



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**“ALMACENAJE DE PUPAS Y ADULTOS DEL PARASITOIDE *Tamarixia triozae*
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) A TEMPERATURAS BAJAS”**

Claudia Cerón González

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis titulada: “Almacenaje de pupas y adultos del parasitoide *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) a temperaturas bajas” realizada por la alumna **Claudia Cerón González**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. J. Refugio Lomeli Flores

ASESOR



Dr. Esteban Rodríguez Leyva

ASESOR



Dr. Javier Hernández Morales

ASESOR



Dr. Alfonso Torres Ruíz

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2013

**ALMACENAJE DE PUPAS Y ADULTOS DEL PARASITOIDE *Tamarixia triozae*
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) A TEMPERATURAS BAJAS**

Claudia Cerón González, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

Tamarixia triozae es un ectoparasitoide con alto potencial para su uso en programas de manejo integrado del psílido de la papa, *Bactericera cockerelli*. Aunque ya se produce comercialmente, no existe información de su almacenaje a bajas temperaturas, esta información puede tener importancia para optimizar la conservación de estos organismos. En el presente trabajo se evaluó la respuesta de pupas y adultos de *T. triozae* después de almacenarlos a 5, 8 y 10°C por 7, 14 y 21 días. Los resultados se compararon con aquellos obtenidos en testigos a 25°C y los mismos tiempos de almacenamiento. La supervivencia en adultos, después del periodo de almacenamiento, en todos los tratamientos fue superior a 95%. Aquellos almacenados a 5 y 8°C por 21 días presentaron los niveles más bajos. La capacidad de desplazamiento no se afectó por los tratamientos. La supervivencia después de tres semanas de evaluación fue similar entre sexos. Los mayores porcentajes de parasitismo (44 ± 9 ninfas) y alimentación (63 ± 9 ninfas) sobre el huésped, después de tres semanas de observación se obtuvieron en los ejemplares almacenados por siete días a 10°C, y los valores más bajos se presentaron en el testigo almacenado por 14 días. En pupas, la emergencia más baja se registró a 5°C y 21 días de almacenaje (63%), mientras que en los demás tratamientos se tuvieron emergencias entre el 86% y 98%. Sin embargo, en los tratamientos a 10°C con 14 y 21 días durante el almacenaje se observaron emergencias de un 25%. En cuanto el tiempo de emergencia se registró que entre menor temperatura mayor es el tiempo que se requiere para obtener al adulto. La longevidad de los organismos obtenidos de pupas almacenadas fue diferente entre sexos y mayor en hembras.

Palabras claves: psílido de la papa, control biológico, parasitoide, almacenaje en frío.

**PUPAE AND ADULTS STORAGE OF THE PARASITOID *Tamarixia triozae*
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) AT LOW TEMPERATURES**

Claudia Cerón González, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

ABSTRACT

Tamarixia triozae is an ectoparasitoid with high potential for use in integrated pest management programs of the potato psyllid, *Bactericera cockerelli*. Although it is produced commercially, information of their storage at low temperatures does not exist, this information may be important to optimize the conservation of these organisms. In this study we evaluated the response of pupae and adults of *T. triozae* after storage at 5, 8 and 10 °C for 7, 14 and 21 days. The results were compared with the control groups at 25 °C and storage in the same times. Survival in adults after the storage period in all treatments was greater than 95%. Those stored at 5 and 8 ° C for 21 days showed the lowest survival rate. The displacement capacity was not affected by treatments. Survival after three weeks of evaluation was similar between sexes. The highest percentages of parasitism (44 ± 9 nymphs) and food (63 ± 9 nymphs) on the host, after three weeks of observation was obtained in the samples stored for seven days at 10 °C, and the lowest values were presented in the control group stored for 14 days. The pupae emergence was lowest at 5 °C and 21 storage days (63%), whereas the other treatments had emergency between 86% and 98%. However, with treatment at 10 °C with 14 and 21 days, storage emergency was observed at 25%. As to time emergency, it was recorded that the lower the temperature, the greater the time required for adult emergency. The longevity of organisms obtained from stored pupae differed between sexes, and was higher in females than males.

Key words: potato psyllid, biological control, cold storage

DEDICATORIA

A mis padres, mi hermano, mi futuro esposo y a todas las personas que me apoyaron en la realización de este trabajo.

“No debemos tener miedo de cuestionarnos.....

Hasta los planetas chocan y del caos nacen las estrellas”

Charles Chaplin

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados (COLPOS) por brindarme el apoyo y darme la oportunidad de servir a los demás.

A Koppert México S.A. de C.V. por el financiamiento parcial para la presente investigación.

A los Doctores J. Refugio Lomeli Flores y Esteban Rodríguez Leyva por integrarme a su equipo y guiarme en la realización de este trabajo.

Al Dr. Javier Hernández Morales y al Dr. Alfonso Torres Ruiz, por darme el tiempo de revisar este trabajo.

Al M. en C. Jorge Manuel Valdez Carrasco por apoyarme en la toma de algunas fotografías durante el experimento.

A Trinidad Lomeli Flores, al Dr. Alfonso Luna Cruz y al M.C. Jorge Vega Chávez por ser parte del equipo encargado de la cría de insectos para desarrollar el proyecto INNOVAPYME 154411, “Desarrollo tecnológico para el control biológico de plagas en cultivos de jitomate y chile en ambientes protegidos”.

A todos mis compañeros y amigos del laboratorio de Control Biológico, los que amenizaban el trabajo y ayudaban en todo momento.

A todos los profesores, compañeros y personal que conocí durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3.1 Material biológico.....	5
3.2 Caracterización de alimentación y fecundidad de <i>T. triozae</i> en la colonia madre.....	6
3.3 Almacenaje de adultos a temperaturas bajas.....	7
3.4 Almacenaje de pupas a bajas temperaturas.....	10
3.5 Análisis estadísticos.....	11
4. RESULTADOS.....	12
4.1 Caracterización de alimentación y fecundidad de <i>T. triozae</i> en la colonia madre.....	12
4.2 Almacenaje de adultos a temperaturas bajas.....	13
4.3 Almacenaje de pupas a temperaturas bajas.....	17
5. DISCUSIÓN.....	19
5.1 Caracterización de alimentación y fecundidad de <i>T. triozae</i> en la colonia madre.....	19
5.2 Almacenaje de adultos a temperaturas bajas.....	19
5.3 Almacenaje de pupas a temperaturas bajas.....	21
6. CONCLUSIONES GENERALES.....	23
7. LITERATURA CITADA.....	24

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Supervivencia en adultos de <i>Tamarixia triozae</i> al terminar el periodo de almacenaje a temperaturas bajas.	14
Cuadro 2. Ninfas parasitadas y depredadas de <i>Bactericera cockerelli</i> por <i>T. triozae</i> al término del periodo de almacenaje y después de 7, 14 y 21 días de evaluación.	15
Cuadro 3. Porcentaje de emergencia de adultos obtenidos al exponer pupas de <i>Tamarixia triozae</i> a bajas temperaturas.	18
Cuadro 4. Tiempo de emergencia de adultos obtenidos al exponer pupas de <i>Tamarixia triozae</i> a bajas temperaturas.	18
Cuadro 5. Supervivencia de adultos procedentes de pupas de <i>Tamarixia triozae</i> expuestas a bajas temperaturas.	18

LISTA DE FIGURAS

Pág.

