sembradas en charolas de unicel con sustrato inerte (peat moss) para su germinación, se espero hasta que la planta midiera más de 10 cm para trasplantarla a macetas de plástico y permitir su desarrollo. Se regaron diariamente con solución nutritiva y no se usaron insecticidas y/o fungicidas durante su desarrollo.

Las plantas se introdujeron en jaulas cubiertas de organza (90 × 90 × 95cm) para evitar la colonización de insectos indeseables. La producción de las plantas se realizó en condiciones de invernadero, y se mantuvo una producción constante para mantener a las crías de insectos.

4.2. Cría de *Bactericera cockerelli*

Se estableció una cría de *B. cockerelli* en invernaderos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, con material que se mantenía desde 2010 sobre plantas de jitomate. Los adultos se confinaron dentro de jaulas entomológicas (90×90×95 cm) que se construyeron con tela de organza y madera. En las jaulas se colocaron plantas de tomate de 30 cm de altura, éstas sirvieron de alimento y sustrato para la oviposición. Después de dos semanas se retiraban los adultos y se permitía el desarrollo del insecto para incrementar la población y obtener material biológico de manera continua para experimentos sucesivos.

4.3. Cría de *Tamarixia triozae*

Los parasitoides se obtuvieron de una cría establecida desde el 2010 en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, sobre ninfas de *B. cockerelli* de acuerdo a la metodología descrita por Luna-Cruz *et al.* (2011). En este caso se utilizaron 80 adultos del parasitoide por cada planta infestada con ninfas de tercer y cuarto ínstar de *B. cockerelli* dentro de las jaulas entomológicas. Después de 12-15 días se retiraban las hojas que contenían ninfas que presentaban color cobrizo, y la adhesión del cuerpo a la hoja, debido a que estos son los síntomas típicos de parasitismo. La hojas se colocaban en jaulas de emergencia de acrílico (30×40×30 cm) con orificios cubiertos de organza que permitían ventilación. Para controlar la edad de los adultos de *T. triozae* se realizaba la aspiración de los adultos diariamente, y se retiraban de las jaulas para colocarlos en viales que contenían pequeñas gotas miel, sobre las paredes, que sirvieron de alimento.

4.4. Ciclo de vida de *T. triozae* a diferentes temperaturas

Para realizar este experimento se utilizaron ninfas de cuarto y quinto ínstar de *B. cockerelli* con menos de cinco horas de haber sido parasitadas por *T. triozae* a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Las ninfas parasitadas se colocaron, usando un pincel de pelo de camello triple cero, sobre el haz de un foliolo de una planta de jitomate de 12-15 cm de altura. Las ninfas parasitadas y plantas de tomate, que se mantuvieron siempre en sustrato húmedo en recipientes de 250 mL, se llevaron a incubar en cámaras climáticas (SHEL LAB®, Modelo No. LI15) a 10, 15, 20, 25, 30 y $35\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ HR y fotoperiodo 12:12 L:O. Cada temperatura representó un tratamiento y se colocaron al menos 10 ninfas parasitadas por cada temperatura. Para determinar el número de días que tardó el ciclo de vida se realizaron observaciones a las 9:00, 14:00 y 19:00 horas diariamente. En observaciones previas se determinó alto porcentaje de mortalidad cuando se manejaban las ninfas

parasitadas, o modificación negativa del tiempo de desarrollo del parasitoide, por esta razón se decidió presentar sólo la duración total del ciclo de vida; además, sólo se presentaron los datos de individuos que alcanzaron a desarrollarse hasta adultos.

4.5. Longevidad, fecundidad y alimentación de las hembras de *T. triozae* a diferentes temperaturas

Para evaluar comportamiento a las diferentes temperaturas se utilizó como unidad experimental una pareja de *T. triozae* de menos de 24 h de edad. A cada pareja se le proporcionaban diariamente 25 ninfas de cuarto y quinto instar colocadas sobre un disco de hoja de tomate dentro de cajas Petri. Para mantener en buenas condiciones el disco de hoja, debajo de éste se colocó un disco de papel filtro húmedo. Las cajas Petri tenían tres orificios de 0.5 cm de diámetro en los lados cubiertos de malla lo que permitía ventilación.

Para el establecimiento de los experimentos se comenzaba siempre con 10 parejas de parasitoides, en sus cajas de Petri individuales, cada grupo se colocaba a una temperatura en las cámaras bioclimáticas a 10, 15, 20, 25, 30 y $35 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ HR y fotoperiodo 12:12 L:O. El experimento completo se repitió dos veces en el tiempo. Cuando se iniciaba una serie de experimentos se ofrecían las 25 ninfas de *B. cockerelli* a cada hembra y se realizaban cambios de huésped cada 24 h durante toda su vida, en caso que el macho muriera era sustituido por otro proveniente de la cría. Cuando una hembra no colocaba huevos en los primeros cinco días de vida se sustituyó por otra. Diariamente, bajo un microscopio estereoscópico, se contaba el número de huevos del parasitoide en cada ninfa, y también el número de ninfas muertas por alimentación. Esta actividad se facilitó porque el parasitoide deja daños marcados sobre el integumento de las ninfas sobre las que se alimentó.

4.6. Análisis de datos

En el caso de ciclo de vida, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), en caso de detectar diferencias entre tratamiento se realizó comparación de medias por la diferencia mínima significativa LSD ($P < 0.05$). Estos datos se graficaron y se obtuvo una regresión logarítmica que sirvió para entender la asociación entre el ciclo de vida y la temperatura. Con estos datos también se logró determinar los grados días de desarrollo (GDD) utilizando el método descrito por Vera *et al.* (2002) y la Universidad de California (UC Davis). En este método se indica que el número de días de huevo a adulto, en cada temperatura, se convierta a tasa de desarrollo ($1/\text{Días de desarrollo}$). Se realizó un ANOVA para determinar diferencias entre las tasas de desarrollo y, en caso de ser necesario, una separación de medias LSD. Posteriormente se graficaron las tasas de desarrollo, se obtuvo una regresión lineal y la ecuación de la misma ($Y=a+bx$) con el valor de “ R^2 ”. Con el valor de “ b ” (pendiente) se determinaron las unidades calor con la fórmula $K=1/b$. Para determinar el umbral de temperatura inferior (UTI) se utilizaron los valores de “ a ” (intercepto al origen) y el valor de “ b ” (pendiente) de la ecuación para desarrollar la fórmula $UTI=-(a-)/b$. Los datos se obtuvieron con el programa Microsoft Excel 2007.

