

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



Biología y compatibilidad de *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae)
en el control de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)

Tesis

Que presenta JORGE LUIS VEGA CHÁVEZ

como requisito parcial para obtener el Grado de

DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGIA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2017

BIOLOGÍA Y COMPATIBILIDAD DE *Tamarixia triozae* (HYMENOPTERA:
EULOPHIDAE) EN EL CONTROL DE *Bactericera cockerelli* (HEMIPTERA:
TRIOZIDAE)

Tesis

Elaborada por JORGE LUIS VEGA CHAVEZ como requisito parcial para obtener el
grado de Doctor en Ciencias en Parasitología Agrícola con la supervisión y aprobación
del Comité de Asesoría



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor Principal



Dr. Mariano Flores Dávila
Asesor



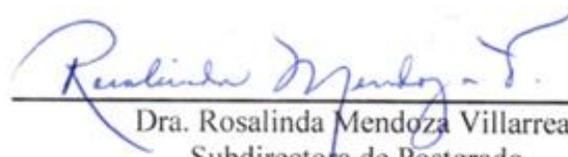
Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor



Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe
Asesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Subdirectora de Postgrado
UAAAN

Agradecimientos

A mi alma mater que ha permitido superarme profesionalmente.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez por permitirme trabajar bajo su tutela, por las facilidades que me brindo durante mi estancia y por ser parte en mi desarrollo profesional.

A la Dra. Yisa María Ocho Fuentes por su asesoría y comentarios en la realización de este trabajo de tesis. Gracias por los consejos y toda la ayuda brindada en la realización de mi doctorado.

Al Dr. Mariano Flores Dávila por su amistad y apoyo brindado durante mi estancia en la Universidad. Gracias.

A Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe por formar parte del comité de asesoría de mi trabajo profesional y por las facilidades brindadas.

Al Dr. Jerónimo Landeros Flores por el apoyo y facilidades que me brindo para la realización de este trabajo.

Al M. C. Víctor Manuel Sánchez Valdés por su amistad y apoyo brindado.

A los Maestros de la UAAAN que participaron en mi formación ya sea dentro o fuera de un salón de clases. Gracias por sus pláticas, regaños y apoyo.

A mis compañeros y amigos de la Cámara 3; Gibran Alejandro, Francisco (Pancho), Neto, Leslie Carneiro y Martin Berrones. También a los amigos con los que compartí clases, pláticas y fiestas; Francisco “Minimi”, Cesar “Camaron”, Alejandro de la Cruz, Yolis, Panchito Monzón, Desiree Dávila, Fabiola Garrido, Almendra Paxtian, Isaac, Mayo, Dr. Agustín, Reyna Ivonne, Diego Camacho, Renato, Omegar, Anselmo y aquellos que omito por qué no los recuerdo en estos momentos pero no son menos importantes.

Al personal del Departamento de Parasitología por brindarme facilidades para la realización de este trabajo, en especial a Ana Cecilia Herrera Luna y a Zulema Piedra del área Posgrado.

Dedicatoria

A Dios.

A mis padres Oscar Vega y Brígida Chávez por ese amor y apoyo que siempre tengo presentes, lo cual me da confianza para seguir adelante. No existen palabras que pueda plasmar para demostrarles mi amor y agradecimiento.

A ti Yessica, a mi princesa Regis y la bebé (que viene en camino) por todo su amor, ayuda y compañía. Son mi estímulo, mi motor para seguir adelante.

A mi hermana Cintya Evelin Vega, mi cuñado Rubén Espinosa y mis hermosas sobrinas Ivanna y Victoria por todo su cariño y apoyo.

A mi hermana Valeria Vega por su cariño y a pesar de la distancia estás siempre conmigo.

A mi abuelita Conchita y toda mi familia Vega que siempre hemos estado unidos a pesar de todo.

A mis abuelitos Santos† y Manuela† y toda mi familia Chávez que aun y la distancia, su cariño se siente cercano.

A mi abuelo el Sr Mario Vega Ruiz† por inculcarme la importancia del estudio, superación y ser el estímulo en mi formación académica y personal. Muchas gracias Abuelo.

A toda la familia Alvarado Cepeda por todo su apoyo y cariño que me han brindado.

A Don Kalano un señor ejemplo de trabajo y honradez y a toda su familia por siempre tenerme presente.

A toda la familia Ibarra Pérez por el apoyo y amistad brindada desde que llegue a Saltillo.

Carta de aceptación y recepción de los artículos

Carta de artículo aceptado para su publicación en la revista *Southwestern Entomologist* en diciembre del 2016.

Cita: Vega-Chávez, J. L., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J. R., Sánchez-Valdez, V. M., Cerna-Chávez, E., & Uribe, L. A. A. 2016. Umbrales de Desarrollo de *Tamarixia triozae* Parasitoide del Psílido de la Papa. *Southwestern Entomologist*, 41(4), 1077-1084.

SWE#2643 FINAL version.



Blanco, Carlos A - APHIS
18/10/2016 06:09 a. m.



Para: 'Jorge Vega Chavez' Cc: Pendleton, Bonnie (bpendleton@mail.wtamu.edu); bpendleton@wtamu.edu;...



SWE#2643_FINAL...
60.8 KB

Estimado M.C. Vega, buen día. Me place comunicarle que su manuscrito ha sido finalmente aceptado, proceso que nos llevó a dos revisiones y 160 días.

Dr. Pendleton, please consider the attached version as final.

Saludos cordiales,
Carlos

Correo de recepción del manuscrito para su revisión en la revista Biociencias.

De: Jorge Vega Chavez
Enviado: viernes, 3 de noviembre de 2017 12:34 p. m.
Para: Dr. Ernesto Cerna; yisa8a@yahoo.com
Asunto: RV: [Rev Bio Ciencias] Envío recibido

Les comparto que ya se envió el artículo y esta en proceso de evaluación.
Saludos.

Enviado desde [Correo](#) para Windows 10

De: Dr. Manuel Iván Girón Pérez <revistabiociencias@gmail.com>
Enviado: Friday, November 3, 2017 12:17:28 PM
Para: JORGE LUIS VEGA CHAVEZ
Asunto: [Rev Bio Ciencias] Envío recibido

JORGE LUIS VEGA CHAVEZ:

Por este medio la Revista Bio Ciencias (ISSN: 2007-3380) hace constar que recibió el Artículo denominado "Alimentación de Tamarixia triozae (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de ninfas de Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae)", mismo que se pondrá a consideración de revisores técnicos para su dictamen.

En lo sucesivo, el Comité Editorial se pondrá en contacto para notificarle sobre el resultado que arroje la revisión de su manuscrito y/o usted podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista: <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS> gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos.

URL del manuscrito:
<http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/author/submission/394>
Nombre de usuario/o: jorgevega

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Agradezco de antemano su interés por publicar en nuestra revista. Reciba usted un cordial saludo.

Dr. Manuel Iván Girón Pérez
Editor en jefe
Revista Bio Ciencias 2007-3380
Docente-Investigador, SNI Nivel 1
Universidad Autónoma de Nayarit
Revista Bio Ciencias (ISSN: 2007-3380)

Correo de recepción del manuscrito para su revisión en la Revista Colombiana de Entomología.

De: Rev. Colomb. Entomol. Socolen
Enviado: jueves, 12 de octubre de 2017 12:42 a. m.
Para: Jorge Vega Chavez
Asunto: Re: 2017_24

Estimado autor Vega,

Recibido. Continuaremos con el proceso de arbitraje.

Cordialmente,

Lina Marcela Isaza-López, B. Sc.
Editor asistente
Revista Colombiana de Entomología
Sociedad Colombiana de Entomología
Transversal 24 #54-31 Edificio Volterra Of. 505
Tel y Fax: 57-1-3472320
Bogotá, D. C., Colombia
<http://www.socolen.org.co>

El 9 de octubre de 2017, 13:58, Jorge Vega Chavez <vegach@live.com.mx> escribió:

Estimada editora:

Le agradezco su respuesta y correcciones que me hizo llegar de mi escrito y le comento que ya se revisaron los puntos señalados y otros. Anexo de nuevo el escrito para continuar con el proceso y estoy pendiente de su respuesta.

Saludos cordiales.

M.C. Jorge Luis Vega Chávez

UAAAN-SALTILLO

Enviado desde [Correo](#) para Windows 10

De: [Rev. Colomb. Entomol. Socolen](#)
Enviado: lunes, 25 de septiembre de 2017 11:38 p. m.
Para: [Jorge Vega Chavez](#); [Ernesto Cerna](#)
Asunto: RCdeE 2017_24

Introducción

El uso irracional de insecticidas sobre los cultivos repercute en el ambiente y la salud humana, se deben usar alternativas para el manejo de plagas agrícolas. Un caso donde se abusa del uso de plaguicidas es en el cultivo de Solanáceas, específicamente en la papa. Estas aplicaciones son dirigidas al insecto plaga *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) que se asocia a ser vector enfermedades, ocasionando un daño tan severo a las plantas que ha llevado al abandono de los cultivos. Una de las alternativas puede ser el control biológico con el uso de entomopatógenos, parasitoides y/o depredadores. En los últimos años se ha comenzado a estudiar al parasitoide *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) y se le considera como agente potencial de control biológico por sus características. Las investigaciones que se han realizado lo definen como un ectoparasitoide, idiobionte, haplodiploide, sinovigénico, solitario de ninfas de tercero, cuarto y quinto instar además de presentar hábitos de alimentarse de su huésped. Los niveles de parasitismo en campo son hasta del 80% cuando no se realizan aplicaciones de insecticidas, además de que se puede sumar los insectos muertos por acción de su alimentación. Esta especie es nativa de México y sur de Estados Unidos por lo que posee adaptabilidad a las condiciones donde se desarrolla su huésped que también se le considera nativo de esta misma zona geográfica y es muy fácil encontrarlo en lugares donde se encuentre su huésped. La aplicación o conservación de esta especie puede ser fundamental para mantener las poblaciones de *B. cockerelli* en densidades bajas donde no rebasen los umbrales económicos. Esta especie de parasitoide además de encontrarse de manera natural, también se comercializa por empresas en México lo cual facilita su aplicación en los cultivos. Y es debido a esto, es que se debe estudiar de manera precisa para determinar su potencial como agente de control biológico. Por lo que actualmente se están realizando investigaciones sobre esta especie para optimizar su eficiencia y manejo. Debido a esto, en el presente trabajo se realizó investigación sobre su comportamiento alimenticio y sus efectos en condiciones de reproducción y/o almacenamiento. También se determinaron los efectos de insecticidas en contacto directo sobre el parasitoide *T. triozae* y su huésped *B. cockerelli*. Estos datos coadyuvarán en la calidad, manejo y liberaciones del parasitoide.

Revisión de literatura

Bactericera cockerelli

Descripción y clasificación taxonómica

Este insecto plaga fue descrito como *Trioza cockerelli* por Sulc en el año 1909 con insectos colectados por T. D. Cockerelli sobre plantas de Chile en Colorado, Estados Unidos (Sulc, 1909), posteriormente se reclasificó al género *Paratrioza* (Crawford, 1910) y finalmente Hodkinson (2009) lo ubica dentro del género *Bactericera* en la familia Triozidae y se corrobora por Burckhardt y Ouvrard (2012). Anteriormente se le clasificó dentro de la familia Psylloidea por lo que sus nombres comunes son Psílido de la papa o tomate, paratrioza, salerillo o pulgón saltador (EPPO, 2002).

La clasificación taxonómica de *B. cockerelli* es:

Reino: Animal

Phyllum: Artropoda

Clase: Hexapoda

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Familia: Triozidae

Género: *Bactericera*

Especie: *B. cockerelli* Sulc (CABI, 2016)

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *B. cockerelli* de huevo a adulto en condiciones normales varía de 20 a 26 días (Xiang-Bing y Tong-Xian, 2009; Montero, 1994) pero esto dependerá de las temperaturas a las que exponga, así como de la planta donde se desarrolle ya que requiere entre 358 y 368 grados día de desarrollo si se desarrolla sobre papa o tomate

respectivamente. Los umbrales mínimos de desarrollo calculados son de 7 °C (Marín *et al.*, 2002; Tran *et al.*, 2012).

Tipos de daño

Existen diferentes tipos de daños causados por la alimentación de este insecto. Cuando se alimentan los adultos e inmaduros extraen savia de la planta y al mismo tiempo inyectan toxinas. Pero el daño más importante se relaciona por ser vector de una enfermedad de tipo bacteriano, conocida como Zebra chip asociada a la alpha protobacterium *Candidatus Liberibacter psyllaureus*, en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) (Crosslin and Munyaneza 2009, Hansen *et al.* 2008), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.) (Garzón-Tiznado *et al.* 2009, Liu and Trumble 2007, Hansen *et al.* 2008, Butler and Trumble 2012).

Plantas hospederas de *Bactericera cockerelli*

Este insecto se ha encontrado en diferentes plantas de las familias; Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Violaceae, Chenopodiaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Lycophyllaceae, Malvaceae, Menthaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Polygonaceae, Rosaceae, Salicaceae, Scrophulariaceae, Zygophyllaceae y en los cultivos de Solanáceas como el tomate (*Solanum lycopersicum*), tomate verde (*Physalis ixocarpa*), papa (*Solanum tuberosum*) y chile (*Capsicum annuum*) (Pletsch, 1947).

Distribución

La distribución de este insecto se ha reportado en varios países de Centroamérica como El Salvador, Honduras, Nicaragua y Guatemala. La zona norte del continente Americano se reporta desde Canadá, pero se limita solo a estados como: Alberta, British Columbia, Manitoba, Ontario, Quebec y Saskatchewan; En México se ha reportado de manera formal en los estados de México, Nuevo León, Coahuila, Tlaxcala, Sonora, Oaxaca, San Luis Potosí, Michoacán, Durango, Baja California, Morelos, Puebla, Guanajuato, Nayarit y Sinaloa. La distribución dentro de los Estados Unidos de América se reporta en Arizona, California, Colorado, Idaho, Iowa, Kansas, Minnesota, Montana, Nebraska, Nevada, Nuevo México, Dakota del Norte, Oklahoma, Oregón, Texas, Utah,

Washington, Wisconsin y Wyoming. También se ha reportado como plaga introducida en algunas zonas del continente Oceánico como: Nueva Zelanda, Isla Norfolk y Australia. (López-Monroy, 2012; Rubio-Covarrubias *et al.*, 2006; Obtenido de CABI, 2017).