- Figura 1. a) Ninfas de *Bactericera cockerelli* con daño por alimentación, b) ninfas parasitadas y huevo de *Tamarixia triozae*..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2. Dispositivo utilizado para evaluar el desplazamiento en adultos de *T. triozae*, después de cada tratamiento. 10
- Figura 3. Fecundidad y alimentación sobre el huésped de *Tamarixia triozae* (n=20) sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* durante 30 días..... 13
- Figura 4. Supervivencia de adultos de *Tamarixia triozae* por tratamiento después de 21 días de almacenaje a diferentes temperaturas..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 5. Porcentaje de adultos de *T. triozae* que se desplazaron después de diferentes tiempos y temperaturas de almacenaje. **¡Error! Marcador no definido.**

1. INTRODUCCIÓN

El psílido de la papa, *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae), se considera una plaga importante en la producción mundial de solanáceas como tomate, chile y papa (Rubio-Covarrubias *et al.* 2006, Munyaneza *et al.* 2007, Garzón-Tiznado *et al.* 2009, Teulon *et al.* 2009, Butler y Trumble 2012). En la actualidad, el manejo de esta plaga se basa en el uso de productos químicos (Luna-Cruz *et al.* 2011). No obstante, debido a los problemas que pueden originar el desarrollo de resistencia a estas sustancias, así como la demanda del mercado a productos libres de plaguicidas, se exploran otras opciones para controlar esta plaga. En los últimos años se ha sugerido la utilización de *Tamarixia triozae* (Burks), parasitoide del psílido de la papa, encontrado de forma natural en diversas localidades de México y los Estados Unidos (Pletsch 1947, Lomeli-Flores y Bueno 2002, Butler y Trumble 2012, Percy *et al.* 2012). En Estados Unidos se han reportado porcentajes de parasitismo del 20% (Butler y Trumble 2012), pero en México se registró hasta 80% de parasitismo en cultivos de chile y jitomate en huertas con reducida aplicación de insecticidas donde se empleó el Manejo Integrado de Plagas, en los Estados de Oaxaca y San Luis Potosí (Bravo y López 2007, Garza *et al.* 2007).

T. triozae posee especificidad sobre su hospedero, característica relevante en programas de control biológico (Van Driesche *et al.* 2007). Su capacidad intrínseca de incremento es casi dos veces la de *B. cockerelli* (Rojas 2010), además contribuye a la disminución de la plaga por medio de oviposición y por medio de la alimentación directa, prefiriendo a las últimos tres instares ninfales del psílido (Johnson 1971, Vega-Chávez 2010). Debido a la estacionalidad de las hospederas de *B. cockerelli* (cultivos de solanáceas) y al propenso uso de insecticidas, *T. triozae* se presenta como una alternativa viable y potencial como agente de control biológico por incremento dentro de programas MIP.

La base de un programa de control biológico por aumento es la producción masiva de enemigos naturales, por lo que se necesita de métodos para conservar a los insectos benéficos por periodos prolongados, sin demeritar sus capacidades biológicas, y disponer

de la cantidad de insectos necesarios en el momento oportuno para liberación. Para algunos insectos ese periodo de conservación se logra con un tiempo de almacenaje a temperaturas bajas, el cual varía de acuerdo a la especie (Luczynski *et al.* 2007, Van Driesche *et al.* 2007).

De manera general se ha reportado que la actividad de los insectos es normal en temperaturas entre los 0 y 25°C. Muchas de las especies, cuando son expuestas a temperaturas menores experimentan un choque de frío el cual, dependiendo de la especie y su tolerancia o susceptibilidad al frío, produce inmovilidad o hasta la muerte (Mellanby 1939, Denlinger y Lee 1998). La respuesta de los organismos no solo depende del tipo de especie, también influye el estado del insecto, edad, sexo, alimentación, fotoperiodo, humedad, etc. (Colinet y Boivin 2011). Es decir depende de una serie de factores propios del organismo y externos. El frío puede comprometer los líquidos corporales, la estructura y función de las proteínas, e incluso podría dar lugar a una selección o adaptación de los organismos expuestos después de varias generaciones (Denlinger y Lee 1998, Danks 2007, Amice *et al.* 2008).

Para Hymenoptera se han realizado trabajos que evidencian el efecto de la temperatura en particular sobre pupas y adultos. Por ejemplo, cuando las pupas de *Diadegma insulare* (Cresson) se someten a un almacenaje de 4°C, después de los primeros 14 días de refrigeración, se observa una emergencia del 82% (Okine *et al.* 1996). Mientras que para *Encarsia formosa* Gahan, se encontró que una aclimatación en pupas a 12°C por 7 días, antes de someterlas a 7°C por 7, 14 y 21 días, disminuía los efectos perjudiciales del almacenamiento en frío y se lograban porcentajes de emergencia de 45%, 40% y 30% respectivamente, estos porcentajes se consideraron favorables en comparación con un almacenamiento de 4°C y 7°C sin aclimatación (Luczynski *et al.* 2007).

De manera específica en Hymenoptera se maneja un rango de almacenaje entre 0 °C y 15 °C (Colinet y Boivin 2011); aunque esto puede afectar la fecundidad, la oviposición y el parasitismo de algunas especies de himenópteros cuando el almacenaje excede los 20 o 30 días (Wen-Long *et al.* 2008, Chen *et al.* 2011). Sin embargo, en otras especies, después

de ese periodo de almacenaje se extiende la longevidad en los adultos, se retarda el tiempo de emergencia e incluso aumenta la fecundidad (Legner 1976, Arias *et al.* 2009, Nadeem *et al.* 2010). De forma general se puede decir que el almacenaje a temperaturas bajas es un procedimiento importante en el proceso de producción masiva de algunas especies, esto ayuda a manejar volúmenes de producción en periodos de baja demanda (Leopol 1998, Nadeem *et al.* 2010). Es importante indicar que el éxito del almacenamiento a temperaturas bajas no solo depende del organismo, el estado de desarrollo del insecto o la temperatura seleccionada, sino también radica en la alimentación, la humedad y el fotoperiodo (Leopol 1998, Colinet y Boivin 2011). Por eso es importante realizar estudios específicos para inferir si el almacenaje a temperaturas bajas es una herramienta adecuada para una especie en particular.

En el caso de parasitoides empleados para el control biológico, no solo importa la inmovilidad o la muerte de los organismos, también es vital observar si el comportamiento es afectado y si esto influye en la parasitación (Van Lenteren *et al.* 2011). Como en el caso de *Anaphes victus* Huber almacenado a 4°C durante 3, 6 y 12 semanas donde se encontró una disminución en el número de huevos puestos por hembra al ir aumentando el tiempo de almacenaje (Van Baaren *et al.* 2005). De manera similar en *Gonatocerus ashmeadi* Girault se observó una disminución significativa de la fecundidad después de 20 días en almacenaje a 10°C, así como reducción en la oviposición del 90% en 60 días (Wen-Long *et al.* 2008).

De manera particular *T. triozae* teóricamente es tolerante a las temperaturas entre 5°C y 35°C, pues son los umbrales reportados para completar su ciclo de vida (Vega-Chavez *et al.* 2013). No obstante, las consecuencias prácticas de la exposición de esta avispa a temperaturas bajas aún se desconocen. Considerando al potencial de *T. triozae* como agente de control biológico de *B. cockerelli* y la necesidad de mayor conocimiento de esta especie, se desarrolló el presente estudio con la finalidad de determinar cuál es el efecto de un periodo de almacenaje a temperaturas bajas sobre las características biológicas de *T. triozae*.

2. OBJETIVOS

Determinar en adultos de *Tamarixia triozae* el efecto de almacenaje a bajas temperaturas sobre la supervivencia, fecundidad, longevidad y desplazamiento.

Determinar en pupas de *Tamarixia triozae* el efecto de almacenaje a bajas temperaturas sobre el porcentaje y tiempo de emergencia, así como la longevidad de los adultos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material biológico

Tamarixia triozae y *Bactericera cockerelli* se produjeron en invernaderos y cámaras de cría en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, sobre plantas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), variedad Río grande sin aplicación de insecticida. Ambas especies se mantienen en cría desde 2010 de acuerdo a la metodología descrita por Rojas (2010) y Luna-Cruz *et al.* (2011) con ligeras modificaciones.

Para la producción de ninfas del psílido se utilizaron cinco plantas de jitomate de 30 días de edad colocadas en una jaula entomológica, de 90 x 90 x 95 cm, cubierta con tela organza. En el interior de cada jaula se liberaron 400 adultos sin sexar de *B. cockerelli*. Transcurrida una semana, los adultos se retiraron con un aspirador entomológico, y las plantas con huevos se dejaron en la jaula. Tres o cuatro semanas después se obtuvo una generación de ninfas de 4° y 5° ínstar del psílido.