Los datos de fecundidad, alimentación sobre el huésped y longevidad de las hembras de *T. triozae* se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA), en caso de detectar diferencias entre temperaturas se realizó comparación de medias por diferencia mínima significativa LSD ($P < 0.05$). Con estos datos se calcularon los parámetros poblacionales con ayuda del programa Lifetable.sas (Maia *et al.* 2000), para determinar diferencias entre las medias de estos parámetros los valores se compararon con t-student de dos colas ($P \leq 0.05$) (Statistical Analysis System versión 9.0.).

5. RESULTADOS

5.1. Ciclo de vida de *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas

La duración del ciclo de vida de *T. triozae* disminuyó conforme la temperatura se incrementó. Sin embargo, bajo las condiciones que se realizó este trabajo a 35°C ningún individuo logró completar el desarrollo. Dentro del rango de temperaturas de 10 a 30°C se encontraron diferencias significativas en el tiempo de desarrollo de esta especie ($F= 2857.13$, g.l. 4, 51, $P < 0.0001$). El tiempo de desarrollo más largo sucedió a 10°C, 41.6 ± 0.37 d, mientras el menor tiempo se registró a 30°C con 9.95 ± 0.92 d. A excepción de 15°C, la variación entre la duración del ciclo, los máximos y mínimos, de cada temperatura no fue mayor de 24 h (Cuadro 3). La supervivencia más baja se registró a 10°C con el 50%; a 15°C se incrementó a 90%, y en el resto de temperaturas la supervivencia fue mayor al 85% (Cuadro 3). Los datos del tiempo de desarrollo se ajustaron ($R^2=0.99$) a la ecuación de regresión logarítmica $y= 29.74 \ln(x) + 108.12$ (Figura 1).

Cuadro 3. Ciclo de vida en días de *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ HR y fotoperiodo 12:12 L:O).

Temperatura	n	Supervivencia	(Media \pm DS) ²	Máximo	Mínimo
10°C	18	0.5	41.6 ± 0.37 a	42.19	41.25
15°C	10	0.9	26.7 ± 1.37 b	28.77	25.31
20°C	10	1.0	16.5 ± 0.55 c	17.63	16.04
25°C	16	0.89	11.1 ± 0.50 d	12.10	10.38
30°C	14	0.86	9.95 ± 0.92 e	11.98	8.69
35°C ¹	12	0	--	--	--

¹Se observó alrededor de 80% de eclosión de huevos pero ninguna larva logró pupar.

²Valores marcados con la misma letra no son significativamente diferentes, LSD ($P=0.05$).

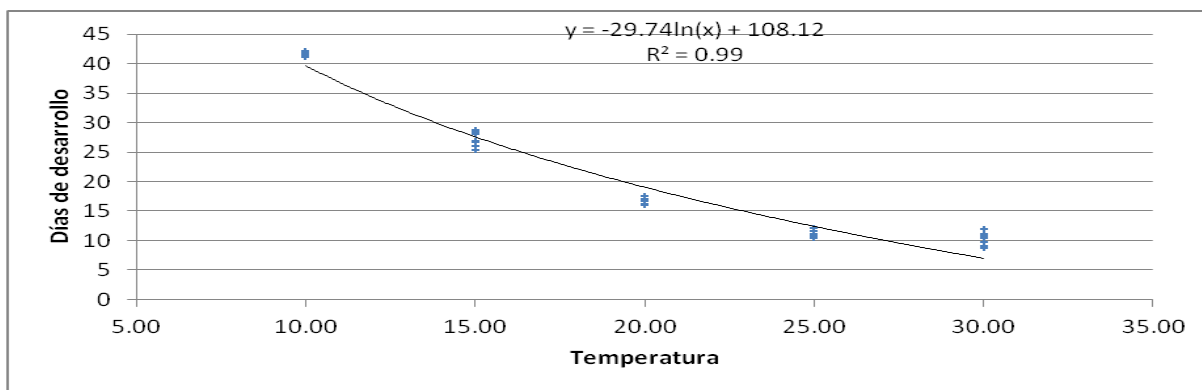


Figura 1. Ciclo de vida de *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas ($\pm 1^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ HR y fotoperiodo 12:12) con regresión logarítmica.

5.1.1. Cálculo de grados días de desarrollo (GDD)

Los resultados mostraron que la tasa de desarrollo de *T. triozae* incrementó conforme aumentó la temperatura. Sin embargo, a 35°C no se registró emergencia de adultos por lo que se establece que para este trabajo el umbral de temperatura superior fue de 35°C . No obstante, se requiere investigar temperaturas entre 30 y 35°C para precisar este umbral.

Las tasas de desarrollo de *T. triozae*, en el rango de 10 a 30°C que se evaluaron en este trabajo, mostraron diferencias entre sí ($F=515$, g.l. 4, 51, $P<0.0001$). La tasa menor de desarrollo se registró a 10°C con 0.024 y la mayor fue a los 30°C con 0.1005 (Cuadro 4). Al graficar estos valores se obtuvo un coeficiente de correlación de $R^2=0.9792$, lo cual sugirió un excelente grado de asociación entre la tasa de desarrollo y las temperaturas. La ecuación de la regresión que se obtuvo fue $y=0.0041x-0.0197$, donde el intercepto al origen (valor de “a”) corresponde a 0.0197 y el valor de la pendiente (valor de “b”) fue de 0.0041 (Figura 2).

Cuadro 4. Tasa de desarrollo del parasitoide *Tamarixia triozae* sobre el psílido de la papa a diferentes temperaturas ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ HR y fotoperiodo 12:12 L:O).

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	Tasa de desarrollo ²	n
10	0.0240a	18
15	0.0375b	10
20	0.0606c	10
25	0.0901d	16
30	0.1005e	14
35 ¹	0.0000	12

¹Se observó alrededor de 80% de eclosión de huevos pero ninguna larva logró pupar.

²Valores con la misma letra no son significativamente diferentes (LSD $P=0.05$).

Al sustituir los valores para obtener los GDD que requirió *T. triozae* para completar su desarrollo se obtuvo $\text{GDD}=1/0.0041$ entonces, $\text{GDD}=243.9$. Esto indica que fueron necesarias 243.9 unidades calor (UC) para completar su ciclo de vida. Para *T. triozae* el umbral térmico inferior (UTI) fue $\text{UTI}=-(-0.0197)/0.0041$, entonces $\text{UTI}= 4.8^\circ\text{C}$. De acuerdo con estas estimaciones la tasa de desarrollo a 4.8°C sería igual a cero (Figura 2).