Control químico de *Bactericera cockerelli*

El principal método de control de este insecto es con aplicaciones químicas con productos como thiacloprid, imidacloprid, abamectina, esfenvalerate, β -cyflutrin, clotianidin, flonicamid, pimetrozin, spirotetramat, espiromesifen, tiametoxan, spinetoram, forate, endosulfan, dinotefuran, oxamil y otros insecticidas convencionales durante el cultivo. El número de aplicaciones según la zona puede ser de 12 a 30 ocasiones por ciclo en México y en Estados Unidos de América suele disminuir su número de aplicaciones e insecticidas conforme a los resultados que han tenido en ciclos pasados. Se ha comprobado que las malas aplicaciones de insecticidas químicos pueden llegar a confundirse con resistencia y cuando se comprueba resistencia de productos organofosforados y carbamatos se asocian a enzimas esterasas seguido de las enzimas oxidasas (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2006; Vega-Gutierrez *et al.*, 2008; Davila-Medina *et al.*, 2012)

El uso de plaguicidas selectivos

En los sistemas modernos de producción agrícola, uno de los elementos esenciales es la protección de los cultivos desde una perspectiva de manejo integrado de plagas (MIP). Las herramientas que pueden provocar mayores resultados son el uso en conjunto de enemigos naturales y plaguicidas selectivos (Viñuela, 2011). A estos pesticidas selectivos se les denomina biorracionales y se caracterizan como sustancias que derivan de microorganismos, plantas o minerales; también pueden ser sustancias sintéticas que se caracterizan por tener una toxicidad muy baja para los humanos, descomponerse en pocas horas y ser específicos para las plagas que se desea controlar (O'Farril-Nieves, 2003). El uso en conjunto de plaguicidas con organismos de control biológico como parasitoides y depredadores presenta el problema que al realizar aplicaciones o tratamientos para eliminar las plagas, los más afectados no siempre son las plagas, sino

los organismos benéficos (Croft, 1990). Debido a lo anterior se considera indispensable estudiar los efectos de los plaguicidas sobre estos organismos en contacto directo e indirecto e identificar los daños secundarios que puede ocasionar (Medina *et al.*, 2008).

Tamarixia triozae

Descripción y clasificación taxonómica

Los adultos de *Tamarixia triozae* como los Eulofidos se caracterizan por presentar 4 segmentos tarzales; antena con 2 o 4 segmentos funiculares, antena insertada en o debajo del margen inferior del ojo; espolón tibial anterior corto y recto; metasoma constreñido en la base; vena marginal larga, varias veces más larga que ancha y extendida hasta la mitad de la longitud del ala anterior, venas estigmal y posmarginal frecuentemente cortas (Schauff *et al.*, 2006).

Burks, (1943) describe a esta especie de color negro no iridiscentes; de tamaño cercano a un mm de longitud, pero se han observado en cría de laboratorio medidas de más de 1.5 mm (Escudero, 2011). Los segmentos basales de los tarsos son de color claro (blanco y/o amarillo); patas y antenas de los machos a veces claro. Aunque también se ha observado que la unión de las articulaciones de las patas (femur-tibia-tarsos) presenta coloraciones claras en machos y en menor cantidad en hembras.

Las hembras y los machos se distinguen fácilmente debido a que las hembras normalmente son más grandes. La forma de las antenas en las hembras son con un escapo corto, pedicelo de la mitad de tamaño del escapo, los segmentos funiculares son más cortos y anchos que el anterior hasta engrosarse tanto en una masa antenal o club antenal (zona distal de la antena) y la antena presenta setas pequeñas en todos los segmentos funiculares. La antena del macho presenta en mismo grosor en los funículos hasta la masa antenal o club y tienen setas largas en cada segmento funicular. Los machos presentan genitales excepcionalmente grandes (Burks, 1943).

Esta especie se clasifico durante mucho tiempo dentro del género *Tetrastichus* y de acuerdo a Boucek (1988) según La Salle (1993) lo reclasifica y reconoce dentro del género *Tamarixia*, quedando de este modo su ubicación taxonómica:

Reino: Animal

Phyllum: Arthropoda

Clase: Hexapoda

Orden: Hymenoptera

Superfamilia: Chalcidoidea

Familia: Eulophidae

Subfamilia: Tetrastichinae

Género: *Tamarixia* (=Tetrastichus)

Especie: *T. triozae* (Burks 1943)

Ciclo de vida

Rojas *et al.* (2014), reporta que el ciclo de vida, de huevo hasta la emergencia de los adultos requiere aproximadamente de 12 días a 26 °C. Los huevos, larvas y pupas duran 1.5, 3.5 y 5.7 días respectivamente; las hembras adultas viven 19.9 días y su periodo de preoviposición es de 1.9 días aproximadamente. Vega-Chavez *et al.*, (2016) reporta que este parasitoide requiere de 243.9 grados días de desarrollo con un umbral de temperatura inferior calculado de 4.8°C y a los 35°C se determinó como umbral de temperatura superior ya que se reportó mortalidad de todos los parasitoides.

¿Potencial agente de control biológico?

Aunque algunos autores no consideran que este parasitoide sea promisorio en el control biológico de *B. cockerelli* (Jhonson, 1971; Butler y Trumble, 2012), otros consideran lo contrario. El potencial lo atribuyen por sus características y comportamiento, además de los buenos niveles de parasitismo de hasta un 85% en campo sin aplicaciones de

insecticidas (Lomelí-Flores y Bueno Partida, 2002; Bravo y López 2007). Una hembra de *T. triozae* es capaz de matar a 300 ninfas entre parasitismo y su alimentación, además de tener un periodo de preoviposición menor a las 24 h (Cerón-Gonzales *et al.*, 2014). Como este insecto se le considero promisorio, en Nueva Zelanda se pretende importar a este parasitoide para su uso como agente de control biológico (Workman y Whiteman, 2009).

Artículos

Umbrales De Desarrollo De *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) Parasitoide Del Psílido De La Papa

Development Thresholds in *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a Parasitoid of Potato Psyllid

Jorge Luis Vega-Chávez^{1&}, Esteban Rodríguez-Leyva², J. Refugio Lomeli-Flores², Víctor Manuel Sánchez-Valdez¹, Ernesto Cerna-Chávez¹

Resumen.

Tamarixia triozae es un ectoparasitoide de ninfas del psílido de la papa (*Bactericera cockerelli*) con niveles de parasitismo en campo hasta del 85% quien además tiene hábitos de depredación de su hospedero, lo que contribuye a ser un potencial agente de control biológico. Con el fin de determinar los requerimientos térmicos y las temperaturas efectivas para el desarrollo de *T. triozae* se estimaron los grados días de desarrollo (GDD) que se requieren para completar el ciclo de vida del parasitoide. Se tomaron huevos con menos de 5 horas de edad colocados a temperaturas constantes de 10, 15, 20, 25 30 y 35°C ($\pm 1^\circ\text{C}$, 70 \pm 10% HR y 12:12 h L:O) y se observó su desarrollo hasta la emergencia de adultos. El ciclo de vida del parasitoide requirió de 243.9 GDD, un umbral de temperatura inferior (UTI) de 4.8° y a 35°C no se completo el ciclo de vida siendo este el umbral de temperatura superior (UTS).

¹ Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, C.P. 56230 Texcoco, Estado de México, México.

²Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro No. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

[&]Autor para correspondencia: vegach@live.com.mx

Abstract

Tamarixia triozae is an ectoparasitoid of potato psyllid nymphs (*Bactericera cockerelli*) with up to 85% parasitism in field; the parasitoid also feeds on the host contributing to be useful as a potential biological control agent. In this research, the thermal requirements were determined and the temperature thresholds for *T. triozae* developing were estimated establishing degree days (DD) required to complete the parasitoid life cycle. Eggs with less than 5 h. old were taken and placed at constant temperatures of 10, 15, 20, 25, 30 and 35 °C (± 1 °C, $70 \pm 10\%$ RH and 12:12 h L: D) until adult emergence. The parasitoid life cycle required 243.9 DD, with a lower temperature threshold (LTT) of 4.8 °C and 35°C upper temperature threshold (UTT), where life cycle was not completed.

Introducción.

El psílido de la papa, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae), es una plaga de importancia económica en solanáceas por los daños que ocasiona al alimentarse, ya que extrae savia de las plantas e inyecta toxinas. No obstante, el daño más importante se relaciona con su papel como vector de enfermedades de tipo bacteriano, particularmente el alpha protobacterium *Candidatus* Liberibacter *psyllaourous* (también conocido como *C. L. solanacearum*), en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L) (Crosslin and Munyaneza 2009, Hansen *et al.* 2008), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y chile (*Capsicum annum* L) (Garzón-Tiznado *et al.* 2009, Liu and Trumble 2007, Hansen *et al.* 2008, Butler and Trumble 2012). Para tratar de prevenir el daño y la transmisión de enfermedades, se realizan de 12 a 30 aplicaciones de insecticidas químicos por ciclo de cultivo en varios lugares de México y EE.UU. (Rubio *et al.* 2006, Vega-Gutiérrez *et al.* 2008, Guenther *et al.* 2012). Con el fin

de disminuir la dependencia en los plaguicidas para este problema, que no es eficiente ni sostenible, se ha propuesto la inclusión de algún enemigo natural como parte del manejo integrado de esta plaga (Butler and Trumble 2012, Cerón-González *et al.* 2014, Rojas *et al.* 2015, Calvo *et al.* 2016).

Aunque hay varias especies de enemigos naturales de *B. cockerelli* en Norteamérica (Butler and Trumble 2012 b), el ectoparasitoide *Tamarixia triozae* (Burks) está distribuido desde el norte de EE.UU hasta el sur de México (La Salle 1993), y se considera como uno de los que tienen mayor potencial por su ciclo corto de vida, alta capacidad reproductiva y su habilidad para alimentarse del huésped (Cerón-González *et al.* 2014, Rojas *et al.* 2015, Yang *et al.* 2015). Probablemente por esto existen algunos reportes de hasta 80% de parasitismo natural cuándo no se usan insecticidas (Bravo y López 2007). Considerando la amplia distribución de *T. triozae* en Norteamérica (La Salle 1993), es probable que su eficiencia pueda ser afectada por factores ambientales entre los que destaca la temperatura. Es importante tener el conocimiento de la capacidad de adaptación y temperaturas en las que los parasitoides pueden desarrollarse para determinar la posibilidad de implementar agentes de control biológico en lugares donde se desarrolla los insectos plaga (Roy *et al.* 2002). Es por esto que se han realizado estudios sobre otros Eulofidos como lo realizó Gómez-Torres (2012) para determinar que la exposición de *Tamarixia radiata* a diferentes temperaturas constantes afecta la fisiología y etología. Debido a esto el objetivo del presente trabajo fue determinar los rangos de temperatura donde *T. triozae* puede desarrollarse al estimar el umbral de temperatura inferior (UTI)

y el umbral de temperatura superior (UTS) y los requerimientos térmicos para completar su ciclo expresados en Grados Días de Desarrollo (GDD).

Materiales y métodos

Plantas y cría de insectos. Las plantas utilizadas para la reproducción y establecimiento del experimento fueron de tomate variedad “Rio grande” con una altura de 12 a 13 cm de altura que se desarrollaron sin aplicación de insecticidas y fueron regadas con solución nutritiva. Las dos especies de insectos, psílidos y parasitoides, provinieron de crías establecidas en laboratorio e invernadero en el Colegio de Postgraduados, Texcoco, México, sobre plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) siguiendo las metodologías descritas en Rojas *et al.* (2015) y Luna *et al.* (2015).

Experimento. Para realizar este estudio se utilizaron ninfas de cuarto y quinto ínstar de *B. cockerelli* con menos de cinco horas de haber sido parasitadas por *T. triozae*. Las ninfas parasitadas de *B. cockerelli* se colocaron con ayuda de un pincel de pelo de camello triple cero, sobre el haz de un foliolo de una planta de sembrada en vasos de 250 mL de unicel. Estas plantas con los insectos se llevaron a incubar en cámaras bioclimáticas (SHEL LAB®, modelo No. LI15) a seis distintas temperaturas: 10, 15, 20, 25, 30 y 35 ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ HR y un fotoperiodo de 12:12 L:O) para registrar el tiempo de desarrollo en cada caso. Para determinar la tasa de desarrollo del parasitoide se realizaron observaciones a las 9:00, 14:00 y 19:00 horas diariamente durante 50 días. Cada temperatura representó un tratamiento, aunque se inició con 20 ninfas parasitadas en cada temperatura sólo se usaron los datos de los

parasitoides que completaron el desarrollo, en algunos tratamientos sólo completaron el desarrollo 10 individuos, aunque estos no representan la mortalidad real provocada por cada temperatura, debido a que también se registraron muertes por factores de deshidratación del follaje, la caída de las ninfas y probablemente por la manipulación.

Estimación de los Grados Día de Desarrollo (GDD). Para calcular los grados día de desarrollo se utilizó el método de umbrales de temperatura; es un método lineal que establece que la tasa de desarrollo es una línea recta directamente relacionada con la temperatura (Wilson y Barnett 1983). Donde el número de días que tardó un individuo desde huevo hasta el estado adulto se convirtió a tasa de desarrollo (1/días de desarrollo). Posteriormente se grafica la tasa de desarrollo y se obtiene una línea de tendencia central con la ecuación $y = a + bx$, donde, y =tasa de desarrollo, a = intercepto al origen, b = pendiente de la recta y x = temperatura de desarrollo. De esta ecuación se tomó el valor de “ b ” para determinar los grados día de desarrollo con la fórmula $GDD = 1/b$. Para estimar el umbral de temperatura inferior (UTI) se utilizaron los valores de “ a ” y “ b ” de la ecuación para desarrollar la fórmula $UTI = -(-a)/b$. Estos datos se obtuvieron con el programa Minitab[®] 16.