Para la producción de parasitoides se usaron jaulas de 40 x 30 x 30 cm, cubiertas de organza, donde se expusieron ninfas de 4° y 5° ínstar de *B. cockerelli* a 200 adultos de *T. triozae* por un periodo de 72 h. Las plantas y ninfas se revisaron después de dos semanas, se recolectaron las ninfas con signos de parasitismo caracterizado por la adquisición de un color cobrizo y la adhesión del cuerpo a la hoja. Aquellas ninfas parasitadas se colocaron en una jaula plástica de 50 x 50 x 35 cm con ventilación. En esa jaula se mantenían los adultos después de la emergencia proporcionando diariamente líneas finas de miel como alimento.

La obtención de pupas parasitadas para el experimento se llevó a cabo bajo las condiciones descritas en el párrafo anterior. No obstante, las ninfas del psílido sólo se expusieron por 48 h al parasitoide. Para el experimento se utilizaron pupas con tres días después de que se manifestaron las características típicas de parasitismo. De acuerdo con Rojas (2010), el ciclo de vida de *T.*

triozae es de alrededor de 12 d y los últimos 6 d se encuentra en estado de pupa. Esta información se tomó en cuenta para recolectar pupas de edad intermedia para los experimentos, ya que en otras especies las pupas de mediana edad son las que tienen mayores oportunidades de sobrevivir a bajas temperaturas (Luczynski *et al.* 2007).

3.2 Caracterización de alimentación y fecundidad de *T. triozae* en la colonia madre

Para tener una referencia de la colonia de *T. triozae*, antes de comenzar con los experimentos a temperaturas bajas, se determinó el número de ninfas de *B. cockerelli* muertas por alimentación y oviposición a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. La unidad experimental consistió en una caja Petri de 4.5 cm de diámetro y 1.5 cm de profundidad con tres orificios laterales sellados con tela organza para favorecer la ventilación. En la caja Petri se introducía una pareja de *T. triozae* con 24 h de edad. En la tapa de la caja se colocó una línea fina de miel, y un hisopo de algodón húmedo con el fin de proporcionar alimento y agua, estos se renovaban diariamente, manteniendo una humedad relativa dentro del recipiente del 60 al 70%.

Para esta prueba diariamente se colocó un disco foliar de jitomate sobre papel húmedo en la base de la caja Petri. En cada disco de hoja se depositaron 12 ninfas de 4° y 5° ínstar los primero siete días, a partir del octavo día el número de ninfas se incrementó a 24 en cada repetición, lo anterior debido a que en estudios previos se reportó que a partir de esta fecha la ovoposición se incrementa (Rojas 2010). Considerando que más del 90% de la oviposición se realiza en los primeros 30 días, las evaluaciones se mantuvieron durante este período.

Este experimento se realizó en bloques de cinco parejas con cuatro repeticiones en el tiempo. Cada 24 h se realizaban observaciones por cada hembra para determinar, bajo un microscopio estereoscópico, el número de huevos en las ninfas y el número de ninfas muertas por alimentación (Figura 1). Las ninfas parasitadas se identificaron por la presencia del huevo, localizado ventralmente entre las patas (en algunos casos entre el tórax y el abdomen). El criterio para identificar las ninfas con daño por alimentación se basó en su apariencia, en general estaban

secas o deshidratadas, con al menos un punto necrótico, además presentaban un encorvamiento o flexión en forma de “v” (Vega-Chávez 2010).

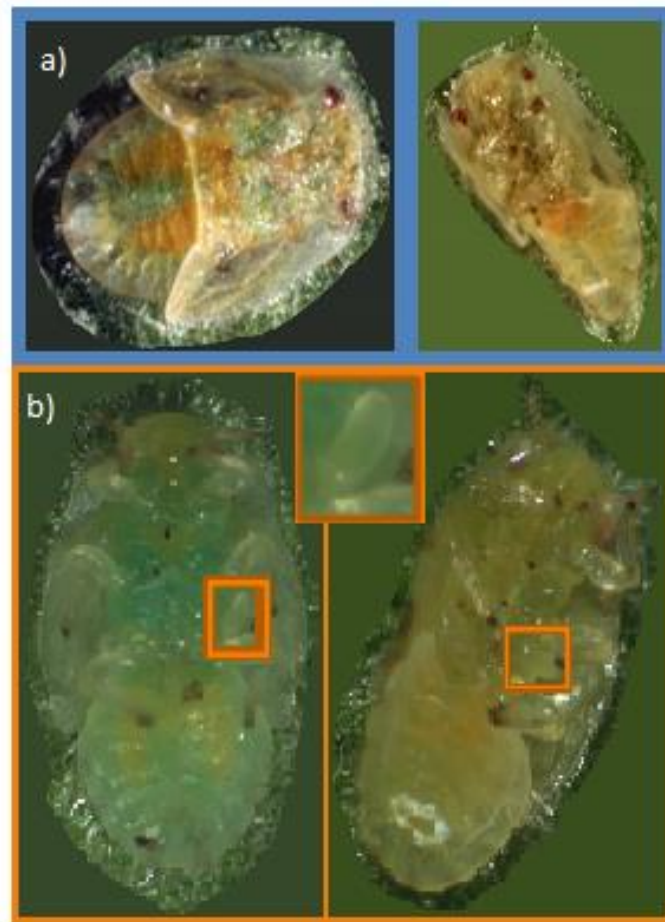


Figura 1. a) Ninfas de *Bactericera cockerelli* con daño por alimentación, b) ninfas parasitadas y huevo de *Tamarixia triozae*.

3.3 Almacenaje de adultos a temperaturas bajas

Para el almacenaje de adultos se consideraron los factores tiempo de almacenaje y temperatura, en un diseño factorial completo; el factor tiempo incluyó 7, 14 y 21 días y el de temperatura 5, 8 y $10 \pm 1^\circ\text{C}$. En todos los casos se incluyó un testigo a $25 \pm 2^\circ\text{C}$. El experimento completo se repitió tres ocasiones en diferente fecha. Los tratamientos se colocaron en incubadoras programadas a las temperaturas mencionadas con un fotoperiodo 12:12 (L: O).

Para el desarrollo de los experimentos en cada tratamiento se incluyó un lote de 100 parasitoides adultos de *T. triozae* de menos de 72 h de vida. Este lote de insectos se colocó en cinco grupos de 20 avispas dentro de tubos de vidrio de 3 cm de diámetro y 9.5 cm de largo. Cada tubo se cerraba con tela de organza, ajustada con una liga, para permitir ventilación, diariamente se colocaba una línea de miel sobre ésta para que los insectos se alimentaran. Adicionalmente, en cada tubo se adhirió una torunda de algodón en la pared interna para proveer agua a las avispas cada 24 h. Antes de iniciar una serie completa de tratamientos se preparaban todos los lotes de insectos, se distribuían aleatoriamente a un tratamiento, se etiquetaban y se trasladaban a la incubadora correspondiente.

Al concluir el periodo de almacenaje, de cada tratamiento, se evaluó supervivencia al almacenaje, parasitismo y alimentación sobre el huésped, supervivencia sin huésped después de almacenaje y capacidad de desplazamiento.

Supervivencia al almacenaje. Cuando concluyó el almacenaje para cada tratamiento el lote de 100 insectos se retiró de la incubadora y se registró el número de avispas vivas. Se consideró muerto al insecto que no se movía al ejercer presión con un pincel de pelo de camello del número 0. De las avispas supervivientes se seleccionaron aleatoriamente 30 ejemplares: 10 parejas (hembra y macho) y otros 10 individuos sin sexar. Los organismos se mantuvieron a $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ durante la evaluación del resto de las variables respuesta. El parasitismo y alimentación sobre el huésped se evaluó sobre cinco hembras, la supervivencia se evaluó en cinco parejas, y para el desplazamiento se emplearon los 10 individuos sin sexar.