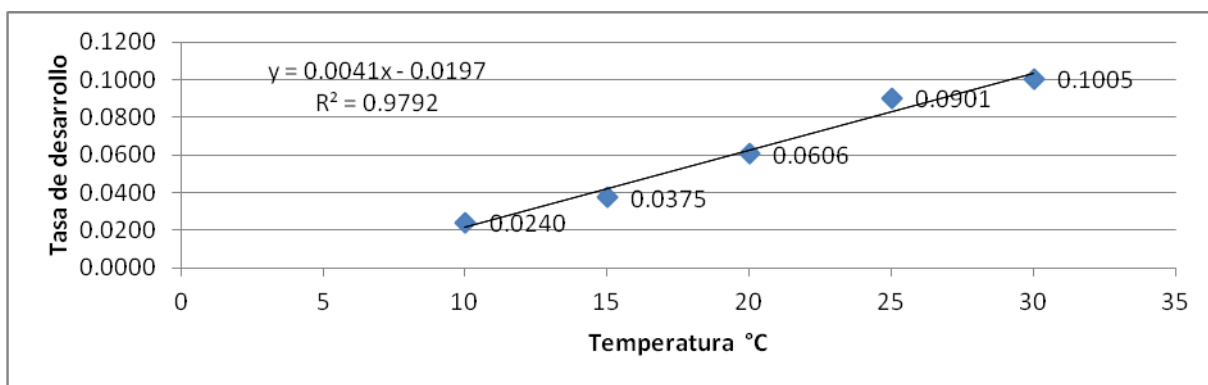


Figura 2. Tasas de desarrollo (1/d) a diferentes temperaturas con regresión lineal.

5.2. Fecundidad, alimentación y longevidad de los adultos de *T. triozae* a diferentes temperaturas

Para describir el comportamiento de *T. triozae* se utilizaron hembras que mostraron oviposición y/o alimentación sobre el huésped en los primeros cinco días de vida. En el caso de 10°C las hembras no se alimentaron ni colocaron huevos en este periodo, ni tampoco en un periodo de 28 días, por esto se decidió no incluir a esta temperatura para la descripción del comportamiento. A esta temperatura las hembras de *T. triozae* sólo mostraron movimiento si se estimulaban agitando la caja Petri donde se encontraban.

La temperatura influyó significativamente en la fecundidad de *T. triozae* ($F=13.47$, g.l.4, 56, $P<0.0001$); la fecundidad total disminuyó a temperaturas elevadas (30 y 35°C), de hecho a 35°C se inhibió (1.27 huevos totales) y a 30°C disminuyó (48.33 huevos totales) alrededor de dos terceras partes del resto de temperaturas (Cuadro 2). El mayor número de huevos totales por hembra (185.3, 172.64 y 135.56) se obtuvo en el rango de temperaturas de 15, 20, y 25°C sin diferencias entre ellas (Cuadro 4). Cuando se obtuvo la proporción de huevos por hembra por día también se encontraron diferencias significativas entre temperaturas ($F=26.14$, g.l. 4, 1274 $P<0.0001$). En este caso el mayor número de huevos por hembra por día, 6.36, se expresó a 20°C, y le siguieron sin diferencia entre las temperaturas de 15, 25 y 30°C (Cuadro 5).

Cuadro 5. Fecundidad de *Tamarixia triozae*, sobre ninfas de *B. cockerelli*, a diferentes temperaturas ($\pm 1^\circ\text{C}$, 70 \pm 10% H.R y fotoperiodo 12:12 L:O).

Temperaturas	n	Media \pm DS ¹	Max.	Mín.	Huevos/hembra/día \pm DS ¹
15°C	11	172.64 \pm 124.64 a	421	22	4.31 \pm 3.68 b
20°C	10	185.30 \pm 101.02 a	310	47	6.36 \pm 4.40 a
25°C	16	135.56 \pm 73.79 a	333	49	5.14 \pm 4.03 b
30°C	9	48.33 \pm 21.17 b	84	27	5.24 \pm 4.13 b
35°C	15	1.27 \pm 2.37 b	8	0	0.44 \pm 1.09 c

¹En cada columna valores marcados con la misma letra no son significativamente diferentes, LSD (P=0.05)

La alimentación de las hembras de *T. triozae* sobre el huésped también estuvo influenciada por la temperatura, y se encontraron diferencias entre tratamientos (F=16.85, g.l.4, 56, P<0.0001). El número de ninfas muertas por alimentación disminuyó a temperaturas elevadas (30 y 35°C), de hecho a 35°C se inhibió (1.20) y a 30°C sólo se consumieron 24.40±8.96 ninfas. Por otro lado, el mayor número de ninfas muertas por alimentación, 100, 89.2 y 75.45 individuos por hembra, se registró a 25, 20 y 15°C, respectivamente. Dentro de los rangos el número máximo de ninfas muertas por alimentación fue de 248 y se logró en una hembra a 25°C (Cuadro 6). Al realizar la proporción de ninfas muertas por hembra por día también se detectaron diferencias entre temperaturas (F= 52.6, g.l. 4,1274 P<0.0001). El mayor número de ninfas muertas por hembra por día, 3.79±2.78, se reportó a los 25°C y el menor, 0.41±0.79, sucedió a 35°C. Esta relación negativa está relacionada, obviamente, con sobrevivencia limitada de los insectos a 35°C (Cuadro 6).

Cuadro 6. Ninfas de *Bactericera cockerelli* muertas por acción de alimentación del parasitoide *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas (±1°C, 70±10% H.R y fotoperiodo 12:12 L:O).

Temperaturas	n	Media ± DS	Máximo	Mínimo	Ash ¹ /hembra/ día ± DS
15°C	11	75.45±43.13 a	154	14	1.88±1.47 c
20°C	10	89.20±50.29 a	158	26	3.06±2.26 b
25°C	16	100.00±52.21 a	248	30	3.79±2.78 a
30°C	9	24.40±8.96 b	36	10	2.65±2.02 b
35°C	15	1.20±1.61 b	6	0	0.41±0.79 d

¹Ash= Alimentación sobre el huésped 2.65±2.02 b

El tiempo que sobrevivieron las hembras de *T. triozae*, en condiciones de oviposición y alimentación, estuvo influenciado por la temperatura (F=26.1, g.l. 4, 56, P<0.0001). Al igual que ciclo de vida se presentó una tendencia a disminuir el tiempo de vida conforme se incrementó la

temperatura. A 30 y 35°C se presentaron los menores valores, con 9.22 ± 2.22 y 2.86 ± 1.35 d, y el valor más grande, 40.09 ± 17.21 d, se presentó a 15°C, a 20 y 25°C se presentaron valores intermedios (Cuadro 7, Figura 3).