Análisis estadístico. Los datos de las tasas de desarrollo de cada temperatura se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias (Tukey $P=0.05$) usando el programa Statistix 8.1.

Resultados y discusión.

Temperaturas y Tasas de Desarrollo de *Tamarixia triozae*. La

tasa de desarrollo de *T. triozae* se incrementó conforme aumentó la temperatura desde 10 hasta 30°C. Sin embargo, a 35°C solo se registró la emergencia de 12 larvas pero estas no lograron desarrollarse y ninguna alcanzó el siguiente estado de desarrollo. Por ese motivo se consideró que el umbral de temperatura superior fue de 35°C. Para precisar el umbral de temperatura superior exacto, se requiere investigar temperaturas entre 30 y 35°C. En algunas otras especies de eulófidos, por ejemplo *Diglyphus puztensis* (Erdös and Novicky), *Quadrastichus haitiensis* (Gahan), y *Aprostocetus vaquitarum* Wolcott las temperaturas de 30, 32 y 33°C, respectivamente, afectaron desfavorablemente el desarrollo de los inmaduros (Castillo *et al.* 2006, Hondo *et al.* 2006, Ulmer *et al.* 2006). Aparentemente *T. triozae* tiene un umbral de temperatura superior similar al de su huésped, el psílido de la papa, ya que la temperatura constante de 35°C afectó su desarrollo (Marín-Jarillo *et al.* 1995, FHIA 2012, Tran *et al.* 2012).

En el rango de temperaturas de 10 a 30°C las tasas de desarrollo de *T. triozae* mostraron diferencias significativas entre sí ($F=515$, g.l. 4, 51, $P<0.0001$). El ciclo de vida más corto se presentó a 30°C y se fue alargando conforme se disminuyó la temperatura (Cuadro 1). Para completar el ciclo de *T. triozae* se necesitó de 4 veces más tiempo en la temperatura de 10°C comparada con 30°C (Cuadro 1). 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 1). El coeficiente de correlación entre

la tasa de desarrollo de *T. triozae* y las temperaturas ($R^2=0.9792$) sugirió un excelente grado de asociación entre las variables (Figura 1).

Cuadro 1. Ciclo de vida y tasa de desarrollo del parasitoide *Tamarixia triozae* sobre *Bactericera cockerelli* a diferentes temperaturas ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ H.R., 12:12 L:O).

Table 1. Lifecycle and development rate parasitoid *Tamarixia triozae* on *Bactericera cockerelli* at Different Temperatures ($\pm 1^\circ\text{C}$, $70\pm 10\%$ R.H., 12:12 L:D).

Temperatura ($^\circ\text{C}$)	n	Ciclo de vida (d)	Tasa de desarrollo ²
10	18	41.6 ± 0.373	0.0240a
15	10	26.7 ± 1.371	0.0375b
20	10	16.5 ± 0.552	0.0606c
25	16	11.1 ± 0.503	0.0901d
30	14	9.95 ± 0.919	0.1005e
35	20	Todas muertas	--

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

Grados Días de Desarrollo. *T. triozae* requirió de 243.9 GDD para completar su ciclo de vida, este valor está dentro del rango para siete especies de eulófidos, todos parasitoides de *Liryomiza trifolii* (Burgess) (Hondo *et al.* 2006). Los mismo autores indicaron que la mayoría de esas especies necesitaron

menos de 244 GDD, y sólo *Chrysocharis pentheus* (Walker) necesitó 256.4 GDD en el caso de los machos, y 270.3 en las hembras.

De acuerdo con los valores desarrollo y las estimaciones correspondientes, *T. triozae* presentó un umbral de temperatura inferior (UTI) de 4.8°C. Según esas mismas estimaciones la tasa de desarrollo a 4.8°C sería igual a cero (Figura 1). Esta estimación pareciera ligeramente baja comparada con los valores de UTI de 6.8 hasta 11.8 °C para otros eulófidos parasitoides de minadores (*Liriomyza trifolii*) (Hondo *et al.* 2006), pero Tran *et al.* (2012) al calcular mediante el mismo el método el umbral de temperatura inferior para ninfas *B. cockerelli* (hospedero) reportó temperaturas de 4.2 a 5.3 °C. Por lo que se puede asociar estos requerimientos térmicos entre el parasitoide y las ninfas que son el estadio susceptible del hospedero a ser parasitado.

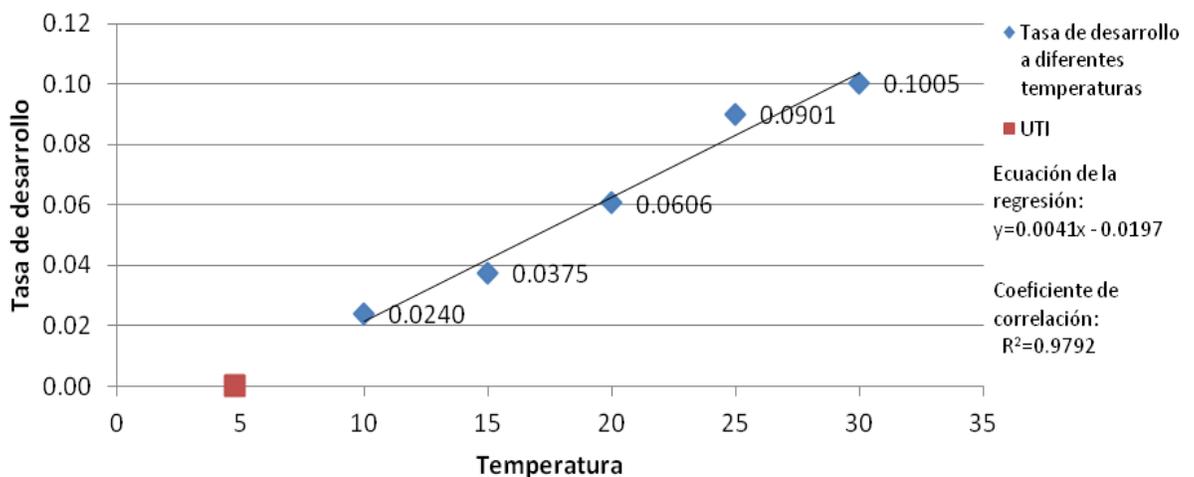


Fig. 1. Tasas de desarrollo de *Tamarixia triozae* (1/d) a diferentes temperaturas con línea de tendencia central (regresión lineal), ecuación de la recta, intercepto en el origen y coeficiente de correlación.

Fig . 1. Development rate *Tamarixia triozae* (1/d) at different temperatures with central trend line (linear regression) equation of the line , the origin intercept and correlation coefficient .

Como sucede en otros insectos, en este trabajo se encontró que la tasa de desarrollo de *Tamarixia triozae* está influenciada por la temperatura, a mayor temperatura mayor tasa de desarrollo. Marín-Jarillo *et al.* (1995) señalaron que *B. cockerelli* completaba su ciclo de vida en 356 GDD y Tran *et al* (2012) reporta 358 y 368 GDD en desarrollarse en papa y tomate, valores superiores comparados con el de *T. triozae* (243.9 GDD). De manera general ya se había reportado la diferencia en ciclos de vida de ambas especies a una temperatura constante (Rojas *et al.* 2015, Yang and Liu 2009), pero no se había realizado estimaciones de los GDD para el parasitoide. Esta información podría ser útil para el monitoreo en el seguimiento de las liberaciones o en el manejo en los centros de reproducción de este parasitoide.

Con base en este trabajo se puede entender la presencia natural de *T. triozae* en los estados reportadas por Jensen (1957); Arizona (15.22°C), California (14.11°C), Kansas (12.27°C), New Mexico (11.61°C), Colorado (7°C), Nebraska (9.11°C), Montana (5.05°C) y Washington (7.83°C) (NOAA, 2016) donde las temperaturas medias anuales oscilan dentro del rango de 5 a 30°C que se reporta para el desarrollo de *T. triozae* en este trabajo. En México también se ha reportado en estados donde la temperatura media anual no supera los 20°C;

Bravo y López (2007) lo reporto en los Valles Centrales de Oaxaca (20°C), Rojas *et al.* (2015) colecto parasitoides en Salvatierra, Guanajuato (18°C) y Texcoco, Edo. de México (16.7°C) y Bueno y Lomeli (2002) realizaron nuevo reporte para este parasitoide en el estado de Michoacán (20°C) (SMN 2016, CONAGUA 2016).

Conociendo las temperaturas donde *T. triozae* puede desarrollarse se puede explicar la presencia en otras regiones así como implementar liberaciones de *T. triozae* en zonas productoras donde las temperaturas oscilen entre los rangos de 5 y 30°C. Los principales municipios donde se siembra papa y tomate en México se encuentran en Sinaloa (SIAP, 2011), donde la temperatura media anual oscilan alrededor de 25°C (CONAGUA, 2013). Con estas temperaturas se podría predecir que *T. triozae* puede alcanzar niveles importantes de parasitismo de manera natural en esas zonas. Es importante mencionar que los trabajos de laboratorio no reflejan todos los factores a los que se exponen de manera natural los parasitoides en el campo, y sólo con estudios que incluyan liberación y evaluación de su dinámica poblacional se puede demostrar su utilidad en una amplia variedad de condiciones ambientales.

Agradecimiento.

El primer autor agradece a Trinidad Lomeli Flores por su asistencia técnica, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT , México) por la beca otorgada para sus estudios de maestría. Este trabajo fue financiado en parte por el Colegio de Graduados y el Consejo Nacional de Ciencia y

Tecnología (CONACYT) México, en virtud del convenio Innovapyme - CONACYT 2010-137255 Asignado a Koppert México.

Referencia Citada.

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. 14-15.

Butler, C. D., and J. T. Trumble. 2012 The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. Terr. Arthropods Rev.5: 87-111.

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.

Calvo F.J, A. Torres-Ruíz, J. C. Velázquez-González, E. Rodríguez-Leyva, and J. R. Lomeli-Flores. 2016. Evaluation of *Dicyphus hesperus* for biological control of sweet potato whitefly and potato psyllid on greenhouse tomato. Biocontrol *in press*.

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.

Cerón-González, C., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, y A., Torres-Ruíz. 2014. Fertility and feeding of *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) on potato psyllid *Bactericera cockerelli*. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 5: 893-899.

- 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 2016).
- 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.
- FHIA (Fundación Hondureña De Investigación Agrícola). 2012. Hoja Técnica. Monitoreo del psílido de la papa, *Bactericera cockerelli*, y de la enfermedad de la papa rayada en el altiplano de Intibucá. Departamento de Protección Vegetal de Honduras.
- Garzón-Tiznado, J. A., O. G. Cárdenas-Valenzuela, R. Bújanos-Muñiz, A. Marín-Jarillo, A. Becerra-Flora, F. S. Velarde, C. Reyes Moreno, M. Gonzales- Chavira, y J. L. Martínez-Carrillo. 2009. Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad “Permanente del tomate” (*Solanum lycopersicum* L.) en México. *Agric. Téc. Mex.* 31: 58-69.
- Guenthner, J., J. Goolsby, y G. Greenway. 2012. Use and cost of insecticides to control potato psyllids and Zebra Chip on potatoes. *Southwest Entomol* 37: 263-270.
- Hansen, A. K., J. T. Trumble, R. Stouthamer, and T. D. Paine. 2008. A new Huanglongbing (HLB) species, *Candidatus Liberibacter psyllaourous*, found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Appl. Environ. Microbiol.* 74: 5862-5865.

- Hondo, T., A. Koike, and T. Sugimoto. 2006. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. *Jap. J. Appl. Entomol. Zool.* 41: 73-82.
- 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.
- La Salle J. 1993. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). *J. Nat. Hist.* 28: 109-236.
- Liu, D., and J. T. Trumble. 2007. Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *Entomol. Exp. Appl.* 123: 35-42.
- 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, E. Rodríguez-Leyva, J.R. Lomeli-Flores, L. D. Ortega-Arenas, N. Bautista- Martínez, y S. Pineda. 2015. Toxicity and residual activity of insecticides against *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 108: 2289-2295.
- Marín-Jarillo, A., J.A. Garzón-Tiznado, A. Becerra-Flora, C. Mejía-Avila, R. Bujanos-Muñiz, y K.F. Byerly-Murphuy. 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.

NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2016. Visto en línea: <http://www.ncdc.noaa.gov/climate-information/climate-us>

Rojas, P., E. J.R. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomeli-Flores, and T. X. Liu. 2015.

Biology and life history of *Tamarixia triozae*, a parasitoid of *Bactericera cockerelli*. BioControl. 60: 27-35.

Roy M., J. Brodeur, and C. Cloutier. 2002. Relationship between temperature and developmental rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcdanieli* (Acarina: Tetranychidae). Environ. Entomol.31:177-187.

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, R.R. Rocha, y H. M. A. Cadena. 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.

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).

SMN (Servicio Meteorológica Nacional). 2016. Ver en línea: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL15163.TXT>

Tran L. T., S.P. Worner, R.J. Hale, and D.A.J Teulon. 2012. Estimating Development Rate and Thermal Requirements of *Bactericera Cockerelli*

(Hemiptera: Triozidae) Reared on Potato and Tomato by Using Linear and Nonlinear Models. *Environ. Entomol.* 41: 1190-1198.

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.

Vega–Gutiérrez, M. T., J. C. Rodríguez–Maciel, O. Díaz–Gómez, R. Bújanos–Muñiz, D. Mota–Sánchez, J. L. Martínez–Carrillo, A. Lagunés–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.

Wilson, L. T., and W. W. Barnett. 1983. Degree-Days: An Aid in Crop and Pest Management. *California Agriculture.* 37:4-7.

Yang, X. B., M. Campos-Figueroa, A. Silva, and D. C. Henne. 2015. Functional response, prey stage preference, and mutual interference of the *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) on tomato and bell pepper. *J. Econ. Entomol.* 108: 414-424.