Parasitismo y alimentación sobre el huésped. Cada pareja se confinó en cajas Petri como las descritas en la sección de caracterización de la colonia. Los primeros siete días del experimento, en cada caja se colocaron quince ninfas de 4° y 5° ínstar sobre un disco de hoja de jitomate, a partir del octavo día el número de ninfas se incrementó a 24. Lo anterior debido a que en estudios preliminares se observó que en los primeros días estos parasitoides no utilizan más de 14 ninfas para oviposición y alimentación. Cada 24 h se renovó el disco de hoja y ninfas del huésped. Diariamente se registró el número de ninfas parasitadas y aquellas con daño por alimentación.

Esta evaluación se realizó hasta 21 días, ya hasta que en estudios preliminares se detectó que este es el tiempo al cual se alcanza el 80% del parasitismo (datos sin publicar).

Supervivencia sin huésped. Cada pareja de parasitoides se colocó en una caja Petri como la descrita en los párrafos anteriores; en este caso las hembras no tuvieron acceso a huésped pero sí a unas líneas finas de miel, que se reemplazaba cada 24 h. La supervivencia se evaluó cada 24 h también durante 21 días.

Desplazamiento. Después de que los parasitoides se retiraron del almacenaje, de acuerdo a cada tratamiento, se mantuvieron por 24 h a 25°C como procedimiento de aclimatación. La evaluación de desplazamiento se realizó en un dispositivo elaborado para ese propósito (Figura 2). Este constó de un recipiente de plástico de 1 L donde se liberaron los adultos de *T. triozae*, posteriormente se esperó a que se desplazaran a través de un tubo de vidrio de 40 cm de largo y 15 cm de diámetro. Para que los parasitoides tuvieran un estímulo de desplazamiento, en el lado opuesto al punto de liberación se colocó un brote de jitomate con 24 ninfas de 4° y 5° ínstar de la plaga en un recipiente. El dispositivo se mantuvo en una cámara de cría a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ con ventilación y luz fría blanca emitida de un foco de 15 W. Todas las pruebas se desarrollaron entre las 10:00 y 15:00 h.

Para cada evaluación, primero se colocaban las avispas en el dispositivo, y después se registró el número de avispas que se desplazaron al extremo opuesto del dispositivo en una hora. Este tiempo se estableció porque en observaciones preliminares el 100% de parasitoides con una edad de 24 a 72 h se trasladaron de un punto a otro del dispositivo.

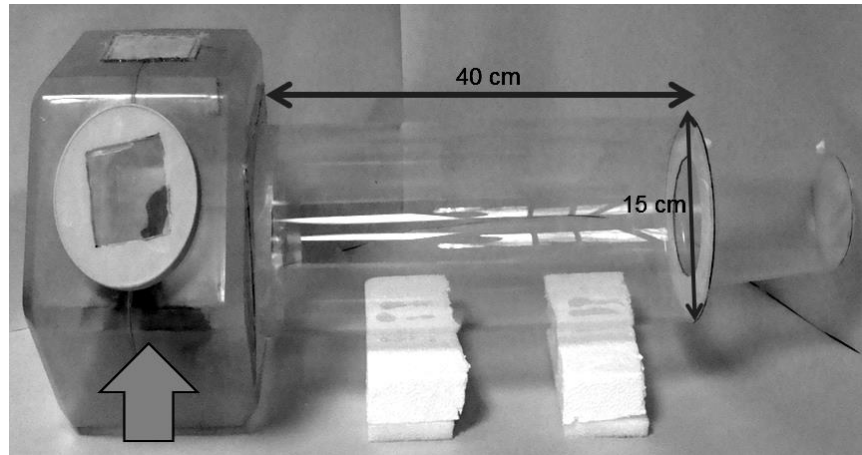


Figura 2. Dispositivo utilizado para evaluar el desplazamiento en adultos de *T. triozae*, después de cada tratamiento.

3.4 Almacenaje de pupas a bajas temperaturas

El experimento constó de los mismos factores y niveles descritos para el de almacenaje con adultos. Las variables de respuesta para este experimento incluyeron supervivencia al almacenaje, tiempo de emergencia y longevidad de adultos por sexo. Por cada tratamiento se utilizaron 40 pupas de 3 días de edad colectadas al azar, y el experimento se repitió tres veces en el tiempo.

De forma individual las pupas se adhirieron con miel a la pared de un tubo de vidrio, de 6.4 cm de largo y 1.3 cm de diámetro, sellado con algodón. Por la dificultad de separar las pupas del material vegetal, y por el riesgo de causar algún daño, en algunos casos se colocaron un máximo de 3 pupas en cada tubo. En cada uno se colocó una fina línea de miel para que sirviera de alimento a los insectos una vez que emergieran. El material se etiquetó y de esta manera se mantuvieron en una incubadora con el tratamiento correspondiente. Después de cumplir el periodo de almacenaje el material biológico se trasladó a una incubadora a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, y se revisaron cada 24 h para registrar las variables respuestas.

3.5 Análisis estadísticos

Antes de realizar los análisis de datos se procedió a determinar si se cumplían los supuestos de normalidad e independencia de varianzas, como en este caso no se cumplieron, los datos se transformaron a rangos (Conover e Iman 1981) para después realizar un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias (Tukey). Para comparar la supervivencia de adultos de *T. triozae* se empleó el análisis de Kaplan-Meier . Los análisis estadísticos se realizaron en el programa de cómputo Statistical Analysis System for Windows 9.0 (SAS 2002) considerando un $\alpha=0.05$.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterización de alimentación y fecundidad de *T. triozae* en la colonia madre

Tamarixia triozae mostró fecundidad y alimentación sobre el huésped desde el primer día del experimento. A partir del día nueve el número de huevos por hembra por día superó al número de organismos depredados (Figura 3).

En la dinámica de oviposición y depredación de *T. triozae* se distinguen tres etapas durante los 30 días del experimento. En la primera, la relación de número de huevos por ninfas depredadas es cercana a 1:1, esta relación se mantiene los primeros ocho días. La segunda etapa comprende del noveno hasta el vigésimo tercer día, en ésta la relación es aproximadamente de dos huevos por cada ninfa depredada. Finalmente, la tercer etapa cubre del vigésimo cuarto día hasta el trigésimo, donde la relación vuelve a ser cercana a 1:1.

En promedio cada hembra de *T. triozae* se alimenta de 98 ninfas de 4° o 5° ínstar durante 30 días, con un máximo de 123 y un mínimo de 26. La máxima alimentación se presenta durante el día 11, con un promedio de 6 ± 1 ninfas consumidas por hembra. En relación a la oviposición en promedio cada hembra produjo 137 huevos con un máximo de 152 y un mínimo de 37. La máxima oviposición se observa en el día 16 con un promedio de 8 ± 2 huevos por hembra (Figura 3). En conjunto cada hembra de *T. triozae* eliminó durante 30 días un promedio de 235 ninfas de *B. cockerelli* con un máximo de 275 y un mínimo de 63 ninfas.