Cuadro 7. Longevidad de hembras de *Tamarixia triozae* en condiciones de oviposición y alimentación sobre el huésped a diferentes temperaturas ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ H.R y fotoperiodo 12:12 L:O).

Temperaturas	n	Media \pm DS ¹	Máximo	Mínimo
15°C	11	40.09 ± 17.21 a	76	18
20°C	10	29.10 ± 11.48 b	44	15
25°C	16	26.38 ± 11.11 b	52	14
30°C	9	9.22 ± 2.22 c	13	7
35°C	15	2.86 ± 1.35 c	5	1

¹Valores con la misma letra no son significativamente diferentes, LSD (P=0.05)

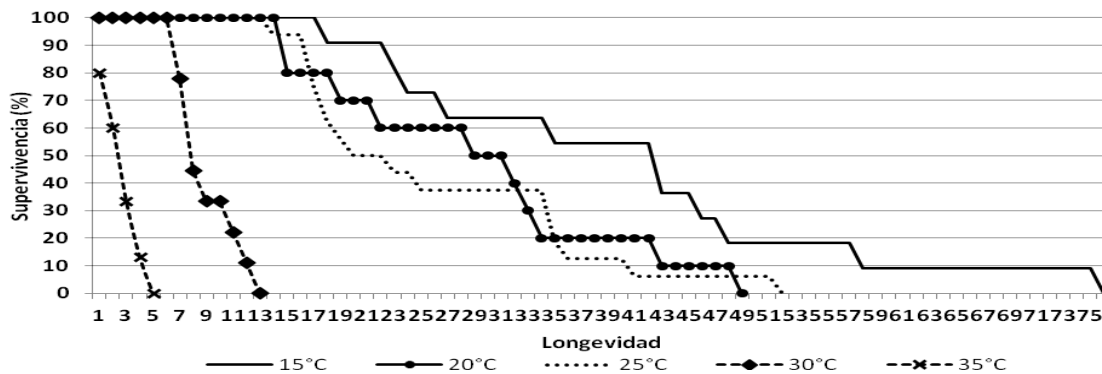
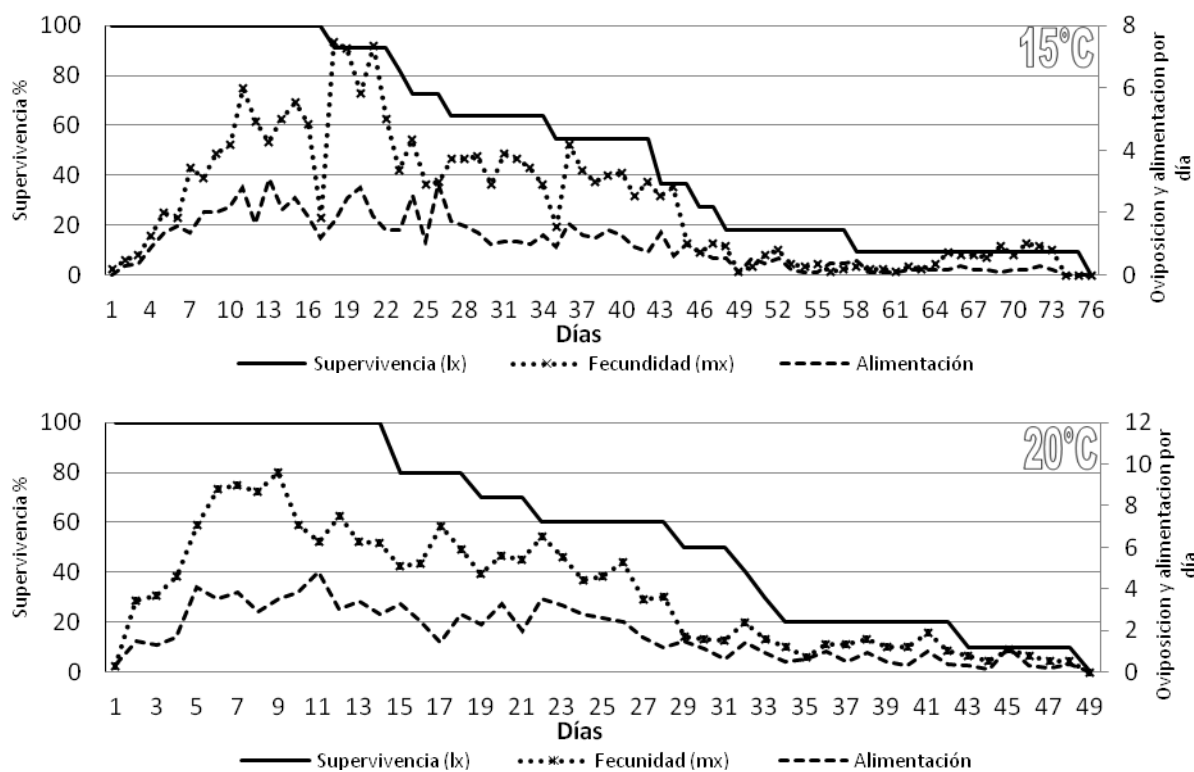


Figura 3. Supervivencia de hembras de *Tamarixia triozae* en condiciones de oviposición y alimentación a diferentes temperaturas.

El comportamiento de las hembras de *T. triozae* en las diferentes temperaturas fue similar entre ellas; se observó un incremento en la fecundidad hasta llegar a un pico máximo, posteriormente la fecundidad se redujo y se mantuvo con poca variabilidad hasta la muerte del último individuo en cada temperatura. Los mayores picos de fecundidad se observaron en el noveno y quinto día a 20 y 30°C con 9.5 y 9.6 huevos por

día por hembra, respectivamente, posteriormente se encontró que el decimo día la temperatura de 25°C alcanzó su pico máximo de fecundidad con 8.25 huevos por día por hembra. Las hembras a 15° tardaron más en alcanzar su pico máximo de fecundidad, hasta el día 22 con 7.45 huevos colocados en promedio. En la temperatura de 35°C, por registrar la supervivencia no mayor a 5 días y mostrar una mortalidad de forma descendente, no se registraron datos de interés ya que su pico máximo de fecundidad no fue superior a uno (Figura 4).

La alimentación sobre el huésped mostró cierta tendencia de comportamiento similar a la de oviposición pero en menor escala (Figura 4), sólo en la temperatura de 35°C no se observó esa tendencia.