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

Artículo 2. Alimentación de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de ninfas de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemíptera: Triozidae)

Host Feeding of *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoid of *Bactericera cockerelli* nymphs (Sulc) (Hemiptera: Triozidae)

Jorge Luis Vega-Chávez, Ernesto Cerna-Chávez*, Yisa María Ochoa-Fuentes, Yessica Abigail Alvarado-Cepeda, Willian Alfredo Narváez-Ortiz, Mariano Flores-Dávila, Luis Alberto Aguirre-Uribe, Jerónimo Landeros-Flores.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro #1923, Buenavista, Saltillo, C. P. 25315, México.

Corresponding Author: Ernesto Cerna Chávez. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro #1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, México. Phone +52 (844)4 11 03 26. E-mail: jabaly1@yahoo.com, página institucional: <http://www.uaaan.mx>.

Resumen

Tamarixia triozae es un ectoparasitoide sinovigénico de ninfas de *Bactericera cockerelli* el cual puede ser una alternativa en el control biológico de esta plaga de plantas de la familia Solanácea. Este parasitoide como cualquier agente de control biológico, debe ser estudiado ya que es indispensable conocer su biología y hábitos para determinar su potencial. Las hembras de este parasitoide pueden utilizar a su huésped como fuente alimenticia al extraer la hemolinfa de las ninfas, con ayuda de su ovipositor al dañar el tegumento, es por esto que se requiere ampliar el conocimiento sobre este hábito. En este trabajo se realizaron observaciones directas que sirvió para describir el proceso de alimentación que se resume en la evaluación de su presa, seguido por la inmovilización (donde se puede presentar la defensa de las ninfas), posteriormente realiza un daño sobre el tegumento que provoca un brote de hemolinfa la cual es utilizada para su alimentación. Se realizó la prueba de selección de huésped donde se identificó que el parasitoide es capaz de alimentarse de todos los instares ninfales cuando no se le ofrece otro diferente

(sin diferencia estadística). La prueba de elección del huésped ayudo a determinar que el parasitoide al estar expuesto a los cinco diferentes instares tiene una preferencia por las ninfas de cuarto instar, seguido por las de tercero, segundo y las menos consumidas son las de primero y quinto instar.

Palabras clave: Paratrioza, Hostfeeding, Sinovigenico, Parasitoide, Solanaceas.

Abstrac

Tamarixia triozae is a sinovigenic ectoparasitoid of *Bacteriaceae cockerelli* nymphs which could be an alternative in the biological control of this Solanaceae pest .This parasitoid like any biological control agent must be studied in its biology and habits to determine its potential as a biocontrol agent. Females of this parasitoid can use their host as a food source extracting the hemolymph from nymphs using their ovipositor to damage the integument; that is why it is necessary to expand knowledge on this habit. Therefore, direct observations were made in this work to describe the feeding process, which starts by prey evaluation, followed by immobilization (where nymphs defense can be presented) and tegument damage that causes an outbreak of hemolymph which is used for feeding. A no choice host test was made, in which the parasitoid was able to feed on all nymphal stages when no different instar is offered (no statistical difference observed). The choice test of the host showed that the parasitoid exposed to the five different instars has a preference for the fourth nymphal instar, followed by third and second; first and fifth instars were less consumed.

Keywords: Paratrioza, Hostfeeding, Sinovigenic, Parasitoid, Solanaceas

Introducción

La producción de algunas especies de Solanáceas se han visto amenazadas por el insecto plaga *Bactericera cockerelli* (Sulc), debido principalmente a que es vector de enfermedades asociadas a una bacteria y un fitoplasma que trasmite durante su alimentación (Gutiérrez-Ibáñez *et al.*, 2013; Crosslin y Munyaneza, 2009). Este insecto también ocasiona otros tipos de daños de menor importancia durante su alimentación, ya que torna amarillas las plantas

debido a que inyecta toxinas, extrae la savia (Richards y Blood, 1933; Liu y Trumble, 2006) y sus excretas producen fumagina sobre el follaje, reduciendo la capacidad fotosintética (Lopez *et al.*, 2003). El uso de insecticidas químicos, es el principal método de control, lo cual ha encarecido la producción y el exceso de estos repercute en el ambiente y la salud humana (van Driesche y Bellow, 1996; Guenther *et al.*, 2012; Vega-Gutiérrez *et al.*, 2008).

Existen alternativas biológicas para el control de este insecto, entre los que destaca el parasitoide *Tamarixia triozae*, un ectoparasitoide sinovigénico de ninfas de tercero, cuarto y quinto instar ninfal, que presenta hábitos de depredación al alimentarse de su huésped (host-feeding) que termina por matarlo (alimentación destructiva), regularmente no utiliza la misma ninfa para dejar su descendencia y alimentarse (alimentación no concurrente) (Rojas *et al.*, 2014; Cerón-Gonzales *et al.*, 2014, Yang *et al.*, 2015). En México se ha reportado parasitismo en ausencia de insecticidas sobre cultivos de solanáceas hasta del 80% (Lomeli-Flores y Bueno 2002; Garza *et al.*, 2007) sin contabilizar las ninfas muertas por efecto de la alimentación de las hembras parasitoides sobre los inmaduros de *B. cockerelli*, lo que potencializa el control de la plaga. Este hábito de depredación ha sido estudiado en otros parasitoides y es muy importante teniendo en cuenta que muchas especies matan a un número significativo de individuos por el proceso de alimentación, así como por el parasitismo (Jervis y Kidd, 1986). Se ha encontrado que *T. triozae* utiliza más ninfas para alimentarse (de 31 a 529 ninfas) que para dejar su descendencia (de 28 a 312 huevos) (Cerón-Gonzales *et al.*, 2014), también se ha observado en otros himenópteros de la familia Eulophidae solo pinchan y matar sin dejar descendencia o alimentarse de su huésped (Cheng *et al.*, 2017).

Esta acción la realizan debido a que las hembras de los parasitoides requieren proteínas y azúcares (trehalosa, sacarosa) que extrae de la hemolinfa de su huésped, estos nutrientes de la hemolinfa se relaciona con el mantenimiento somático, longevidad y fomenta la carga ovárica de las hembras (Giron *et al.*, 2002; Fellowes *et al.*, 2007).

Es por esto, que es indispensable conocer la biología y hábitos de una especie para determinar su viabilidad dentro de un manejo biológico de plagas, por lo que este trabajo consistió en describir el proceso de alimentación sobre el huésped, detectar si las hembras de *T. triozae* se alimentan de los diferentes instares y determinar la preferencia de alimentación sobre los cinco diferentes instares ninfales de *B. cockerelli*.

Materiales y métodos

Ubicación del experimento

El trabajo se realizó en los laboratorios e invernadero del Departamento de Parasitología pertenecientes a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicado en Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

La producción del material biológico se realizó bajo condiciones de invernadero a una temperatura de $26^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ y $60 \pm 15\%$ de humedad relativa. Los experimentos desarrollados se realizaron en una cámara bioclimática con una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 3$ y una humedad relativa de $50 \pm 20\%$.

Producción de planta

Para la reproducción de insectos y fase experimental se utilizó jitomate (*Solanum lycopersicum* L). Las semillas se sembraron en charolas de germinación que se regaron con agua hasta que la planta creciera 5 cm aproximadamente, posteriormente el riego se realizó con solución Steiner. El cambio del riego coincidió con el trasplante de la plántula a macetas de un kilogramo con sustrato (turba y perlita; 50:50) y no se realizó ningún tipo aplicación de insecticidas. Las plantas se utilizaban cuando tenían aproximadamente un mes y medio de edad o presentaban foliolos de más de 4 cm de ancho que sirvieron para la fase experimental. Para evitar la contaminación con alguna plaga, las plantas fueron confinadas dentro de jaulas cubiertas con tela de organza (80 x 80 x 100 cm). La producción de la planta se realizó en condiciones de invernadero.

Cría de huésped *Bactericera cockerelli*

Los adultos de este insecto los proporcionó el departamento de parasitología. Para mantener la cría se colocaron cerca de 500 adultos con seis plantas de

jitomate en jaulas de 80 x 80 x 100 cm construidos con madera y tela de organza. La jaula aisló a *B. cockerelli* de otros insectos, evitaba su escape, además proporcionaba ventilación y luz a las plantas, mismas que servían de alimento y sitio de reproducción a la colonia. Periódicamente se introducían plantas limpias a las jaulas para mantener las colonias y obtener material para la fase experimental.

Cría del parasitoide *Tamarixia triozae*

La reproducción de *Tamarixia triozae* inició con una recolecta en los campos de cultivo de la UAAAN sembrados con solanáceas, (entre las coordenadas geográficas 25° 22" de latitud norte y 101° 02" longitud oeste y a una altitud de 1742 msnm.). La recolecta consistió en cortar foliolos que contenían ninfas con aspecto de estar parasitadas (ninfas adheridas al follaje, con una coloración marrón) Este material se llevó al laboratorio y se esperó la emergencia de los adultos que posteriormente se llevaron a jaulas que contenían plantas con ninfas de tercer y cuarto instar, pasado de ocho o nueve días se comenzaron a ver las ninfas parasitadas. Estas ninfas parasitadas se aislaron para esperar su emergencia y con ayuda de un aspirador entomológico se aspiraron diariamente para controlar sus edades. Se colocaron finas gotas de miel y se ofrecieron *ad libitum* para evitar que los parasitoide murieran por inanición. Con este material biológico se estableció la cría que sirvió para realizar la fase experimental y continuar con la reproducción. La reproducción del parasitoide se realizó bajo condiciones de invernadero. Solo la emergencia y almacenamiento se realizó en condiciones de laboratorio 23°C ± 2 °C y HR de 40 ± 10

Determinación de ninfas muertas por efecto de la alimentación de *T. triozae*

Para identificar y describir el proceso de alimentación de *T. triozae* (entomofagia) sobre su hospedero *B. cockerelli*, se realizaron observaciones directas a través de un microscopio estereoscopio, tomando notas sobre este comportamiento. Estas observaciones se realizaron al introducir una hembra de *T. triozae* dentro de una caja Petri que contenían 15 ninfas de primero hasta quinto instar en misma cantidad, las cajas Petri se adecuaron con un disco de

foliolo de hoja de tomate y debajo de este se colocó papel filtro húmedo para preservar el foliolo con humedad y procurar que las ninfas se mantuvieran en el disco. Para estimular la alimentación sobre su hospedero las hembras del parasitoide se dejaron en ayuno 24 h previas a la observación. Con estas observaciones se identificó las marcas de entomofagia que sirvieron para contabilizar el número de ninfas muertas por esta acción.

Prueba sin elección del huésped

Los parasitoides que se utilizaron para esta prueba fueron hembras de tres días de edad, apareadas y con 24 horas de ayuno. La unidad experimental consistió en una caja Petri de 4 cm de diámetro y 1.5 cm de altura, con orificios en los lados para permitir la aireación. La base contenía un disco foliar de jitomate puesto sobre papel húmedo, donde se depositaron 10 ninfas de un instar determinado, y se exponía una hembra de *T. triozae* durante 24 horas posteriormente se retiraban las hembras y con ayuda de un estereoscopio se contabilizaron las ninfas muertas que mostraban marcas de entomofagia realizadas por el parasitoide. Cada instar representó un tratamiento, por tanto se tuvieron 5 tratamientos y se realizaron 19 repeticiones de cada uno con su respectivo testigo.

Prueba de elección del huésped

Para la prueba de elección la unidad experimental consistió de una caja Petri similar a la descrita anteriormente, sólo que en este caso se colocaron 3 ninfas de cada instar (= 15) sobre el disco de hoja en cada caja Petri. Cada hembra de *T. triozae* estuvo expuesta durante 24 horas en cada unidad experimental. Después de las 24 h de exposición, las hembras del parasitoide se retiraban y con ayuda de un estereoscopio se contabilizaba el número de ninfas muertas por el efecto de la alimentación del parasitoide. En este caso se realizaron 19 repeticiones en total.

Análisis de datos

Para identificar las diferencias de consumo sobre el tamaño de las ninfas en las pruebas de elección y sin elección se realizó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis al 0.05 de significancia, los datos se analizaron con el programa

estadístico R versión 3.1.1 (R Foundation para el cálculo estadístico, Viena, Austria).

Resultados y discusión

Descripción del proceso de alimentación de *Tamarixia triozae* sobre ninfas de *Bactericera cockerelli*

Se observó que las hembras de *Tamarixia triozae* pueden parasitar a los inmaduros de *B. cockerelli* o servirles como fuente de alimento, es decir pueden utilizar a su huésped como presa y presentar acción de depredación como ya lo reportó Rojas *et al.* (2014) y Cerón-Gonzales *et al.* (2014). Este comportamiento se presenta en varias especies de parasitoides con el fin de obtener nutrientes que sirvan para estimular la ovogénesis, el mantenimiento somático y la longevidad (Bartlett, 1964; Jarvis y Kidd, 1986; Giron *et al.*, 2002; Fellowes *et al.*, 2007).

Durante las observaciones para identificar el daño que ocasionan las hembras de *T. triozae* sobre las ninfas de *B. cockerelli* se encontró que previo a la alimentación la hembra comienza a caminar al azar tocando constantemente la superficie con sus antenas, aparato bucal y tarsos de sus patas hasta encontrar alguna ninfa, la cual presumiblemente es evaluada con estas mismas piezas del cuerpo y realiza movimientos a la periferia y sobre la ninfa (evaluación); si la ninfa no es la adecuada la hembra continua con su exploración hasta que encuentra a su presa (Figura 1. a). Una vez que identifican a su presa al parecer inyecta con su ovipositor alguna sustancia para inmovilizarla, esto lo realiza cuando se ubica perpendicular al cuerpo de la ninfa, apuntando con su abdomen hacia el tegumento para colocar el ovipositor en la parte ventral medio de la ninfa (inmovilización) (Figura 1. b). Se observó que las ninfas a manera de defensa se inclinan y bajan el tegumento tratando evitar que sean pinchadas con el ovipositor. En algunas ocasiones el parasitoide levanta la ninfa con ayuda de su segundo par de patas para dejar expuesta la parte ventral de la ninfa. Un segundo mecanismo de defensa ocurre cuando el parasitoide logra ubicar su ovipositor en la parte ventral de la ninfa, ésta realiza movimientos de forma pendular (aproximadamente 60 grados) para tratar de zafarse del

ovipositor y escapar caminando (Figura 1. C). Muy pocas ninfas lograron evadir este ataque, siendo casi siempre las de quinto estadio (defensa de la ninfa). Una vez inmovilizada la ninfa, *T. triozae* se vuelve a colocar en la misma posición solo que apuntando con su ovipositor hacia la parte exterior del abdomen o cabeza de la ninfa para pincharla en repetidas ocasiones en el mismo lugar para ocasionar un mayor daño y propiciar que brote hemolinfa (figura 1. d). Posteriormente *T. triozae* se da vuelta y comienza a alimentarse (figura 1. e y f). En ocasiones vuelve a pinchar en el mismo sitio o en diferentes partes del tegumento predominando la parte de la cabeza y la parte lateral del abdomen y en menor frecuencia el tórax esto para seguir alimentándose de la misma ninfa (Figura 1). Este tipo de comportamiento descrito coincide con el comportamiento de *Tetrastichus fluviguster* otra especie de Eulophidae parasitoide de inmaduros de psílidos (Moran *et al.*, 1969).