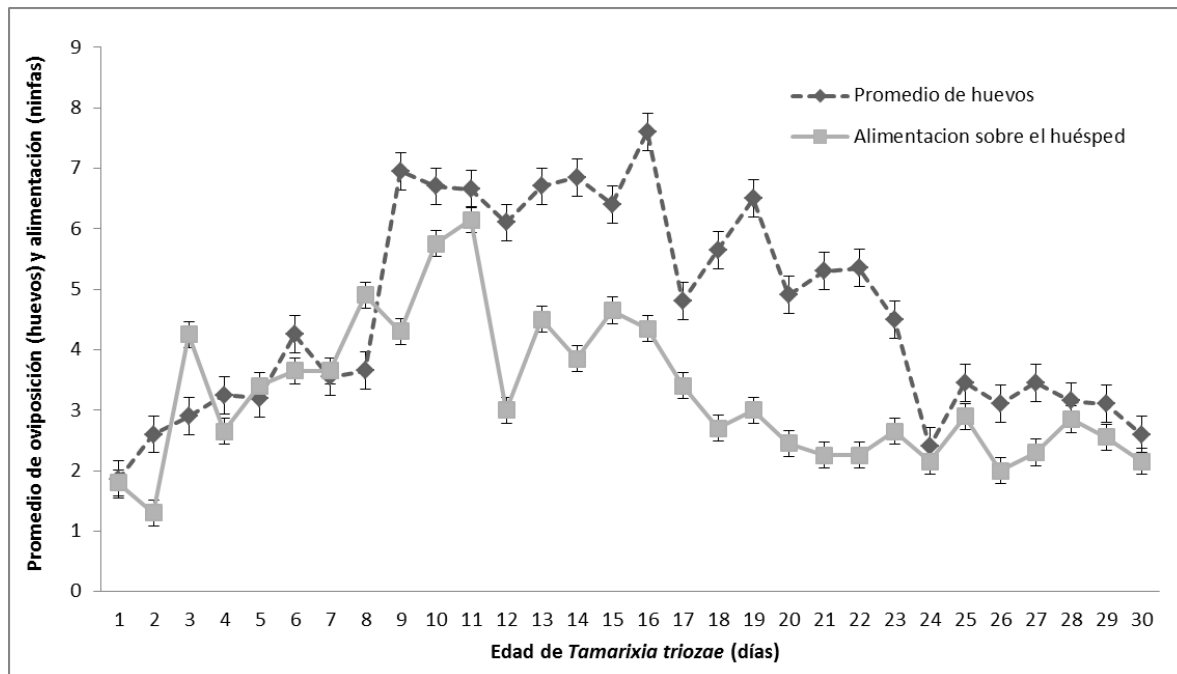


Figura 3. Fecundidad y alimentación sobre el huésped de *Tamarixia triozae* (n=20) sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* durante 30 días.

4.2 Almacenaje de adultos a temperaturas bajas

Supervivencia al almacenaje. De la combinación de tiempos y temperaturas de almacenaje, en todos los tratamientos se obtuvo más de 95% de supervivencia. No obstante, al menos uno de los tratamientos a las temperaturas más bajas y con mayor tiempo de almacenaje obtuvo menor supervivencia que el testigo ($F_{11, 24}=7.03$, $P \leq 0.0001$). Se observaron tres grupos el primero formado por las temperaturas a 25°C, 10°C, 8°C y 5°C durante 7 días de almacenaje con 99% de supervivencia. El segundo integrado por todos los tratamientos almacenados durante 14 días junto con aquellos expuestos a 10°C y 8°C por 21 días con un promedio de 98 a 99% de supervivencia. Mientras que en el tercer grupo se encuentran los tratamientos a 8°C y 5°C por 21 días, allí la supervivencia fue en de 95 a 97% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Supervivencia en adultos de *Tamarixia triozae* al terminar el periodo de almacenaje a temperaturas bajas.

TRATAMIENTO	PROPORCIÓN DE SUPERVIVIENTES	GRUPO
25°C 7d	0.99±0.001 ¹	A ²
10°C 7d	0.99±0.001	A
8°C 7d	0.99±0.001	A
5°C 7d	0.99±0.001	A
25°C 14d	0.99±0.006	AB
10°C 14d	0.99±0.003	AB
8°C 14d	0.98±0.010	AB
5°C 14d	0.98±0.009	AB
25°C 21d	0.99±0.003	AB
10°C 21d	0.99±0.003	AB
8°C 21d	0.95±0.010	B
5°C 21d	0.97±0.010	B

¹Media± error estándar, ²Tratamientos seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey $\alpha=0.05$)

Parasitismo y alimentación sobre el huésped. En general, se encontraron diferencias en la respuesta de los parasitoides en al menos un tratamiento, tanto después de una ($F_{11, 168}=2.32$, $P=0.0111$), dos ($F_{11, 168}=2.13$, $P=0.0204$) o tres semanas ($F_{11, 168}=2.33$, $P=0.0109$) En estos periodos el número de ninfas muertas por alimentación fue mayor que las parasitadas. La mayor respuesta sin importar el tiempo transcurrido se observó en aquellas avispas colocadas a 10°C por 7 días de almacenaje (Cuadro 2). A la tercera semana los promedios más altos de alimentación se registraron con valores de 63±9 y 55±7 ninfas a 10°C y 8°C por 7 d. La mayor parasitación se obtuvo a 10°C y 25°C por 7d con 44±9 y 38±6 ninfas. Al sumar las ninfas depredadas y parasitadas los tratamientos a 10°C, 25°C y 8°C por 7d consiguieron las mayores respuestas con promedios de 107±17, 90±11 y 89±14 ninfas. Es decir que la mejor respuesta dada por las hembras de *T. triozae* a temperaturas bajas es al ser expuestas a 10°C por 7d, puesto que después de tres semanas el máximo de ninfas que puede eliminar una hembra oscila entre 90 a 124 ninfas.

Cuadro 2. Ninfas parasitadas y depredadas de *Bactericera cockerelli* por *T. triozae* al término del periodo de almacenaje y después de 7, 14 y 21 días de evaluación.

TRATAMIENTO	7 DÍAS DE EVALUACIÓN				TRATAMIENTO	14 DIAS DE EVALUACION			
	PA ¹	HF ²	Total	Grupo		PA	HF	Total	Grupo
10°C 7d	13±3 ³	18±3	31±5	A	10°C 7d	28±6	41±6	69±11	A
5°C 7d	11±2	12±2	23±4	AB	8°C 14d	21±6	36±5	57±9	AB
8°C 21d	7±3	16±3	23±5	AB	8°C 7d	19±4	35±5	54±9	AB
25°C 7d	9±3	12±3	21±6	AB	25°C 7d	22±5	31±4	53±8	AB
8°C 7d	5±2	12±3	17±4	AB	5°C 7d	20±5	27±5	47±9	AB
10°C 14d	4±2	11±2	15±4	AB	25°C 21d	12±6	35±6	47±11	AB
8°C 14d	3±1	10±2	13±3	AB	5°C 21d	18±5	26±5	44±9	AB
5°C 14d	4±2	8±2	12±4	AB	10°C 14d	16±5	26±4	42±9	AB
25°C 21d	2±1	9±1	11±2	AB	8°C 14d	12±4	25±4	37±8	AB
5°C 21d	3±1	7±1	10±3	AB	10°C 21d	14±7	19±3	34±9	AB
25°C 14d	1±1	7±1	8±1	B	5°C 21d	11±3	22±4	33±7	AB
10°C 21d	3±2	5±1	8±3	B	25°C 14d	3±1	17±2	20±3	B

TRATAMIENTO	21 DIAS DE EVALUACION			
	PA	HF	Total	Grupo
10°C 7d	44±9	63±9	107±17	A
25°C 7d	38±6	52±6	90±11	AB
8°C 7d	34±7	55±7	89±14	AB
8°C 21d	30±9	48±7	78±15	AB
5°C 7d	28±7	41±7	69±13	AB
5°C 14d	27±7	38±7	65±14	AB
25°C 21d	18±10	47±8	65±17	AB
10°C 14d	21±6	38±5	59±11	AB
8°C 14d	19±7	35±6	54±12	AB
10°C 21d	21±10	29±5	50±15	AB
5°C 21d	16±6	29±6	45±11	AB
25°C 14d	6±2	26±3	32±5	B

¹ PA= Parasitismo, ²HF= Alimentación, ³Media± error estándar, ⁴Tratamientos seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey $\alpha=0.05$).

Supervivencia sin huésped después de almacenaje. La supervivencia fue similar entre sexos ($F_{23, 336}= 2.49$, $P=0.2921$), por tanto se analizaron los datos integrados. Se observó una tendencia a la disminución de la supervivencia con las temperaturas más bajas por 21 d de almacenamiento (Figura 4). No obstante, la supervivencia fue mayor de 75% en todos los casos y no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P=0.0984$).