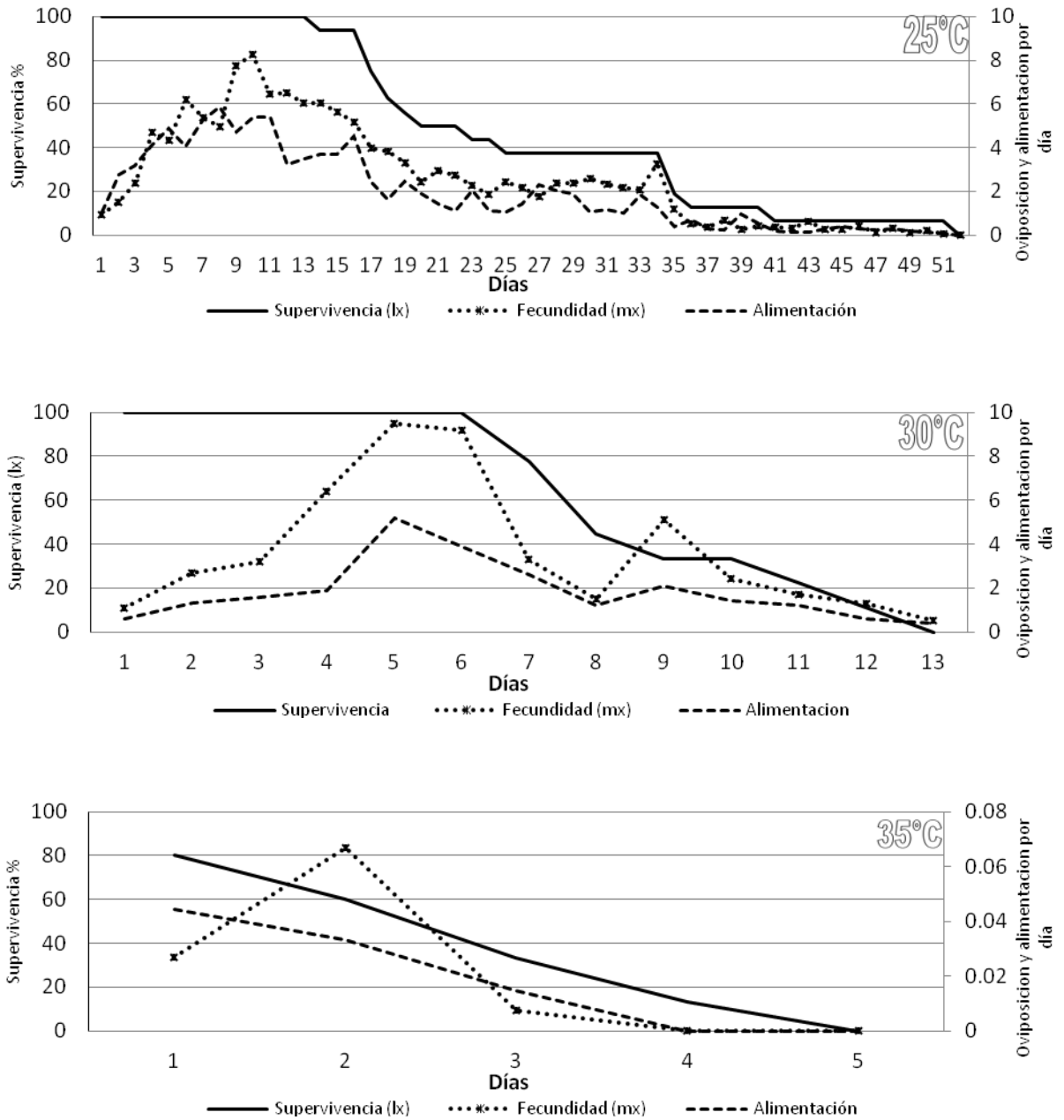


Figura 4. Comportamiento de longevidad, fecundidad y alimentación sobre el huésped de *Tamarixia triozae* sobre *Bactericera cockerelli* a diferentes temperaturas ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ H.R., fotoperiodo 12:12 L: O).

5.3. Parámetros poblacionales

Los parámetros poblacionales a 35°C no se reportaron en este trabajo porque no se logró supervivencia en el experimento de ciclo de vida. El tiempo generacional (T) fue mayor a 15°C , 33.90 días, y menor a 30°C ,

16.84 días. Las tasas netas de reproducción (R_0) a 15, 20 y 25°C no presentaron diferencias entre sí pero fueron superiores que 30°C. La tasa intrínseca de crecimiento (r_m) fue menor a 15°C y mayor a 30°C con 0.144 y 0.212, respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Parámetros poblaciones de *Tamarixia triozae* a diferentes temperaturas ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ H.R., fotoperiodo 12:12 L:O).

T°C	T (días)	R_0	r_m	λ	DT
15	44.49 \pm 2.96 a	132.55 \pm 29.07 a	0.11 \pm 0.01 c	1.12 \pm 0.01 c	6.28 \pm 0.29 a
20	28.08 \pm 1.63 b	157.50 \pm 27.15 a	0.18 \pm 0.01 b	1.20 \pm 0.01 b	3.83 \pm 0.22 b
25	23.11 \pm 1.46 c	102.53 \pm 13.96 a	0.20 \pm 0.01 b	1.22 \pm 0.01 b	3.46 \pm 0.14 b
30	13.47 \pm 0.55 d	35.33 \pm 5.16 b	0.26 \pm 0.01 a	1.30 \pm 0.01 a	2.61 \pm 0.07 c

T: Tiempo generacional, R_0 : tasa neta de reproducción; r_m : tasa intrínseca de crecimiento; λ : tasa finita de crecimiento natural. DT: doble tiempo generacional. Valores marcados con la misma letra no son significativamente diferentes según la prueba de t de student de dos colas.

6. DISCUSIÓN

Tamarixia triozae es un parasitoide nativo de *B. cockerelli* y ambos se registraron originalmente de América del norte en EE.UU. (Sulc 1909, Pletsch 1947, Jensen 1957) y México (Pletsch 1947, Lomeli-Flores y Bueno 2002). A pesar de que se ha reportado información básica sobre la biología de este parasitoide (Pletsch 1947, Johnson 1971, Rojas 2010), no existe información relevante de los efectos de la temperatura sobre *T. triozae*, esta información puede considerarse básica para establecer el potencial de *T. triozae* como agente de control biológico de *B. cockerelli* en algunas regiones donde el clima favorezca la manifestación de su potencial biológico.