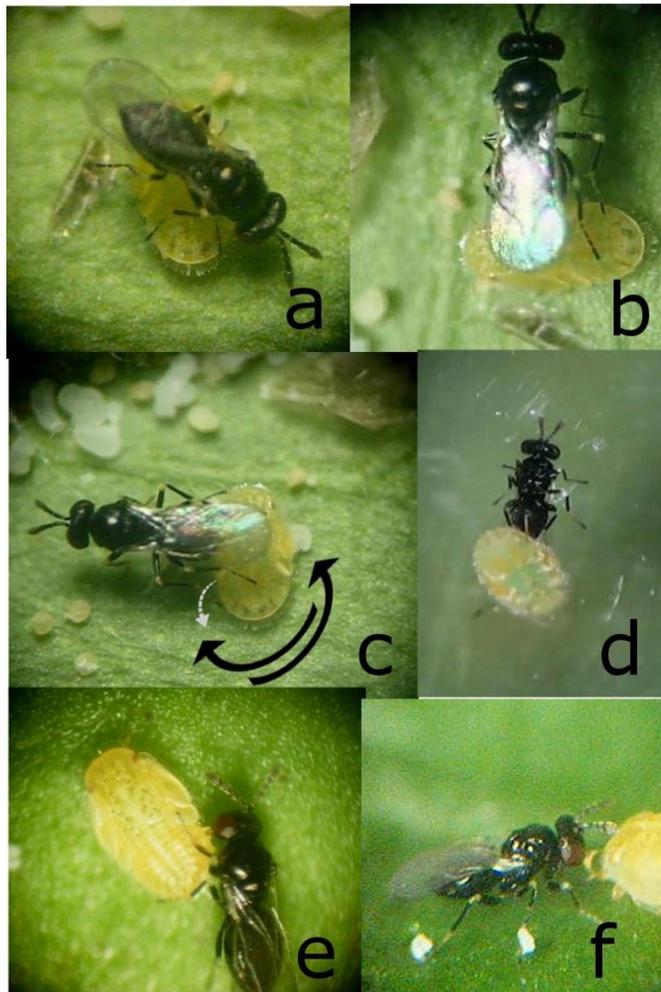


Figura 1. Proceso de alimentación de *Tamarixia triozae* sobre ninfas de *Bactericera cockerelli*. a) Evaluación de su presa tocando con patas y antenas la ninfa. b) Posición del parasitoide para inmovilizar a la ninfa. c) Defensa de la ninfa; inclinándose tratando de evitar que el ovipositor la dañe y moviéndose de forma pendular para zafarse. d) Se observa el ovipositor del parasitoide dañando la parte del abdomen de las ninfas para estimular la brotación de la hemolinfa (vista ventral). e y f) Parasitoide alimentándose de gota de hemolinfa que brota de la parte lateral del abdomen de la ninfa y cabeza.

Figure 1. Host feeding process of *Tamarixia triozae* on *Bactericera cockerelli* nymphs. a) Prey evaluation by touching the nymph with legs and antennae. b) Position of the parasitoid to immobilize nymphs. c) Nymph defense; bending down trying to prevent the ovipositor. d) The parasitoid ovipositor is observed damaging nymphs abdomen to stimulate the hemolymph (ventral view). e and f) Parasitoid feeding of an hemolymph drop.

El daño por alimentación culminó con la muerte de la ninfa (alimentación destructiva) y no reutilizó a las ninfas para colocar sus huevos (alimentación no concurrente) comportamiento generalizado para estos tipos de parasitoides (Kidd y Jervis, 1991).

Las marcas de entomofagia que se pueden observar son; gotas de hemolinfa sobre el tegumento de las ninfas, abdomen retraído hacia la cabeza por la parte ventral quedando el cuerpo de la ninfa en forma de "V". También se observó orificios sobre tegumento, movimiento nulo y apariencia desecada o deshidratada.

La hemolinfa no fue la única fuente de alimento para *T.triozae* durante las pruebas preliminares también se le proporciono miel como dieta artificial y se observo alimentándose de gotas de agua y de las excretas producidas de las ninfas y adultos de *B. cockerelli*.

Prueba Sin elección del huésped

Los resultados de esta investigación indican que bajo condiciones sin elección de huésped, *T. triozae* es capaz de alimentarse de cualquiera de los instares ninfales cuando no tiene opción de elegir, ya que se observo por lo menos una

ninfa muerta por cada tratamiento, esto mismo sucede en el caso de *Encarsia sp* y *Eretmocerus sp* que son capaces de alimentarse de todos los instares ninfales de *Bemisia tabaci* biotipo B (Zang y Liu, 2008; Yang y Wan, 2011). Cuando se analizaron los datos, se encontró que estadísticamente no existe diferencia entre la cantidad de ninfas consumidas entre los cinco diferentes tamaños ($p= 0.3880$). El consumo promedio por día no supero las 2.5 ninfas en cualquiera de los tratamientos, estos datos son parecidos a lo reportado por Ceron-Gonzales *et al.* (2014) que muestra en sus resultados del primer día de evaluación del mismo parasitoide mostro un consumo de ≈ 2 ninfas de entre cuarto y quinto instar para el primer día en condiciones muy similares a este trabajo, ya que comparado con los días posteriores se puede rebasar las 6 ninfas por día por efecto del aumento en la oviposición. Para este trabajo solamente podemos observar una mayor tendencia a consumir en promedio 2.17 ninfas de tercer instar e ir disminuyendo hacia el quinto y primer instar con un consumo de 1.17 y 1.44 respectivamente (Figura 2). Una posible explicación de que este parasitoide se alimente de todos los instares al no tener elección de elegir, se debe a que se considera un parasitoide sinovigénico los cuales requieren tiempo y fuentes de alimento (azucres y proteína) para madurar su huevos y extender su longevidad. Estas exigencias son las que orillan a un consumo obligado de cualquier tamaño de ninfa.

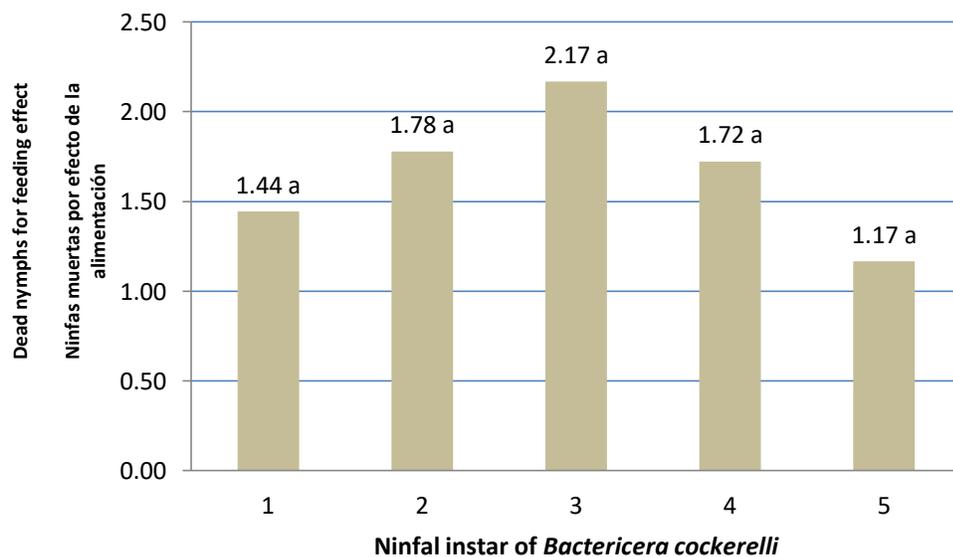


Figura 2. Promedio de ninfas muertas por efecto de la alimentación de las hembras de *Tamarixia triozae* en la prueba de sin elección.

Figure 2. Dead nymphs average fed by *Tamarixia triozae* females in the no choice test. Averages followed by different letters are significant different (Tukey, $p \leq 0.05$).

Prueba de Elección del huésped

Cuando a las hembras de *T. triozae* se les dio la oportunidad de seleccionar entre los cinco diferentes instares, este parasitoide mostro una respuesta diferencial por las ninfas de cuarto instar, posteriormente por las de tercero, segundo y las menos preferidas fueron las de quinto y primero ($H=24.64$, $p < 0.0001$) (Figura 3). Estos resultados coinciden con lo reportado para *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) una especie muy similar, donde la preferencia de consumo es para los instares de tercero y cuarto instar sobre ninfas de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liividae) (Vizcarra-Valdez, 2013). Chu y Chien (1991) por el contrario mencionan que este parasitoide se alimenta de todos los instares independientemente del tamaño durante la prueba de elección ya que no observaron ninguna preferencia hacia ningún instar. Los parasitoide de mosquita blanca *Encarsia* y *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae) también han sido estudiado para saber la preferencia de consumo sobre sus huéspedes y coinciden con este trabajo al tener la opción de elegir prefirieron instares de mayor tamaño (Zang y Liu, 2007). Una explicación para este trabajo podría ser que las de tercer instar son las más adecuadas para extraer la cantidad necesaria de hemolinfa útil para su alimentación sin la necesidad de gastar más energía al tratar de manipular ninfas mas grandes como las de quinto instar. Cabe mencionar que durante las observaciones directas se detecto que las ninfas de quinto instar generalmente son más grandes que el parasitoide por lo que su defensa fue más efectiva y las hembras de *T. triozae* fracasaron al tratar de manipularlas (Figura 4).

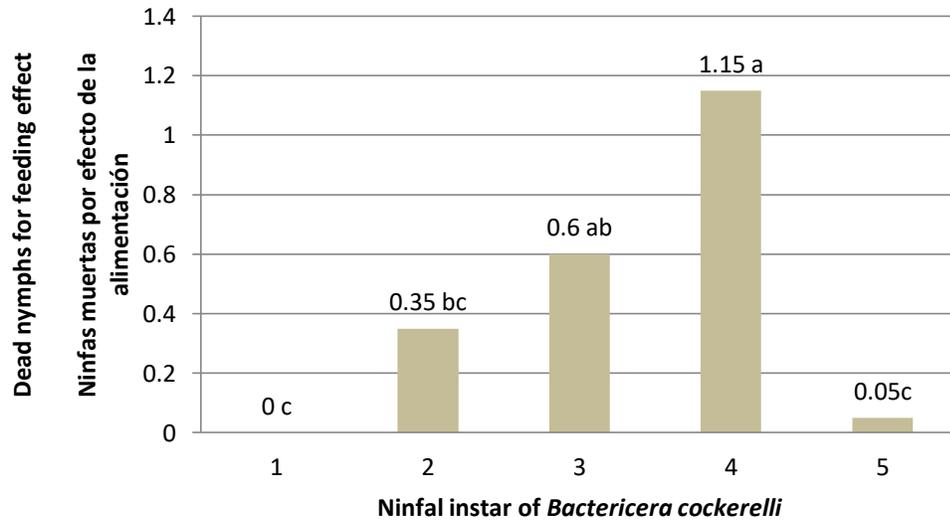


Figura 3. Promedio de ninfas muertas por efecto de la alimentación de las hembras de *Tamarixia triozae* en la prueba de elección. Medias seguidas de letras distintas en cada barra indican diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Figure 3. Dead nymphs average fed by *Tamarixia triozae* females in the choice test. Averages followed by different letters are significant different. (Tukey, $p \leq 0.05$).



Figura 4. Relación de tamaños de los cinco instares ninfales de *Bactericera cockerelli* con respecto a su parasitoide *Tamarixia triozae*.

Figure 4. Size relationship of the five nymphal instars of *Bactericera cockerelli* compared to its parasitoid, *Tamarixia triozae*.

Conclusiones

Las hembras de *Tamarixia triozae* obtienen hemolinfa de ninfas de *Bactericera cockerelli* al pinchar con su ovipositor en repetidas ocasiones el tegumento de las ninfas para provocar que brote la hemolinfa, posteriormente se voltea y comienza alimentarse, este daño les provoca la muerte a las ninfas. Cuando las hembras de este parasitoide no tiene opción de elegir entre los diferentes tamaños es capaz de alimentarse de cualquier instar.

T. triozae prefiere consumir las de cuarto instar y en menor proporción a las de tercero y segundo, la alimentación sobre las ninfas de quinto y primer instar fueron las menos preferidas.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al pueblo mexicano que mediante CONACYT financio esta investigación.

Referencia bibliográfica

Bartlett, B. R. 1964. Patterns in the host-feeding habit of adult parasitic Hymenoptera. *Annals of the Entomological Society of America*, 57: 344 - 350. <https://doi.org/10.1093/aesa/57.3.344>.

Cerón-González, C., Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E. y Torres-Ruíz, A. 2014. Fecundidad y alimentación de *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) sobre el psílido de la papa *Bactericera cockerelli*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5: 893-899. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000500014.

Cheng, X. Q., Cao, F. Q., Zhang, Y. B., Guo, J. Y., Wan, F. H. and Liu, W. X. 2017. Life history and life table of the host-feeding parasitoid *Hemiptarsenus varicornis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Applied Entomology and Zoology*, 52: 287-293.: <https://doi.org/10.1007/s13355-017-0479-y>.