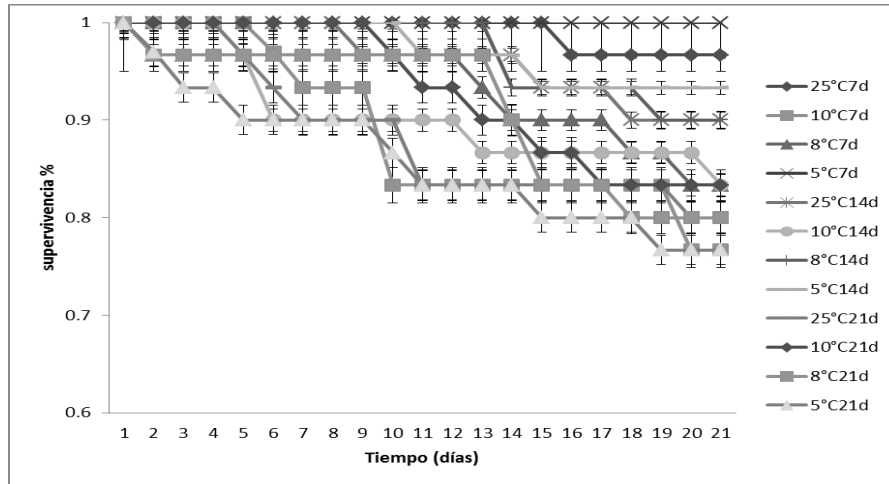


Figura 4. Supervivencia de adultos de *Tamarixia triozae* por tratamiento después de 21 días de almacenaje a diferentes temperaturas.

Capacidad de desplazamiento. Los adultos de *T. triozae* expuestos a 25, 10 y 8 °C, sin importar su periodo de almacenaje, obtuvieron un 80, 70 y 70% de individuos con capacidad de desplazamiento, respectivamente (Figura 5). En el caso de los insectos expuestos a 5 °C por 7, 14 y 21 d se registró una capacidad de desplazamiento sólo en 60, 60% y 70% de los individuos. Aun con esas tendencias, de acuerdo con el análisis no existieron diferencias significativas entre tratamientos ($F_{11, 24} = 1.37, P=0.2499$).

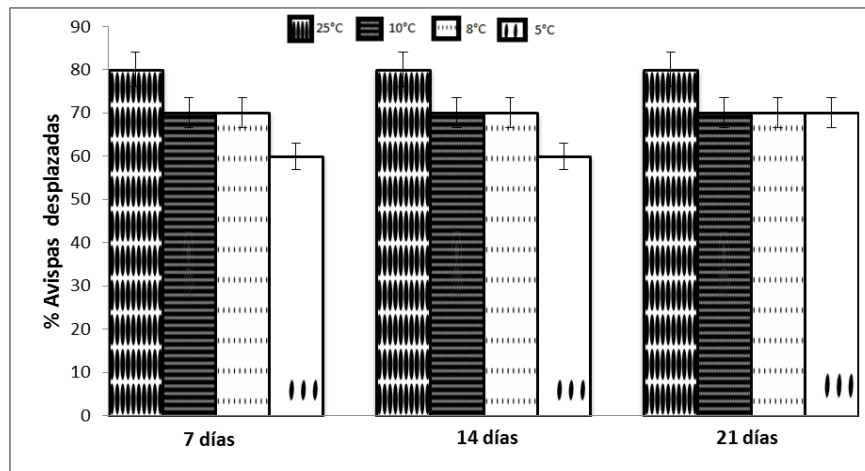


Figura 5. Porcentaje de adultos de *T. triozae* que se desplazaron después de diferentes tiempos y temperaturas de almacenaje.

4.3 Almacenaje de pupas a temperaturas bajas

Después de someter las pupas a los tratamientos, la emergencia de adultos osciló entre 86 al 98% en la mayoría de los casos, con excepción del tratamiento a 5 °C por 21 días con 63% (Cuadro 3). A pesar de la variación en la emergencia de pupas se detectó diferencia en al menos uno de los tratamientos ($F_{9, 20} = 7.29$, $P=0.0001$). Por otro lado, no existieron diferencias significativas entre el tiempo de emergencia de hembras y machos ($F_{19, 1002} = 0.53$, $P=0.8520$). Sin embargo, existieron diferencias entre tratamientos respecto del tiempo de emergencia ($F_{9, 1012} = 5.32$, $P=<0.0001$). Al ir aumentando la temperatura fue más corto el tiempo que tardó en emerger el adulto, de manera general se obtuvieron cuatro grupos (Cuadro 4); a 25, 5 y 8 °C el tiempo de emergencia estuvo entre los 4 a 6 días, mientras que a 10 °C varió de 4 a 2 días, según el tiempo de almacenaje.

La supervivencia de adultos machos y hembras procedentes de pupas que recibieron tratamientos de almacenaje a diferentes temperaturas fue estadísticamente diferente ($F_{19, 1002} = 2.01$, $P=0.0350$). Por lo tanto se calculó el promedio de supervivencia por cada sexo. En las hembras hubo diferencias entre tratamientos ($F_{9, 645} = 7.69$, $P= <0.0001$), obteniendo la supervivencia más larga de 52 ± 3 a 48 ± 1 días en aquellas hembras expuestas a los tratamientos a 5°C y 8°C por 7 días, las cuales no fueron diferentes al testigo (Cuadro 4). Por otro lado los machos presentaron diferencias entre tratamientos ($F_{9, 357} = 3.65$, $P= 0.0002$), aquellos expuestos a 25°C (es decir el control) obtuvieron la mayor supervivencia con 41 ± 2 días (Cuadro 4).

Cuadro 3. Porcentaje de emergencia de adultos obtenidos al exponer pupas de *Tamarixia triozae* a bajas temperaturas.

TRATAMIENTO	Porcentaje de emergencia		GRUPO
	Durante el almacenaje	Después del almacenaje	
CONTROL	0	98*	A
10°C7d	0	93	A
8°C7d	0	98	A
5°C7d	0	86	A
10°C14d	25	91	A
8°C14d	0	93	A
5°C14d	0	91	A
10°C21d	25	95	A
8°C21d	0	95	A
5°C21d	0	63	B

*Media

Cuadro 4. Tiempo de emergencia de adultos obtenidos al exponer pupas de *Tamarixia. triozae* a bajas temperaturas.

TRATAMIENTO	TIEMPO EN DÍAS	GRUPO
5°C21d	6±0.1*	A
CONTROL	5±0.1	A
5°C7d	5±0.1	A
5°C14d	5±0.1	AB
8°C14d	5±0.1	AB
8°C7d	4±0.1	AB
8°C21d	4±0.1	AB
10°C7d	4±0.1	BC
10°C14d	3±0.2	BC
10°C21d	2±0.1	C

*Media ± Error estándar

Cuadro 5. Supervivencia de adultos procedentes de pupas de *Tamarixia. triozae* expuestas a bajas temperaturas.

SUPERVIVENCIA (DÍAS)					
TRATAMIENTO	HEMBRAS	GRUPO	TRATAMIENTO	MACHOS	GRUPO
5°C7d	52±3(56)*	A	CONTROL	41±2(50)	A
CONTROL	50±2(67)	A	10°C14d	37±4(27)	AB
8°C7d	48±1(78)	A	8°C7d	36±2(39)	AB
10°C7d	44±2(76)	AB	5°C7d	33±3(47)	AB
5°C14d	44±3(70)	AB	10°C7d	32±4(36)	AB
8°C14d	42±2(87)	AB	10°C21d	32±3(21)	AB
10°C14d	41±2(52)	AB	8°C14d	30±4(25)	AB
5°C21d	41±4(36)	AB	5°C14d	28±4(39)	B
10°C21d	39±2(63)	BC	5°C21d	28±3(39)	B
8°C21d	30±2(70)	C	8°C21d	27±2(44)	B

*Media ± Error Estándar (Numero de avisvas observadas)

5. DISCUSIÓN

5.1 Caracterización de alimentación y fecundidad de *T. triozae* en la colonia madre

Tamarixia triozae mostró oviposición y alimentación sobre el huésped desde el primer día, pero a partir del día nueve el número de huevos superó la cantidad de ninfas depredadas. Ese incremento se puede relacionar con la necesidad de la hembra para obtener proteínas, para inducir la producción y maduración de los huevos lo cual es una práctica común en especies sinovigénicas (Jervis *et al.* 2001). En particular las hembras de este grupo se alimentan del huésped después de picar su integumento y succionar la hemolinfa (Burger *et al.* 2004, Van Driesche *et al.* 2007). En el caso de *T. triozae*, la hembra eliminó en promedio 235 ninfas de 4° o 5° ínstar en 30 días, 58% de las ninfas por oviposición y 42% por alimentación. Es decir que este parasitoide no solo asegura la siguiente generación de avispas, sino también disminuye la población de su presa por depredación.