Uno de los criterios para considerar a los enemigos naturales como potenciales agentes de control biológico es la adaptación climática, particularmente la temperatura (van Lenteren *et al.* 1986, Van Driesche *et al.* 2007). En general las temperaturas alrededor de 25°C son las más empleadas para estudios de biología básica de muchas especies de insectos y en Eulophidae no es la excepción. En este trabajo *T. triozae* obtuvo una duración del ciclo de vida de 11.1 d, tiempo similar al que reportó Rojas (2010) para la misma especie a 26°C (11.97 d). El ciclo de vida también fue similar al que reportaron Gómez-Torres *et al.* (2012) y Chu y Chien (1991) para la especie hermana *Tamarixia radiata*, 12.55 d y 11.6 d, ambos a 25°C.

Tamarixia triozae logró completar favorablemente su ciclo de vida a 15, 20, 25, y 30±1°C. A diferencia de otros eulófidos, por ejemplo *Quadrastichus haitiensis*, *Pediobius furvus* (Gahan) y *Aprostocetus vaquitarum* (Wolcott), los cuáles no se lograron desarrollar a 15°C (Duale 2005, Castillo *et al.* 2006, Ulmer *et al.* 2006), *T. triozae* logró desarrollarse a 15°C. El tiempo de

desarrollo a esta temperatura fue de 26.7 d, lo cual fue similar a la especie *Diglyphus isaea* (Walker) (26.7 d) a la misma temperatura y también fueron parecidos para completar el ciclo de vida en 20, 25 y 30°C (Bazzocchi *et al.* 2002). Es probable que este rango de temperaturas esté relacionado con las condiciones donde los insectos se adaptaron para explotar a sus huéspedes (Howe 1967), y que ambas especies de parasitoides toleren temperaturas más bajas que otras especies de eulófidios. En el caso de *T. triozae* se estimaron 243.9 unidades calor para completar el desarrollo, información que necesita corroborarse con ensayos biológicos en campo. Por otro lado *B. cockerelli* necesita de 356 unidades calor con una temperatura base de 7°C (Marin-Jarillo *et al.* 1995). Estos datos confirman la posibilidad de que se desarrolle mayor número de generaciones del parasitoide en un tiempo considerablemente menor que la plaga de interés, y que esto represente ventajas demográficas para el parasitoide.

En el caso de *T. triozae* se puede considerar que su huésped natural, *B. cockerelli*, se desarrolla en condiciones variadas pero las temperaturas medias de zonas importantes donde se cultiva los hospederos del psílido donde se comenzaron a observar problemas serios con esta plaga en EE.UU. y México (papa y tomate), fluctúan entre los 13 y 26°C. Consecuentemente *T. triozae* parece haberse adaptado a estas condiciones porque se ha identificado parasitismo de manera natural en esas regiones (Pletsch 1947, Jensen 1957, Lomeli-Flores y Bueno 2002).

El parasitismo natural de *T. triozae* sobre *B. cokerelli* en EE.UU. no rebasa el 20% (Pletsch 1947, Butler y Trumble 2012); por otro lado, en México se han registrado niveles de parasitismo natural de hasta el 80% en cultivos de chile en Oaxaca, México, donde las aplicaciones de insecticidas fueron reducidas (Bravo y López 2007) y la temperatura media oscila alrededor de

los 20°C (CONAGUA, 2013). Es probable que la diferencia en parasitismo natural esté influenciada por el manejo, el hospedero, el uso de insecticidas, y adicionalmente por la adaptabilidad y desarrollo de *T. triozae* a determinadas condiciones ambientales. Hasta ahora sólo se han realizado trabajos formales con la colonia de insectos provenientes del Colegio de Postgraduados, pero debido a que se ha registrado parasitismo natural desde la parte norte de EE.UU. hasta algunos lugares cálidos en el centro de México, pareciera que hay necesidad de estudios para aclarar si existe tolerancia térmica diferencial dependiendo del origen de los parasitoides (Howe 1967), y si esa situación tiene alguna relación con grados de parasitismo natural en regiones contrastantes de clima como el norte de EE.UU. (Pletsch 1947, Johnson 1971), o las regiones más cálidas del centro y sur de México (Lomeli-Flores y Bueno 2002, Bravo y López 2007).

Es conocido que las hembras de varios eulófidios se alimentan de su huésped para obtener proteína y producir huevos (Clausen 1940, Jervis and Kidd 1986). Esta característica está bien establecida en *T. triozae* (Pletsch 1947, Johnson 1971, Rojas 2010) y se debe considerar uno de sus atributos importantes porque esta actividad tiene un efecto directo de control sobre la plaga de interés. Como se indicó *T. triozae* tuvo adaptación a los rangos de temperatura de 15, 20, 25, y 30°C; no obstante, el mayor número de huéspedes muertos por alimentación sucedió en el rango de las primeras tres temperaturas. A 30 ±1°C la longevidad de las hembras disminuyó y su capacidad de alimentación sobre el huésped no se manifestó completamente (Cuadro 6).

La tasa intrínseca de incremento natural (r_m) es uno de los parámetros que ayudan a comparar los crecimientos poblacionales de diferentes poblaciones animales (Birch 1948, Southwood y Henderson 2000). Este parámetro es uno de los más utilizados porque combina el efecto del

tiempo de desarrollo de huevo a madurez reproductiva, la supervivencia, la fecundidad y la proporción sexual; en términos ecológicos la tasa intrínseca de incremento es la relación de la tasa neta reproductiva y el tiempo de generación (Birch 1948). La r_m y prácticamente todos los parámetros poblacionales fueron favorables para *T. triozae* aún a temperaturas menores que las registradas para un estudio de *B. cockerelli* sobre hospederos de chile y berenjena (Cuadro 9).

Cuadro 9. Parámetros poblacionales de *Tamarixia triozae* ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ H.R., fotoperiodo 12:12 L:O) y *Bactericera cockerelli* criado en dos plantas hospederas.

Parámetro	<i>T. triozae</i> desarrollado sobre <i>B. cockerelli</i> en tomate				<i>B. cockerelli</i> $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ H.R., fotoperiodo 12:12 L:O	
	15°C	20°C	25°C	30°C	Berenjena	Pimiento
Tasa neta de reproducción (R_0)	132.55	157.50	102.53	35.33	84.51	59.0
Tasa intrínseca de crecimiento (r_m)	0.11	0.18	0.20	0.26	0.1099	0.0884
Tiempo generacional (T), d	44.49	28.08	23.11	13.47	40.4	46.1
Doble tiempo generacional ($\ln 2 / r_m$) d	6.28	3.83	3.46	2.61	6.3	7.8
Tasa finita de crecimiento (λ) d	1.12	1.20	1.22	1.30	1.12	1.09

Los datos de *B. cockerelli* fueron tomados de Yang and Liu (2009); en ambos casos se utilizó el programa SAS Life.table descrito por Maia *et al.* (2000).