Chu, Y., and C. C. Chien. 1991. Utilization of natural enemies to control of psyllid vectors transmitting citrus greening. In: Integrated control of plant virus diseases. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region 1: 135-145. Taichung, Taiwan. <http://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000397.pdf>.

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. *American Journal of Potato Research*, 86: 183-187. <https://doi.org/10.1007/s12230-009-9070-6>.

Fellowes M. D. E., van Alphen J. J. M. and Jervis M.A. 2007. Foraging Behaviour. In: Insects as natural enemies: a practical perspective. 1-71 pp. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2625-6>.

Garza, U. E., Rivas, M. A. y Moreno, Ch. J. G. 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.

Giron, D., Rivero, A., Mandon, N., Darrouzet, E. and Casas, J. 2002. The physiology of host feeding in parasitic wasps: implications for survival. *Functional Ecology*, 16: 750-757: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00679.x>.

Guenther, J., Goolsby, J., & Greenway, G. 2012. Use and cost of insecticides to control potato psyllids and zebra chip on potatoes. *Southwestern Entomologist*, 37, 263-270. <https://doi.org/10.3958/059.037.0302>.

Gutiérrez-Ibáñez, A. T., Pale, J. R. S., Cerda, A. L., Dávila, J. F. R., Melgarejo, A. B. and Gómez, O. G. A. 2013. Detección de *Ca Liberibacter solanacearum* y fitoplasmas en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Valle de Toluca. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15: 145-149. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/39844/41765> [Última consulta: 27 de octubre de 2017].

Jervis, M. A. and N. A. C. Kidd. 1986. Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biological Reviews*, 61: 395-434 <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1986.tb00660.x>.

Kidd, N. A. C. and Jervis, M. A. 1991. Host-feeding and oviposition by parasitoids in relation to host stage: consequences for parasitoid-host population dynamics. *Researches on Population Ecology*, 33: 87-99. <https://doi.org/10.1007/BF02514576>.

Liu, D. and Trumble, J. T. 2006. Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato–potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on selected tomato accessions. *Bulletin of entomological research*, 96: 197-204. <https://doi.org/10.1079/BER2005416>.

Lomeli-Flores, J. R. y Bueno, R. 2002. Nuevo registro de *Tamarixia triozae* (Burks) parasitoide del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 41: 375 - 376 <http://www.folia.socmexent.org/revista/fofia/Vol%2041/Vol41Num3/375-376.pdf> [Ultima consulta 27 de octubre 2017].

López M. M., Gastélum L. R., Olivas O. M., Corrales M. J. 2003. Experiencia con *Paratrioza cockerelli* Sulc. (Homoptera:Psyllidae) en tomate grape variedad 'Santa' y berenjena *Solanum melongena*. In: Memorias VI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. UABC-ICA, CESVBC. Pp. 670-675. Fundación Produce B.C., SAGARPA. Mexicali, B. C. http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/15_memoriaextenso/212.pdf [Ultima consulta 27 de octubre 2017].

Moran, V. C., Brothers, D. J. and Case, J. J. 1969. Observations on the biology of *Tetrastichus flavigaster* Brothers & Moran (Hymenoptera: Eulophidae), parasitic on psyllid nymphs (Homoptera). *Ecological Entomology*, 121: 41-58. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1969.tb00516.x>.

Richards, B. L. and Blood, H. L. 1933. Psyllid yellows of the potato. *Journal of Agriculture Research*, 46: 189-216. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19331100946> [Última consulta 27 de octubre 2017].

Rojas, P., Rodríguez-Leyva, E., Lomeli-Flores, J. R. and Liu, T. X. 2014. Biology and life history of *Tamarixia triozae*, a parasitoid of the potato psyllid *Bactericera cockerelli*. *BioControl*, 60: 27-35. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9625-4>.

van Driesche, R. G. and Bellows, T. S. 1996. Biological Control. 539 pp. Chapman and Hall, NY. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4613-1157-7?page=2#toc> [Ultima consulta 27 de octubre 2017].

Vega-Gutiérrez, M. T., Rodríguez-Maciél, J. C., Díaz-Gómez, O., Bujanos-Muñiz, R., Mota-Sánchez, D., Martínez-Carrillo, J. L., Lagunes-Tejeda A. y

Garzón-Tiznado, J. A. 2008. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia*, 42: 463-471. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2008/may-jun/art-9.pdf> [Última consulta 27 de octubre 2017].

Vizcarra-Valdez, N. I., Sánchez-González, J. A., González-Cabrera, J. y Arredondo-Bernal H. C. 2013. Determinación de la preferencia de alimentación de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre su huésped, pp.194-199. In: Memoria del XXXVI Congreso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. Noviembre de 2013, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México. [http://www.academia.edu/8549230/Determinaci%C3%B3n de la preferencia de alimentaci%C3%B3n de Tamarixia radiata Waterston Hymenoptera Eulophidae sobre su hu%C3%A9sped](http://www.academia.edu/8549230/Determinaci%C3%B3n_de_la_preferencia_de_alimentaci%C3%B3n_de_Tamarixia_radiata_Waterston_Hymenoptera_Eulophidae_sobre_su_hu%C3%A9sped) Vizcarra-Valdez N. S%C3%A1nchez-González J. A. González-Cabrera J. H. C. Arredondo-Bernal [Última consulta 27 de octubre 2017].

Yang, N. W. and Wan, F. H. 2011. Host suitability of different instars of *Bemisia tabaci* biotype B for the parasitoid *Eretmocerus hayati*. *Biological control*, 59: 313-317. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.07.019>.

Yang, X. B., Campos-Figueroa, M., Silva, A. and Henne, D. C. 2015. Functional response, prey stage preference, and mutual interference of the *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) on tomato and bell pepper. *Journal of economic entomology*, 108: 414-424. <https://doi.org/10.1093/jee/tou048>.

Zang, L. S. and Liu, T. X. 2008. Host-feeding of three parasitoid species on *Bemisia tabaci* biotype B and implications for whitefly biological control. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 127: 55-63. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2008.00667.x>.

Artículo 3. Compatibilidad de diferentes insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) y *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)

Compatibility of different insecticides on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)

JORGE LUIS VEGA-CHÁVEZ³, ERNESTO CERNA-CHÁVEZ^{2*}, MARIANO FLORES-DÁVILA², YISA MARÍA OCHOA-FUENTES², JERÓNIMO LANDEROS-FLORES², LUIS ALBERTO AGUIRRE-URIBE², OMEGAR HERNANDEZ-BAUTISTA², YESSICA ABIGAIL ALVARADO-CEPEDA³.

Resumen

Bactericera cockerelli es un insecto que daña cultivos de solanáceas, principalmente papa (*Solanum tuberosum* L) y tomate (*Lycopersicon esculentum*). El manejo de *B. cockerelli* ha sido el control químico, sin embargo se ha tratado de implementar otras estrategias de control con productos más nobles para el medio ambiente, la salud humana e insectos no blanco. Esta implementación consiste en incluir organismos de control biológico como depredadores, parasitoides, insecticidas de origen natural y botánicos, hongos entomopatógenos e insecticidas químicos con menor impacto en fauna benéfica. Con el fin de profundizar en estas interacciones, el presente trabajo determinó la concentración letal media (CL₅₀) de insecticidas sobre las poblaciones de *B. cockerelli* y su parasitoide *Tamarixia triozae*. Se realizaron bioensayos mediante el método de inmersión evaluando seis diferentes productos; Profenofos y Cipermetrina de origen químico; Azadiractina y AEC (Aceites esenciales de cítricos con canela y jabón de aceites vegetales) de origen botánicos; aislados de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* de origen biológico. Con los datos obtenidos se determinó la compatibilidad utilizando la Proporción de Selectividad (PS), dividiendo la CL₅₀ del producto sobre el enemigo natural entre la CL₅₀ del producto sobre el insecto plaga, donde valores iguales o mayores a uno nos indica selectividad. La menor proporción de selectividad fue para Cipermetrina (PS = 0.01) y solo *M. anisopliae* mostró selectividad con *T. triozae* al obtener un valor de PS = 3.58. Los demás insecticidas mostraron valores de PS menores a uno por lo que se consideraron no selectivos.

¹M. C. Estudiante de Doctorado. Departamento de parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro No. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. vegach@live.com.mx. ² Dr. Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, CP 25315. ³M. C. Estudiante de Doctorado. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro No. 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. * Autor para correspondencia: jabaly1@yahoo.com

Palabras clave: Paratrioza. Manejo integrado. Papa. Tomate. Parasitoide.

Abstract

Bactericera cockerelli damage solanaceous crops, including potato (*Solanum tuberosum* L) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). *B. cockerelli* control has been done using chemical insecticides; however, other types of control are being tested which include the use of safer products for environment, human health and non-target insects. This control alternatives consists in the inclusion of other biological organism such as predators, parasitoids, insecticides of natural and botanical origin, entomopathogenic fungus and chemical insecticides with a lower impact on beneficial fauna. In order to increase knowledge about these interactions, the present research was to determined the medial lethal dose (LC₅₀) of insecticides on populations of *B. cockerelli* and its parasitoid *Tamarixia triozae*. Bioassays were realized using the immersion method evaluating six products: Profenofos and Cypermethrin of chemical origin; Azadirachtin and CEO (Citrus Essential Oils with cinnamon and vegetable oils soap) of botanical origin and *Beauveria bassiana* and *Metharhizium anisopliae* of biological origin. With the obtained data, compatibility was determined using Selectivity Ratio (SR), by taking the LC₅₀ of the product of the natural enemy divided by the LC₅₀ of the product of the insect pest, in which values equal or higher to one, indicated selectivity. The lowest proportion of selectivity was for cypermethrin (PS = 0.01) and only *M. anisopliae* showed selectivity with *T. triozae* (PS = 3.58). The other insecticides showed lower values than one of SR, therefore they were considered non-selective.

Keywords: Paratrioza. Integrated management. Potato. Tomato. Parasitoid.

Introducción

Bactericera cockerelli (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) es un insecto nativo de Norteamérica (Liu *et al.* 2006) y se encuentra presente en México, Canadá, EE.UU, Nueva Zelanda, El Salvador, Nicaragua, Belice y Honduras (CABI 2015). Este insecto plaga se asocia a cultivos de solanáceas, principalmente a papa (*Solanum tuberosum* L.), jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y chile (*Capsicum annuum* L.) (Teulon 2009). Los daños que provoca es al inyectar toxinas durante su alimentación lo que produce un amarillamiento en la planta (Richards y Blood 1933), también genera fumagina a casusa de sus excretas sobre las hojas lo que puede reducir la capacidad fotosintética (López *et al.* 2003) pero el daño más importante es la trasmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Hansen *et al.* 2008; Crosslin and Munyaneza 2009; Garzón-Tiznado *et al.* 2009). Los cultivos más dañados por esta enfermedad son la papa y el tomate; en el cultivo de la papa la enfermedad transmitida se le conoce como Zebra chip por el tipo de daño que ocasiona en el tubérculo en la parte interna, dejando ver líneas de coloración marrón u obscura al ser procesadas como frituras (Secor y Rivera-Varas 2004; Munyaneza *et al.*

2007) y en el tomate la enfermedad que produce, se le conoce como permanente del tomate y los síntomas se observan en el follaje que se enrolla, adquiere una estructura quebradiza con un color verde intenso y brillante, las plantas reducen su crecimiento, aborta flores y se debilita por lo que son susceptibles al ataque de otras enfermedades (Garzón-Tiznado 2009; Alvares y Delgadillo 2004).

El control de este insecto se realiza principalmente con aplicaciones de insecticidas químicos, los cuales encarecen la producción de solanáceas (Guenthner *et al.* 2012; Guenthner *et al.* 2001; Guenthner and Greenway 2010; Greenway 2014; Vega *et al.* 2008), afectan el medio ambiente además que la solución suele ser temporal ya que el insecto plaga puede resurgir nuevamente a diferencia de los insectos benéficos que tardan más en recuperarse (Croft 1990). Las investigaciones más recientes se han enfocado en el manejo alternativo con otros métodos de control, tratando de evitar los insecticidas químicos y buscando productos más amables con el medio ambiente y organismos no blancos (Van Driesche y Bellows 1996). Por otro lado, los productores se interesan en conocer productos que controlen a *B. cockerelli* y al mismo tiempo no dañen las especies benéficas sin embargo lo han realizado a través de ensayo y error (Guenthner *et al.* 2012). Otra alternativa es la implementación de control biológico dentro de un manejo integrado, donde se han reportado insectos depredadores y parasitoides de diversas familias (CABI 2015). Pero el que más ha llamado la atención es el parasitoide *Tamarixia triozae* (Burks) (Hemiptera: Eulophidae), un ectoparasitoide, solitario de ninfas de *B. cockerelli* principalmente de las de tercero, cuarto y quinto instar (Rojas *et al.* 2014) con niveles de parasitismo hasta del 80% (Bravo y López 2007). También presenta hábitos de depredación (Host-feeding) sobre las ninfas y termina por matarlas, lo que incrementa el control de esta plaga (Vega-Chávez 2010; Cerón-Gonzales *et al.* 2014; Rojas *et al.* 2014). Por la importancia de este parasitoide y el interés de contribuir en el manejo de las poblaciones de *B. cockerelli* el presente trabajo calculó la CL₅₀ de diferentes insecticidas de origen botánico, químico y biológico para *B. cockerelli* y su parasitoide *T. triozae*. Así como la evaluación de la compatibilidad de los insecticidas sobre el parasitoide *T. triozae* en el control de *B. cockerelli* todo esto en condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

Producción de Planta. Consistió en la siembra de tubérculos de papa variedad Agata en macetas de 30 cm de altura por 30 cm de diámetro, las macetas contenían como sustrato una combinación de peat moos (70%) con perlita (30%). Los riegos se realizaron cada tercer día con solución nutritiva Steiner al 100%. Las plantas se dejaron desarrollar por más de dos meses dentro de un invernadero con condiciones semicontroladas para su posterior uso en la

reproducción de insectos y/o experimentación. Nunca se realizaron aplicaciones de ningún tipo de insecticida o fungicida.