5.2 Almacenaje de adultos a temperaturas bajas

Como ya lo habían señalado Colinet y Boivin (2011) la supervivencia de los parasitoides puede reducirse al disminuir la temperatura o al aumentar el tiempo de almacenaje. La idea de que el almacenaje de insectos a temperaturas bajas es un factor de estrés no está en duda, pero éste está en función de las condiciones de almacenaje y la respuesta innata de los organismos (Amice *et al.* 2008). En el caso de *T. triozae* esa disminución en supervivencia aún con los periodos más largos (21 d) y las temperaturas más bajas (8 y 5°C) fue significativo desde el punto de vista estadístico, pero se puede considerar “sin efectos de importancia” desde el punto de vista práctico.

La supervivencia de *T. triozae* en la mayoría de los tratamientos que se evaluaron en el presente estudio se mantuvo entre 98 y 99%. Esta elevada supervivencia a bajas temperaturas pudiera atribuirse a las características innatas de la especie; al menos teóricamente se propuso que la temperatura umbral inferior de *T. triozae* puede estar alrededor de 5°C (Vega-Chavez *et al.*

2013). Una explicación más de la supervivencia elevada pudiese ser la disposición de alimento (presencia de líneas de miel) y humedad (70 a 80%), los cuales resultan ser benéficos durante la exposición a bajas temperaturas (Leopold 1998). Finalmente, desde el punto de vista fisiológico el punto de fusión de los líquidos corporales en insectos no es afectado en un rango de 0 a 25 °C (Denlinger y Lee 1998). Para resistir bajas temperaturas algunos insectos utilizan glicerol y sorbitol presentes en la hemolinfa, sustancias que han demostrado ser útil en la termorregulación (Duman y Horwath 1983, Llanderal-Cázares 2002).

Se debe mencionar que conforme disminuía la temperatura, según fuera el caso de cada tratamiento *T. triozae* mostraba menor movilidad; sin embargo, cuando se colocaron a 25°C, recuperaron su movilidad y urgencia por alimentación. Se podría inferir que estos parasitoides pueden entrar a un periodo de quiescencia, caracterizado por una disminución del metabolismo bajo condiciones ambientales inesperadas, que es temporal y que se desactiva una vez que las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo (Wigglesworth 1974, Gillot 1980, Hance *et al.* 2007).

En cuanto al parasitismo y alimentación, se observó que aquellas avispas almacenadas por 7 días, sin importar la temperatura, tuvieron una tendencia de mejor desempeño durante los 21 días de evaluación. No obstante, el parasitismo y alimentación no mostró diferencias significativas con el testigo. Cabe mencionar que las hembras sometidas a 25, 10, 8 y 5°C presentaron un número de ninfas depredadas o parasitadas de 90±11, 107±17, 89±14 y 69±13 ninfas, respectivamente. El almacenaje a 10°C, tanto a corto como a largo plazo, también fue favorable para *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Nadeem *et al.* 2010). Lo anterior sugiere que el almacenaje de adultos a 10°C pudiera ser una opción cuando se requiere almacenar *T. triozae* para ser utilizados en campo para el control de *B. cockerelli*.

Con respecto a la supervivencia de adultos, sin exposición al huésped, por 21 días después de su almacenaje no tuvo diferencias significativas a las diferentes temperaturas, con un rango del 77 al 100% sin importar el sexo. Por otro lado, tampoco se presentaron diferencias significativas en la capacidad de desplazamiento de adultos de *T. triozae* expuestos a los tratamientos. Cabe

mencionar que estos parámetros se evaluaron con un máximo de 21 días de almacenaje, y pudiera existir diferencias si se prolongara este periodo, por ejemplo en *Trichogramma nerudai* Pintureau & Gerding se ha observado que el número de adultos obtenidos y su movilidad son afectados solamente si el almacenaje excede los 50 días a 4°C (Tezze y Botto 2004).

5.3 Almacenaje de pupas a temperaturas bajas

Colinet y Boivin (2011) han sugerido que, dentro de los estados de desarrollo, el estado de pupa en insectos es el más factible para ser almacenado a temperaturas bajas, pues además de permanecer inmóvil, es fácil de manipular y el cuerpo del parasitoide está protegido del exterior. Aunque esta técnica es recomendable en parasitoides, se ha registrado en algunas especies que al aumentar el tiempo de almacenaje o disminuir la temperatura, hay un efecto negativo en la emergencia, como en el caso de *Diadegma insulare* (Cresson), *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson), *Eretmocerus corni* Haldeman, *Encarsia formosa* Gahan, *Eretmocerus eremicus* Rose y Zolnerowich, *Aphidius picipes* Nees (Okine *et al.* 1996, Rodrigues *et al.* 2003, López y Botto 2005, Luczynski *et al.* 2007, Amice *et al.* 2008). *Tamarixia triozae* no es la excepción, pupas mantenidas a 5°C por 21 días disminuyeron su emergencia en 63%, mientras que en los demás tratamientos la emergencia osciló entre 86% y 98%.

El tiempo de emergencia puede afectarse con el almacenaje a temperaturas bajas (Colinet y Boivin 2011). En *T. triozae* a 5°C por 21 días se registró el mayor período antes de la emergencia con 6 días, lo anterior contrasta con el tiempo de emergencia en la mayoría de los tratamientos donde se registraron 5 o 4 días, con excepción de los tratamientos a 10°C por 14 y 21 días de almacenaje, donde las pupas requirieron 3 y 2 días respectivamente. Estos tiempos están relacionados con la tasa de desarrollo del estadio que depende de la temperatura, es decir entre mayor sea la temperatura más rápido se desarrollará el organismo.

En cuanto a la supervivencia, las hembras se mostraron más longevas que los machos en todos los tratamientos. Sin embargo, generalmente las hembras de *T. triozae* viven más que los

machos en condiciones normales (Rojas 2010), razón que pudiera explicar por qué las hembras reportan una mayor supervivencia después del almacenaje.

De acuerdo con la información que se obtuvo en este trabajo es posible almacenar, a 5, 8 y 10°C por 7,14 y 21 días a adultos de *Tamarixia triozae* sin demeritar características biológicas de interés (supervivencia, desplazamiento, parasitismo y alimentación sobre el huésped). En el caso de las pupas de *T. triozae*, almacenadas a las mismas temperaturas, se observó una disminución de emergencia del 37% a 5°C por 21d.

6. CONCLUSIONES GENERALES

1. En promedio cada hembra de *T. triozae* a 25°C se alimentó de 98 ninfas de 4° o 5° instar durante 30 días, con un máximo de 123 y un mínimo de 26. En relación a la oviposición en promedio cada hembra produjo 137 huevos con un máximo de 152 y un mínimo de 37. Mientras que de forma conjunta la hembra eliminó en promedio 235 ninfas de *B. cockerelli* con un máximo de 275 y un mínimo de 63 ninfas.
2. Las hembras de *T. triozae* sometidas a 25°C, 10°C, 8°C y 5°C durante 7 días presentaron la mayor cantidad de ninfas depredadas o parasitadas después de ser evaluadas por 21 días con un promedio de 90±11, 107±17, 89±14 y 69±13 ninfas, respectivamente. Lo anterior sugiere que el almacenaje de adultos a 10°C por 7 días pudiera ser una opción para el almacenaje de *T. triozae*.
3. La supervivencia sin huésped y el desplazamiento de adultos de *T. triozae* después de evaluar todos los tratamientos no presentaron diferencias significativas.
4. El porcentaje de emergencia de adultos de *Tamarixia triozae* obtenidos de pupas almacenadas a 5°C por 21 días fue de 63%, mientras que en los demás tratamientos la emergencia osciló entre 86% y 98%.
5. Las hembras de *T. triozae* obtenidas de pupas almacenadas a bajas temperaturas se mostraron más longevas que los machos en todos los tratamientos.