A pesar de que el valor de r_m (0.26) para *T. triozae* fue superior a 30°C (Cuadro 9), este parámetro no puede ser el único para determinar el potencial de esta especie. Pareciera que su potencial como agente de control biológico se manifestó mejor en el rango de 20 y 25°C con r_m de 0.18 y 0.20, respectivamente, pero con más de dos tercios de huéspedes muertos por alimentación comparado con 30°C (Cuadro 6). Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que determina el ciclo de vida y los parámetros poblacionales de *T. triozae* alimentándose sobre *B. cockerelli* a

diferentes temperaturas. En éste se proporcionan datos biológicos de la especie que pueden ser útiles en planear o entender su potencial como agente de control biológico contra el psílido de la papa en diferentes regiones del mundo.

Es claro que los trabajos de laboratorio no reflejan la multitud de factores a los que se enfrentan los parasitoides en el campo, y sólo con estudios que incluyan liberación en campo y evaluación de su dinámica poblacional se puede demostrar su utilidad. No obstante, algunas liberaciones de *T. triozae* en invernadero experimental nos hacen pensar que esta especie tiene potencial por el método de liberación aumentativa y se debe continuar realizando investigación que contribuya a determinar su potencial como herramienta dentro del manejo integrado para el control de *B. cockerelli*.

7. CONCLUSIONES GENERALES

Se estudió la biología y parámetros poblacionales de *Tamarixia triozae* sobre *Bactericera cockerelli* a diferentes temperaturas; se calcularon los grados día de desarrollo para completar ciclo de vida, y se estimaron los umbrales térmicos superiores e inferiores de este parasitoide. A 35°C *T. triozae* no fue capaz de completar su desarrollo, mientras que a 10°C el ciclo de vida se prolongó hasta 41.6 días. A 15, 20, 25 y 30° *T. triozae* completó su ciclo de vida en 26.7, 16.5, 11.1 y 9.95 d, respectivamente.

T. triozae requiere 243.9 grados días de desarrollo para completar su ciclo de vida. El umbral de temperatura inferior, según lo estimado en este trabajo, fue de 4.8°C, mientras que el umbral de temperatura superior se estableció en 35°C.

Las hembras mantenidas a 15°C resultaron ser las más longevas, a 20 y 25°C fueron similares, las hembras que sobrevivieron menos fueron las mantenidas a 30 y 35°C. Debido a esto las hembras más longevas (15, 20 y 25°C) tuvieron mayor oportunidad de alimentarse sobre el huésped y ser más fecundas.

La mayor tasa intrínseca de crecimiento fue a 30°C. Este parámetro podría determinar el potencial de este agente en el control biológico, pero debido a que éste no incluye el número de ninfas muertas por alimentación se considera que a 20 y 25°C se puede expresar un mayor potencial de esta especie, pues aunque la r_m fue ligeramente menor las hembras mataron más de 60% más huéspedes que las hembras a 30°C.

8. LITERATURA CITADA

- Abdullah N. M. M. 2007. Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. Afr. J. Agric. Res. 3: 60-67.
- Agriculture and Natural Resources - University of California – UC. 2013. Weather, models, & degree-days (En línea). Disponible en: <http://www.ipm.ucdavis.edu/WEATHER/degreedays/index.html>. (fecha de consulta: 9 de abril 2013).
- Anónimo. 2009. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). Reporting service - Pests & Diseases. No. 5. Paris. 5-8 p.
- Bazzocchi, G. G., A. Lanzoni, G. Burgio and M. R. Fiacconi. 2002. Effects of temperature and host on the pre-imaginal development of the parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). Biol. Control. 26: 74–82.
- Birch, L. C. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J. Anim. Ecol. 17: 15-26.
- Bravo, M. E. y L. P. López. 2007. Principales plagas del chile de agua en los valles centrales de Oaxaca. Fundación Produce, Oaxaca A.C. Abril 07, Pag. 14-15.
- Butler, C. D. and J. T. Trumble. 2012. Identification and Impact of natural enemies of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) in Southern California. J. Econ. Entomol. 105: 1509-1519.

- Castillo, J., J. A. Jacas, J. E. Peña, B. J. Ulmer and D. G. Hall. 2006. Effect of temperature on life history of *Quadrastichus haitiensis* (Hymenoptera: Eulophidae), an endoparasitoid of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Biol. Control* 36: 189–196.
- Chu, Y. I. and C. C. Chien. 1991. Utilization of natural enemies to control psyllid vectors transmitting citrus greening. Pp. 135-145, *In* Kiritani, K., H. J. Su., Y. I. Chu. (Eds.). Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region Supplement No. 1. Integrated Control of Plant Virus Diseases. Taipei, Taiwan.
- Clausen, C. P. 1940. Entomophagous insects. McGraw-Hill, New York.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2013. Red de estaciones climatológicas. (En línea). Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75 (fecha de consulta: 9 de abril 2013).
- Crosslin J. M and Joseph E. Munyaneza. 2009. Evidence that the Zebra Chip Disease and the Putative Causal Agent Can be Maintained in Potatoes by Grafting and In Vitro. *Am. J. Pot. Res.* 86: 183–187.
- Crosslin, J. M. and J. E. Munyaneza. 2009. Evidence that the Zebra Chip disease and the putative causal agent can be maintained in potatoes by grafting and *in vitro*. *Am. J. Pot. Res.* 86: 183-187.
- Duale, A. H. 2005. Effect of temperature and relative humidity on the biology of the stem borer parasitoid *Pediobius furvus* (Gahan) (Hymenoptera: Eulophidae) for the management of stem borers. *Environ. Entomol.* 34: 1-5.