Cría de *Bactericera cockerelli*. Se obtuvo de una colonia establecida en el departamento de parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) desde el 2012. Esta colonia se mantuvo confinada dentro de una jaula entomológica (1x0,5x1 m) a la cual se introducían periódicamente plantas de papa para alimentación y reproducción de *B. cockerelli*. Para controlar la edad de los adultos, se retiraba una o varias plantas y se introducían dentro de una jaula vacía y se aspiraba diariamente los adultos para conocer sus edades.

Cría de *Tamarixia triozae*. El pío de cría de este parasitoide se obtuvo de colectas dentro de los cultivos de chile ubicados en la UAAAN. Se colectó follaje de plantas de chile con ninfas de tercero, cuarto y quinto instar parasitadas, posteriormente se llevaron al laboratorio y se esperó la emergencia. Los parasitoides se alimentaron con finas gotas de miel de abeja. Para mantener la cría se utilizaban plantas de papa con ninfas de tercer instar que se confinaban dentro de jaulas y se les exponía con los parasitoides. Aproximadamente a los 10 días se cortaron las hojas con las ninfas y se llevaron a laboratorio para la emergencia de los parasitoides. Para controlar la población y edades de los parasitoides estos eran retirados cada 5 días y colocados en frascos de plástico y almacenados para su posterior uso en la cría o experimentación.

Productos evaluados. Para este estudio se seleccionaron seis productos de diferente origen; dos insecticidas químicos (Profenofos y Cipermetrina), dos productos botánicos (Azadiractina y un producto que combina aceites esenciales de cítricos con canela y jabón (AEC) y dos de origen biológico (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) (Tabla 1). El producto botánico de aceites esenciales no se oferta comercialmente como insecticida, pero se ha reportado que sus ingredientes poseen acción insecticida. Los insecticidas de origen biológico se proporcionaron del departamento de Parasitología de la UAAAN, los cuales provienen de aislados en suelo y se reprodujeron en medio de cultivo líquido PDA (Papa, Dextrosa, Agar + 15 g de azúcar, 5 g de extracto de levadura, 5 g de extracto de malta y 0,1 g de cloruro de calcio). El recuento de esporas se realizó utilizando un hemocitómetro Neubauer.

Para cada insecticida se utilizaron seis dosis con tres repeticiones más un testigo que consistió en agua destilada con un coadyuvante (Bionex ®) al 0,05%.

Tabla 1. Formulaciones y concentraciones de los productos utilizados para determinar la CL_{50} 's de *Bactericera cockerelli* y su parasitoide *Tamarixia triozae*.

Nombre común	Uso sugerido del producto	Nombre comercial	Concentración de ingrediente activo (%)
Cipermetrina	Insecticida acaricida	Cipermetrina 200 CE	21,40

	químico (Piretroide)	(Gowan Mexicana S.A.P.I de C.V) Curacron 8	
Profenofos	Insecticida químico (Organofosforado)	(SYNGENTA AGRO, S.A. DE C.V)	73,56
Aceite esenciales de cítricos y jabón de aceites vegetales (AEC)	Coadyuvante Botánico	Citrotec Plus (Grupo Agrotecnología México)	25,7 y 68
Azadiractina	Insecticida acaricida Botánico	Aza-Direct 1.2 CE (Gowan Mexicana S.A.P.I de C.V)	1,20
<i>Beauveria bassiana</i>	Insecticida biológico	Cepa colectada en campo	N/A
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Insecticida biológico	Cepa colectada en campo	N/A

N/A: No aplica

Bioensayo. Para la realización de los bioensayos, se utilizaron 20 adultos de diez días de edad, de cada una de las especies como unidad de muestra, los cuales se confinaron en frascos plásticos de 9 cm de altura con un diámetro de 4,5 cm. Cada frasco se colocó por 5 minutos dentro de una nevera (-4 °C) para inmovilizar los insectos, posteriormente se retiraron y colocaron en una tela de organza para someterlos por cinco segundos a cada una de las concentraciones de insecticidas a evaluar, después se separaron los insectos con ayuda de un pincel entomológico y se colocaron sobre papel absorbente (1 cm²) para quitar el exceso de humedad, para posteriormente colocarlos en las cajas petri que contenían en su base un disco de follaje de hoja de papa que sirvió de alimento a *B. cockerelli* y las cajas donde se colocaron los parasitoides se colocaron finas gotas de miel. Las observaciones se realizaron a las 24 horas para contabilizar el número de insectos muertos. En el caso de los bioensayos con insecticidas biológicos se contabilizó la mortalidad hasta los 5 días, por su modo de acción.

Corrección de mortalidad y obtención de Concentración Letal (CL). El máximo nivel de mortalidad aceptable en el testigo fue del 10%. Si la mortalidad en testigo era menor al 10% los datos se corrigieron por medio de la ecuación de Abbott (1925). Con los datos obtenidos de la mortalidad de *B. cockerelli* y *T. triozae* se sometieron a un análisis Probit, mediante el método de máxima verosimilitud (Finney 1971) para obtener los valores de CL₅₀.

Proporción de selectividad (PS). La proporción de selectividad (PS) de los insecticidas a *T. triozae* se calculó por la relación, $PS = CL_{50} \text{ del insecticida para el enemigo natural} / CL_{50} \text{ del insecticida para la plaga}$ (Bacci *et al.* 2009). Si $PS > 1$ el insecticida es selectivo al enemigo natural, y si $PS < 1$ la selectividad es favorable a la plaga (Metcalf 1972) (Adaptado por Cerna *et al.* 2012).

Resultados y discusión

Efecto insecticida de los productos contra *Bactericera cockerelli*. Todos los productos evaluados presentaron acción insecticida contra adultos de *B. cockerelli*. Profenofos resulto ser el más toxico por presentar la menor cantidad de ingrediente para matar el 50% de la población, mientras *B. bassiana* presento el valor más alto de concentración de ingredientes activo (Conidios) (Tabla 1).

Dentro de los dos insecticidas químicos, el más toxico para *B. cockerelli* fue el Profenofos al reportar una CL₅₀ de 22,5 ppm con respecto a la Cipermetrina la cual fue de 1145,41 ppm (Tabla 1). En investigaciones anteriores Cerna *et al.* (2013) reportó diferencias de CL₅₀'s de los productos Profenofos y Cipermetrina sobre ninfas provenientes de diferentes poblaciones de Coahuila, los valores para Profenofos fueron 1,67 a 3,63 ppm mientras que para la Cipermetrina los valores fueron 82,59 hasta 257,63 ppm. Los resultados anteriores concuerdan con lo reportado en este trabajo, donde el insecticida Profenofos es más toxico para los adultos de *B. cockerelli*.

Al evaluar los dos insecticidas botánicos en este trabajo se encontró que el más toxico para adultos de *B. cockerelli* es la Azadiractina por reportar una CL₅₀ de 350 ppm en comparación con el producto basado en aceites esenciales de cítricos al reportar un CL₅₀ de 23278,35 ppm (Tabla 1). Al respecto Luna-Cruz *et al.* (2011) reporta mortalidades sobre ninfas del 20,71% al ser tratadas por inmersión a concentraciones de 312 ppm, resultado inferior al reportado en esta investigación, ya que alcanza un 50% de mortalidad con 350 ppm.

En relación al AEC, su efecto insecticida quizá se deba a la presencia de Limoneno, un Terpeno que presenta toxicidad en insectos (Kumar *et al.* 2012; Ibrahim *et al.* 2001) ya que se ha reportado mortalidad en mosca casera (*Musca domestica*), gorgojo del frijol (*Acanthoscelides obtectus*) y cucaracha alemana (*Blattella germanica*) (Ibrahim *et al.* 2001; Kumar *et al.* 2012; Khelfane-Goucem *et al.* 2016) al ser tratadas con aceite esencial de Naranja (*Citrus sinensis*). También Díaz-Montano y Trumble (2013) reportan que el aceite esencial de lima (*Citrus aurantifolia*) presenta acción de repelencia adultos de *B. cockerelli* a dosis que van de 1 a 2000 µl en ensayos de laboratorio por lo que este producto podría ser aplicado como preventivo. Las evaluaciones de los insecticidas biológicos reportaron que los aislados evaluadas de *M. anisopliae* y *B. bassiana* son capaces de infectar los adultos de *B. cockerelli*. La CL₅₀ de *M. anisopliae* fue menor ($2,4 \times 10^6$) con respecto a la de *B. bassiana* ($2,3 \times 10^7$) a los 6 días (Tabla 1). En estudios anteriores se ha encontrado para *B. bassiana* valores de CL₅₀ de $9,54 \times 10^5$ y $2,42 \times 10^6$ en ninfas de cuarto instar en condiciones de laboratorio (Tamayo-Mejía *et al.* 2015), resultados similares a los de esta investigación.

Estos dos hongos entomopatogenos han demostrado ser viables en condiciones de invernadero y campo con mortalidades de 83,1 a 89,8% y 39,8 a 57,4% de mortalidad para aislados de *B. bassiana* y *M. anisopliae* respectivamente al ser expuestas a una concentración de 1×10^8 (Sánchez-Peña *et al.* 2007), por lo que se recomienda la aplicación de estos dos aislados de hongos en condiciones de campo para evaluar su control sobre *B. cockerelli*.

Tabla 2. Concentraciones letales de diferentes productos (CL₅₀ y CL₉₅) sobre *Bactericera cockerelli*.

Insecticida	<i>Bactericera cockerelli</i>			
	CL ₅₀	Limites fiduciales		CL ₉₅
		Inferior	Superior	
Cipermetrina	1145,41	811,88	1807,92	34835,86
Profenofos	22,45	19,65	25,84	51,70
AEC	23278,35	13466,99	70853,21	671805,91
Azadiractina	350,53	302,62	426,18	2191,05
<i>Beauveria bassiana</i> ^a	$2,3 \times 10^7$	$5,2 \times 10^6$	$2,0 \times 10^8$	$4,8 \times 10^{11}$
<i>Metarhizium anisopliae</i> ^a	$2,4 \times 10^6$	$3,9 \times 10^5$	$2,8 \times 10^9$	$3,1 \times 10^9$

^a Las concentraciones de estos insecticidas representan conidios mL⁻¹ ($\pm 95\%$ de intervalo de confianza)

Efecto insecticida de los productos sobre *Tamarixia triozae*. Todos los productos evaluados en este trabajo reportaron mortalidad sobre el parasitoide *T. triozae*, pero los que destacan por su toxicidad son insecticidas químicos seguido de los insecticidas de origen botánico y por último los de origen biológico (Tabla 3).

Los dos insecticidas químicos evaluados mostraron similitud en sus valores de CL₅₀, el insecticida Profenofos reporto 10,76 ppm y para Cipermetrina fue de 10.83 ppm (Tabla 3).

Estudios anteriores con otros grupos químicos coinciden con este trabajo al reportar alta mortalidad de *T. triozae* durante bioensayos de laboratorio con dosis recomendadas de campo para Abamectina (Grupo químico: Avermectinas), Imidacloprid (Neonicotinoide), Spinetoram, Spinosad (Spinosinas) y Tolfenpyrad (Pyrazoles) los cuales resultaron ser muy tóxico al registrar mortalidades entre 80-100% antes o durante las primeras 72 horas (Liu *et al.* 2012; Luna-Cruz *et al.* 2015).

Los insecticidas botánicos presentan los valores de CL₅₀'s intermedios entre los productos de origen químico y los biológicos. La Azadiractina registro ser más tóxico con un valor de 304,72 ppm comparada con el AEC que registro 7133,93 ppm de ingrediente activo. Luna-Cruz *et al.* (2011), evaluó el efecto de Azadiractina sobre *T. triozae* en bioensayos de laboratorio mostrando un efecto de mortalidad entre un 0 y 4,25% a dosis de 312 ppm valores de mortalidad muy por debajo a lo reportado en esta investigación. El modo de acción de Azadiractina es inhibiendo la producción de hormonas juveniles y ecdisona, que es responsable del crecimiento de los

insectos, causando altas tasas de mortalidad cuando se aplica a los inmaduros (Coelho *et al.* 2006; Ghazawy *et al.* 2010), aun cuando la evaluación se realizó sobre adultos se debe tener cuidado en las aplicaciones de este insecticida para prevenir efecto subletales. La residualidad de este producto se ha observado que puede producir 19,7% de mortalidad a los 13 días (Luna-Cruz *et al.* 2015) al ser confinadas dentro de un sustrato contaminado, pero se debe considerar que la residualidad es diferente dependiendo de la formulación del producto y no tanto por el ingrediente activo (Muñiz-Reyes *et al.* 2016).

El AEC de origen Botánico como se mencionó anteriormente presenta acción insecticida, por esto se sugiere que los aceites esenciales se apliquen en los cultivos, previo a la liberación de los parasitoides, ya que el mayor efecto es al contacto y la persistencia es mínima en el ambiente comparada con los insecticidas convencionales esto reduce el riesgo de ser envenenados por lo que permite se liberen parasitoides y depredadores (Koul *et al.* 2008).

Beauveria bassiana infecto y causo mortalidad en contacto directo a *T. triozae*, se calculo una concentración de $2,3 \times 10^7$ para matar el 50% de la población. Anteriormente Tamayo-Mejía *et al.*, (2015) reportó concentraciones de $1,11 \times 10^7$ a $1,14 \times 10^8$, por lo que este trabajo coincide con este autor al encontrar nuestro valor dentro del rango de diferentes cepas evaluadas del mismo hongo. Ibarra-Cortés *et al.* (2017) evaluó al mortalidad ocasionada por tres hongos, entre ellos *B. bassiana* resulto ser el más infectivo en comparación con *M. anisopliae* e *I. fumosorosea*, por lo que coincide con este trabajo con respecto a la tendencia de infectar y causar mayor con respecto a *M. anisopliae* en concentraciones de 1×10^4 a 1×10^8 .