7. LITERATURA CITADA

- AMICE, G., P. VERNON, Y. OUTREMAN, J. VAN ALPHEN AND J. VAN BAAREN. 2008. Variability in responses to thermal stress in parasitoids. *Ecol. Entomol.* 33: 701-708.
- ARIAS, D., F. CANTOR, J. R. CURE Y D. RODRÍGUEZ. 2009. Biología y ciclo reproductivo de *Praon pos. occidentale* (Hymenoptera: Braconidae) parasitoide de *Macrosiphum euphorbiae* (Hymenoptera: Aphididae). *Agron. Colomb.* 27: 375-383.
- BRAVO, M. E Y L.P. LÓPEZ. 2007. Principales plagas del chile de agua en los valles centrales de Oaxaca. *Agroproduce. Fundación Produce Oaxaca A. C. México.* 18: 12-15.
- BURGER, M. S. J., T. M. REIJNEN, J. C. VAN LENTEREN AND L. E. M. VET. 2004. Host feeding in insect parasitoids: why destructively feed upon a host that excretes an alternative? *Entomol. Exp. Appl.* 112: 207-215.
- BUTLER, D. C., AND J. TRUMBLE. 2012. The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terr. Arthropod Rev.* 5: 87-111.
- CHEN, H., G. P. OPIT, P. SHENG AND H. ZHANG. 2011. Maternal and progeny quality of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) after cold storage. *Biol. Control.* 58: 255-261.
- COLINET, H., AND G. BOIVIN. 2011. Insect parasitoids cold storage: A comprehensive review of factors of variability and consequences. *Biol. Control.* 58: 83-95.
- CONOVER, W. J., AND R. L. IMAN. 1981. Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. *J. Am. Stat. Assoc.* 35: 124-129.
- DANKS, V.H. 2007. The elements of seasonal adaptations in insects. *Can. Entomol.* 139: 1-44.
- DENLINGER, L. D. AND R. E. LEE. 1998. Physiology of cold sensitivity. In: *Temperature Sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management.* Hallman, G. J. and D. L. Denlinger (Editors.). Westview Press. United States of America. pp. 55-95.
- DUMAN, J., AND K. HORWATH. 1983. The role of hemolymph proteins in the cold tolerance of insects. *Ann. Rev. Physiol.* 45: 261-270.

- GARZA, U. E., A. RIVAS M. Y J. G. MORENO CH. 2007. Manejo integrado de las plagas del chile y jitomate en el Altiplano de San Luis Potosí. Campo experimental Sur de Tamaulipas. Sitio Experimental Ébano. INIFAP-CIRNE. San Luis Potosí, México. Folleto para Productores Núm. 9. 47 pp.
- GARZÓN-TIZNADO, J. A., O. G. CÁRDENAS-VALENZUELA, R. BUJANOS-MUÑIZ, A. MARÍN-JARILLO, A. BECERRA-FLORES, 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: 58-69.
- GILLOT, C. 1980. Entomology. Plenum Press. New York and London. 729 p.
- HANCE, T., J. VAN BAAREN, P. VERNON, AND G. BOIVIN. 2007. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. Annu. Rev. Entomol. 52:107-126.
- JERVIS, M. A., G. E. HEIMPEL, P. N. FERNS, J. A. HARVEY, AND N. A. C. KIDD. 2001. Life-history strategies in parasitoid wasps: A comparative analysis of 'ovigeny'. J. Animal Ecology 70: 442-458.
- 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.
- LEGNER, E. F. 1976. Low storage temperature effects on the reproductive potential of three parasites of *Musca domestica*. Ann. Entomol. Soc. Am. 69: 435-441.
- LEOPOLD, R. A. 1998. Cold storage of insects for integrated pest management. In: G. J. Hallman, and D. L. Denlinger (eds.). Temperature Sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management. Westview Press. Boulder. 235-267 p.
- LLANDERAL-CÁZARES, C. 2002. Introducción a la fisiología de insectos. Colegio de Postgraduados. Estado de México. México. 190 pp.
- 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.

- LÓPEZ, N. S., E. BOTTO. 2005. Effect of cold storage on some biological parameters of *Eretmocerus corni* and *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biol. Control*. 33: 123-130.
- LUCZYNSKI, A., J. P. NYROP, AND A. SHI. 2007. Influence of cold storage on pupal development and mortality during storage and on post-storage performance of *Encarsia formosa* and *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biol. Control* 40: 107-117.
- 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) (Hemiptera: Triozidae). *Acta Zool. Mex.* (n. s.) 27: 509-526.
- MELLANBY, K. 1939. Low Temperature and Insect Activity. *Proc. R. Soc. Lond.* B127: 473-487.
- MUNYANEZA, 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.
- NADEEM, S., M. ASHFAQ, M. HAMED AND S. AHMED. 2010. Optimization of short and long term storage duration for *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) at low temperatures. *Pakistan J. Zool.* 42: 63-67.
- OKINE, S. J., E. R. MITCHELL, AND G. Y. HU. 1996. Low temperature effect on viability of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) pupae and effect of this parasitoid on feeding rate of diamondback moth larvae (Lepidoptera: Plutellidae). *Fla. Entomol.* 79: 503-509.
- PERCY, M. D., A. RUNG, AND M. S. HODDLE. 2012. An annotated checklist of the psyllids of California (Hemiptera: Psylloidea). *Zootaxa* 3193: 1-27.
- PLETSCH, D. J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc), its biology and control. *Montana Agric. Exp. St. Bull.* 446: 1-95.
- RODRIGUES, M. M. S., V. H. P. BUENO, E. M. V. SAMPAIO. 2003. Armazenamento de mummies de *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) parasitadas por

- Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae) em baixa temperatura. Bol. San. Veg. Plagas. 29: 367-374.
- ROJAS, P. 2010. Biología de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoide de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. 48 pp.
- RUBIO-COVARRUBIAS, O. A., I. H. ALMEYDA-LEON, J. IRETA-MORENO, J. A. SÁNCHEZ-SALAS, R. FRENÁNDEZ-SOSA, J. T. BORBÓN-SOTO, C. DÍAZ-HERNÁNDEZ, J. A. GARZÓN-TIZNADO, R. ROCHA-RODRÍGUEZ Y M. A. CADENA-HINOJOSA. 2006. Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. Agric. Téc. Méx. 32: 201-211.
- SAS. 2002. Institute Inc. SAS/STAT user's guide, versión 9. SAS Institute, Cary, NC.
- TEULON, D. A. J., P. J. WORKMAN, K. L. THOMAS, AND M-C. NIELSEN. 2009. *Bactericera cockerelli*: incursion, dispersal and current distribution on vegetable crops in New Zealand. NZ Plant Prot. 62: 136-144.
- TEZZE, A. A., E. N. BOTTO. 2004. Effect of cold storage on the quality of *Trichogramma nerudai* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Biol. Control. 30: 11-16.
- VAN BAAREN, J., Y. OUTREMAN, AND G. BOIVIN. 2005. Effect of low temperature exposure on oviposition behavior and patch exploitation strategy in parasitic wasps. Anim. Behav. 70:153-163.
- VAN DRIESCHE, R. G., M. S. HODDLE Y T. D. CENTER. 2007. Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. University of Massachusetts. Amherst, Massachusetts, USA. 752 pp.
- VAN LENTEREN, J. C. 2011. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. BioControl. 57: 1-20.
- VEGA-CHAVEZ, J. L. 2010. Determinación de alimentación y preferencia de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre estadíos de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Psyllidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 35 pp.

- VEGA-CHAVEZ J. L. 2013. Biología de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera:Psillidae) a diferentes temperaturas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 37 pp.
- WEN-LONG, C., R. A. LEOPOLD, AND M. A. BOETEL. 2008. Cold storage of adult *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae) and effects on maternal and progeny fitness. J. Econ. Entomol. 101: 1760-1770.
- WIGGLESWORTH, V. B. 1974. The Principles of Insect Physiology. Chapman and Hall. London. 827 pp.