- Garzón, T. J. A. 2003. El pulgón Saltador o la Paratrioza, una amenaza para la Horticultura de Sinaloa. *In: Memoria del Taller sobre Paratrioza cockerelli* Sulc. como plaga y vector de fitoplasmas en hortalizas. Culiacán, Sinaloa. México. pp: 9-12.
- Garzón-Tiznado J. A., O. G. Cárdenas-Valenzuela, R. Bujanos-Muñiz, A. Marín-Jarillo, A. Becerra-Flora, S. Velarde-Felix, C. Reyes-Moreno, M. González-Chavira y J. L. Martínez-Carrillo. 2009. Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad permanente del tomate en México. *Agric. Téc. Méx.* 35: 61-72 .
- Giron, D., S. Pincebourde and J. Casas. 2004. Lifetime gains of host-feeding in a synovigenic parasitic wasp. *Physiol. Entomol.* 29: 436-442.
- Gómez-Torres, M. L., D. E. Nava, and J. R. Postali-Parra. 2012. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at different temperatures. *J. Econ. Entomol.* 105: 338-343.
- Gómez-Torres, M. L., D. E. Nava, and J. R. Postali-Parra. 2012. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at different temperatures. *J. Econ. Entomol.* 105: 338-343.
- Guenthner J., Goolsby J. y Greenway G. 2012. Use and cost of insecticides to control potato psyllids and Zebra Chip on potatoes. *Southwest. Entomol.* 37: 263-270.
- Howe, R W. 1967. Temperature effects on embryonic development in insects. *Annu. Rev. Entomol.* 12: 15-42.

- Jensen, D. D. 1957. Parasites of the Psyllidae. *Hilgardia* 27: 71-99.
- Jervis, M. A. and M. A. C. Kidd. 1986. Host feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* 61: 395-434.
- Johnson, T. E. 1971. The effectiveness of *Tetrastichus triozae* Burks (Hymenoptera: Eulophidae) as a biological control agent of *Paratrioza cockerelli* (Sulc.) (Homoptera: Psyllidae) in north central Colorado. M.S. Thesis. Colorado State Univ. Fort Collins, Colorado. 45 p.
- La Salle, J. 1993. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). *J. Nat. Hist.* 28: 109-236.
- Liu, D. and J. T. Trumble. 2006. Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of tomato/potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on selected tomato accessions. *Bull. Entomol. Res.* 96: 197-204.
- Lomeli-Flores, J. R. y R. Bueno. 2002. Nuevo registro de *Tamarixia triozae* (Burks) parasitoide del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) en México. *Folia Entomol. Mex.* 41: 375-376.
- Luna-Cruz, A., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, L. D. Ortega-Arenas y A. Huerta-de la Peña. 2011. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (SULC) (Homoptera: Triozidae). *Acta Zool. Mex. (n.s.)* 27: 509-526.

- Maia, A. H. N., A. J. B. Luiz, and C. Campanhola. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- Marín-Jarillo, A., Garzón-Tiznado, J. A., Becerra-Flora, A., Mejía-Avila, C., Bujanos-Muñiz, R. y Byerly-Murphuy, K. F. 1995. Ciclo biológico y morfología del "salerillo" *Paratrioza cockerelli* Sulc. (Homoptera-Psillidae), vector de la enfermedad permanente del jitomate en el Bajío. CATIE, Turrialba, Costa Rica. *Revista Manejo Integrado de Plagas* 38: 25-32.
- Munyanza, J. E., J. M. Crosslin and J. E. Upton. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "zebra chip", a new potato disease in southwestern United States and Mexico. *J. Econ. Entomol.* 100: 656-663.
- Pletsch, D. J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (sulc), its biology and control. *Montana Agric. Exp. St. Bull.* 446: 1-95.
- Rojas, P. 2010. Biología de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoide de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 48 p.
- Rubio, C. O. A., L. I. H. Almeyda, M. J. Ireta, S. J. A. Sánchez, S. R. Fernández, S. J. T. Borbón, H. C. Díaz, T. J. A. Garzón, Rocha, R. R. y Cadena, H. M. A. 2006. Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. *Agric. Téc. Méx.* 32: 161-171.

- Schauff, M.E., Gates, M. y La Salle, J. 2006. Familia Eulophidae. *In*: F. Fernández; M.J. Sharkey (Eds.). Introducción a los Hymenoptera de La Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. pp. 755-760.
- Secor, G. A. and V. V. Rivera-Varas. 2004. Emerging diseases of cultivated potato and their impact on Latin America. *Rev. latinoam. papa* 1: 1-8.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Producción agrícola por cultivo y por estado (En línea). Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15 (fecha de consulta: 9 de abril 2013).
- Southwood, T. R. E., and P. A. Henderson. 2000. *Ecological methods*. Blackwell Science, Ltd. Oxford.
- Sulc, K. 1909. *Trioza cockerelli* n. sp. A novelty from North America, being also of economic importance. *Acta Soc. Entomol. Bohem.* 6: 102-108.
- Towell, J. L. 2001. Una semblanza de las solanáceas. *Etnobiología* 1: 18-24.
- Ulmer, B. J., J. A. Jacas, J. E. Peña, R.E. Duncan and J. Castillo. 2006. Effect of temperature on life history of *Aprostocetus vaquitarum* (Hymenoptera: Eulophidae), an egg parasitoid of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Biol. Control.* 39: 19-25.
- Van Driesche, R. G., and T. S. Bellows. 1996. *Biological control*. Chapman & Hall. New York. USA.

- Van Driesche, R. G., M. S. Hoddle y T. D. Center. 2007. Similitud climática, pp 245-254. *In* Control de plagas y malezas por enemigos naturales USDA, US Forest service, forest health technology enterprise team (FHTET). Washington D.C.
- van Lenteren, J. C. 1986. Parasitoids in the greenhouse, successes with seasonal inoculative release systems. *In*: Insect parasitoids. Waage, J. y D. Greathed eds. Academic Press, London, 389 pp.
- Vega-Chávez, J. L. 2010. Determinación de alimentación de preferencia de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre estadios de *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Psyllidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. 35 p.
- Vega-Gutiérrez, M. T., J. C. Rodríguez-Maciel, O. Díaz-Gómez, R. Bujanos-Muñiz, D. Mota-Sánchez, J. L. Martínez-Carrillo, A. Lagunes-Tejeda y J. A. Garzón-Tiznado. 2008. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli*(Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia* 42: 463-471.
- Vera, G. J., V. M. Pinto, J. López-Collado y R. Reyna. 2002. Modelos matemáticos en ecología de poblaciones *In*: Ecología de poblaciones de insectos. Segunda edición. Colegio de Postgraduados. México. 60-98 pp.
- Workman, P. J. and S. A. Whiteman. 2009. Importing *Tamarixia triozae* into containment in new Zealand. *New Zealand Plant. Prot.* 62: 412.

Yang, X. B. and T. X. Liu. 2009. Life history and life tables of potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper. Environ. Entomol. 38: 1661–1667.

Yang, X. B., Y. M. Zhang, L. Hua and T. X. Liu. 2010. Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) on potato under laboratory and field conditions in the Lower Rio Grande Valley of Texas. J. Econ. Entomol. 103: 1729-1734.