Metarhizium anisopliae también causo infección y mortalidad sobre los parasitoides, la concentración letal 50 calculada para este trabajo fue de $8,7 \times 10^6$. Estos resultados son el primer reporte de evaluación de este hongo sobre adultos de *T. triozae*. Anteriormente se ha evaluado el efecto insecticida de este hongo sobre *T. radiata*, otra especie de la familia Eulophidae donde se observo que las concentraciones de 1×10^4 a 1×10^8 no superaron el 60% de mortalidad (Ibarra-Cortés *et al.* 2017)

Tabla 3. Concentraciones letales de diferentes productos (CL₅₀ y CL₉₅) y Porcentaje de Selectividad (PS) sobre el parasitoide *Tamarixia triozae*.

Insecticida	<i>Tamarixia triozae</i>			CL ₉₅	PS
	CL ₅₀	Limites fiduciales			
		Inferior	Superior		
Cipermetrina	10,83	7,24	16,46	38,58	0,01
Profenofos	10,76	7,18	16,38	38,71	0,48
AEC	7133,93	4475,18	18445,24	72328,42	0,31
Azadiractina	304,72	258,72	388,23	979,20	0,87

<i>Beauveria bassiana</i>	2,9x10 ⁶	1,2x10 ⁶	7x10 ⁶	2,4x10 ⁹	0,13
<i>Metarhizium anisopliae</i>	8,7x10 ⁶	5,4x10 ⁶	1,5x10 ⁷	2,7x10 ⁹	3,58

PS = Porcentaje de selectividad. Si PS > 1 el insecticida es selectivo al enemigo natural, y si PS

< 1 la selectividad es favorable a la plaga.

Compatibilidad de insecticidas con el parasitoide *Tamarixia triozae* en el control de

***Bactericera cockerelli*.** Los valores de proporción de selectividad obtenidos son diferentes en todos los productos evaluados, no mostraron alguna tendencia de mortalidad por su origen. El insecticida químico Cipermetrina indico la menor proporción de selectividad (PS = 0,01), seguido del insecticida biológico *B. bassiana* (PS = 0,13). El único producto que mostro ser compatible al indicar un valor de proporción de selectividad fue *M. anisopliae* (PS = 3,58). Los productos de Azadiractina, Profenofos y los AEC obtuvieron valores intermedios (PS = 0,87; 0,48; 0,31) (Tabla 3).

Conclusiones

De lo anterior podemos concluir que este estudio nos permitió conocer las CL₅₀'s de diferentes productos para el control de adultos de *B. cockerelli* y descartar la compatibilidad en aplicación directa con el parasitoide *T. triozae* a excepción de *Metarhizium anisopliae*. Así mismo la información proporcionada coadyuva en el manejo integrado de *B. cockerelli* con el control biológico. No obstante estos productos se deben estudiar el efecto residual para liberaciones posteriores de *T. triozae* en condiciones de campo.

Agradecimientos

A Alejandro De la Cruz Armas por facilitar los productos de origen biológico para la realización de este trabajo.

Literatura citada

- ABBOTT, W. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology (2): 265-267.
- ÁLVAREZ, Z. R.; DELGADILLO S. F. 2004. Enfermedades del tomate y chile Bell. pp 69- 99. En: Sánchez, R. F. J.; Moreno, R. J.; Puente M. L.; Araiza Ch. J. (Eds.). Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coah. México.
- BACCI, L.; PICANÇO, M. C.; ROSADO, J. F.; SILVA, G. A.; CRESPO, A. L. B.; PEREIRA, E. J. G.; MARTINS, J. C. 2009. Conservation of natural enemies in Brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). Applied entomology and zoology 44 (1): 103-113.

- BRAVO, M. E.; L. P. LÓPEZ. 2007. Principales plagas del chile de agua en los valles centrales de Oaxaca. En: LA revista de Fundación Produce, Oaxaca A.C. 14-15 pp.
- CABI. 2015. *Bactericera cockerelli*. [Distribution map]. Distribution Maps of Plant Pests, No. June. Wallingford, UK: CABI, Map 793. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/45643> (Fecha de revisión: 22 marzo 2017).
- CERNA, E.; AIL, C.; LANDEROS, J.; SÁNCHEZ, S.; BADI, M.; AGUIRRE, L.; OCHOA Y. 2012. Comparison of toxicity and selectivity of the pest *Bactericera cockerelli* and its predator *Chrysoperla carnea*. *Agrociencia* 46 (8): 783-793.
- CERNA, E.; OCHOA, Y.; AGUIRRE L. A.; FLORES M.; LANDEROS, J. 2013. Determination of insecticide resistance in four populations of potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). *FYTON* 82: 63-6.
- CERÓN-GONZÁLEZ, C.; LOMELI-FLORES, J. R.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; TORRES-RUÍZ, A. 2014. Fecundidad y alimentación de *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) sobre el psílido de la papa *Bactericera cockerelli*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5 (5): 893-899.
- COELHO, C.A.A.; SOUZA, N.A.; FEDER, M.D.; SILVA, C.E.; GARCIA, E.S.; AZAMBUJA, P.; GONZALEZ, M.S.; RANGEL, E.F. 2006. Effects of azadirachtin on the development and mortality of *Lutzomyia longipalpis* larvae (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae). *Journal of medical entomology* 43 (2): 262-266.
- CROFT, B. A. 1990. *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*. John Wiley and Sons, New York. 723 p
- CROSSLIN, J. M.; 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. *American Journal of Potato Research* 86 (3): 183-187.
- DÍAZ-MONTANO, J.; TRUMBLE, J. T. 2013. Behavioral responses of the potato psyllid (Hemiptera: Triozidae) to volatiles from dimethyl disulfide and plant essential oils. *Journal of insect behavior* 26 (3): 336-351.
- FINNEY, D. 1971. *Probit Analysis*. Cambridge at the University. 120 p.
- GARZÓN-TIZNADO, J. A.; CÁRDENAS-VALENZUELA, O. G.; BUJANOS-MUÑOZ, R.; MARÍN-JARILLO, A.; BECERRA-FLORA, A.; VELARDE-FELIX, S.; REYES-MORENO, C.; GONZÁLEZ-CHAVIRA, M.; MARTÍNEZ-CARRILLO, J. L. 2009. Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad permanente del tomate en México. *Agricultura técnica en México* 35 (1): 61-72.

- GHAZAWY, N. A.; AWAD, H. H.; RAHMAN, K. M. A. 2010. Effects of azadirachtin on embryological development of the desert locust *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research* 19 (2): 327-332.
- GREENWAY, G. 2014. Economic impact of zebra chip control costs on grower returns in seven US states. *American journal of potato research* 91 (6): 714-719.
- GUENTHNER J.; GOOLSBY J.; GREENWAY G. 2012. Use and cost of insecticides to control potato psyllids and Zebra Chip on potatoes. *Southwestern Entomologist* 37 (3): 263-270.
- GUENTHNER, J.; GREENWAY, G. 2010. Zebra chip economics. Zebra chip reporting session 93 p.
- GUENTHNER, J.; MICHAEL, K.; NOLTE, P. 2001. The economic impact of potato late blight on US growers. *Potato Research* 44 (2) 121-125.
- HANSEN, A. K.; J. T. TRUMBLE, J. R.; STOUTHAMER, R.; T. D. PAINE. 2008. A new Huanglongbing (HLB) species, Candidatus *Liberibacter psyllaeus*, found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied and environmental microbiology* 74 (18): 5862-5865.
- IBARRA-CORTÉS, K. H.; GUZMÁN-FRANCO, A. W.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H.; ORTEGA-ARENAS, L. D.; VILLANUEVA-JIMÉNEZ, J. A.; ROBLES-BERMÚDEZ, A. 2017. Susceptibility of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and Its Parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) to Entomopathogenic Fungi under Laboratory Conditions. *Neotropical Entomology*. 1-8. (Artículo en línea). <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0539-6>
- IBRAHIM, M. A.; KAINULAINEN, P.; AFLATUNI, A.; TIILIKKALA, K.; HOLOPAINEN, J. K. 2001. Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and food science in finland*. 10 (3): 243-259.
- KHELIFANE-GOUCHEM, K.; LARDJANE, N.; MEDJDOUB-BENSAAD, F. 2016. Fumigant and repellent activity of Rutaceae and Lamiaceae essential oils against *Acanthoscelides obtectus* Say. *African Journal of Agricultural Research* 11 (17): 1499-1503.
- KOUL O.; WALIA S.; DHALIWAL, G. S. 2008. Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. *Biopesticides International* 4 (1): 63–84.
- KUMAR, P.; MISHRA, S.; MALIK, A.; SATYA, S. 2012. Insecticidal evaluation of essential oils of *Citrus sinensis* L. (Myrtales: Myrtaceae) against housefly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Parasitology research* 110 (5): 1929-1936.

- LIU, D.; TRUMBLE, J. T.; STOUTHAMER, R. 2006. Genetic differentiation between eastern populations and recent introductions of potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) into western North America. *Entomologia experimentalis et applicata* 118 (3): 177-183.
- LIU, T. X.; ZHANG, Y. M.; PENG, L. N.; ROJAS, P.; TRUMBLE, J. T. 2012. Risk assessment of selected insecticides on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Journal of economic entomology* 105 (2): 490-496.
- LÓPEZ, M. M.; GASTÉLUM, L. R.; OLIVAS, O. M. C.; CORRALES M. J. L. 2003. Experiencia con *Paratrioza cockerelli* Sulc. (Homoptera:Psyllidae) en tomate grape variedad 'Santa' y berenjena *Solanum melongena*. 670-675 pp. En: Memorias VI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. UABC-ICA, CESVBC, Fundación Produce B.C, SAGARPA. Mexicali, B.C. 675 p.
- LUNA-CRUZ, A.; LOMELI-FLORES, J. R.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; ORTEGA-ARENAS, L. D.; HUERTA-DE LA PEÑA, A. 2011. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae). *Acta zoológica mexicana* 27 (3): 509-526.
- LUNA-CRUZ, A.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; LOMELI-FLORES, J. R.; ORTEGA-ARENAS, L. D.; BAUTISTA-MARTÍNEZ, N.; PINEDA, S. 2015. Toxicity and Residual Activity of Insecticides Against *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a Parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Journal of economic entomology* 108 (5): 2289-2295.
- METCALF, R. L. 1972. Development of selective and biodegradable pesticides. pp. 137-156. En: *Pest Control Strategies for the Future* . Natural Academic of Sciences. Washington, D. C. 376 p.
- MUÑIZ-REYES, E.; BARRETO, C. A. R.; RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, C.; ORTEGA-ARENAS, L. D. 2016. Actividad biológica de nim en adultos de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Aleyrodidae) West. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7 (6): 1283-1295.
- MUNYANEZA, J. E.; CROSSLIN, J. M.; UPTON, J. E. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "zebra chip", a new potato disease in southwestern United States and Mexico. *Journal of Economic Entomology* 100 (3): 656–663.
- RICHARDS, B. L.; BLOOD, H. L. 1933. "Psyllid yellows of the potato", *Journal of Agriculture Research* 46 (3):189-216.
- ROJAS, P.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; LOMELI-FLORES, J. R.; LIU, T. X. 2014. Biology and life history of *Tamarixia triozae*, a parasitoid of the potato psyllid *Bactericera cockerelli*. *BioControl* 60 (1): 27-35.

- SÁNCHEZ-PEÑA, S. R.; CASAS-DE-HOYO, E.; HERNANDEZ-ZUL, R.; WALL, K. M. 2007. A comparison of the activity of soil fungal isolates against three insect pests. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 24 (1): 43-48.
- SECOR, G. A.; RIVERA-VARAS, V. V. 2004. Emerging diseases of cultivated potato and their impact on Latin America. *Revista Latinoamericana de la Papa* 1: 1-8.
- TAMAYO-MEJÍA, F.; TAMEZ-GUERRA, P.; GUZMÁN-FRANCO, A. W.; GOMEZ-FLORES, R. 2015. Can *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill) (Ascomycetes: Hypocreales) and *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) be used together for improved biological control of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)? *Biological Control* 90: 42-48.
- TEULON, D. A. J.; WORKMAN, P. J.; THOMAS, K. L.; NIELSEN, M. C. 2009. *Bactericera cockerelli*: incursion, dispersal and current distribution on vegetable crops in New Zealand. *New Zealand Plant Protection* 62: 136-144.
- VAN DRIESCHE, R. G.; T. S. BELLOWS. 1996. Pest Origins, pesticides, and the history of biological control. 3-20 pp. En: Van Driesche, R. G.; T. S. Bellows (Eds). *Biological control*. Chapman & Hall. New York. USA. 539 p.
- VEGA, G. M. T.; RODRÍGUEZ, J. C.; DÍAZ, O.; BUJANOS, R.; MOTA, D.; MARTÍNEZ, J. L.; LAGUNES, A.; GARZÓN, J. A. 2008. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia* 42 (2): 463-471.
- VEGA-CHÁVEZ, J. L. 2010. Determinación de alimentación y preferencia de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre estadios de *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Psyllidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 35 pp.

Conclusiones generales

- Cuando *Tamarixia triozae* se expone a temperaturas constantes de 10, 15, 20, 25, 30 °C tarda 41.6; 26.7; 16.5; 11.1; 9.95 días respectivamente. Con estos datos se calculo que este parasitoide requiere de de 243.9 grados días de desarrollo (GDD), un umbral de temperatura inferior calculado de (UTI) de 4.8° y a 35°C no se completa el ciclo de vida siendo este el umbral de temperatura superior (UTS).
- Las hembras de *T. triozae* utiliza a las ninfas de *B. cockerelli* como fuente alimenticia. Esto lo realiza al dañar con ayuda de su ovipositor el tegumento de las ninfas hasta que brota la hemolinfa, posteriormente el parasitoide se voltea y se alimenta.
- Las hembras de *T. triozae* son capaces de alimentarse de todos los instares si no tienen opción de elegir. Cuando se les da la opción de elegir entre los cinco instares ninfales, los mas preferidos son los de cuarto instar, posteriormente las de tercero, segundo y las menos consumidas son las de primero y quinto instar.
- Bioensayos en laboratorio con el método de contacto directo determinaron que los insecticidas evaluados de origen químico (Profenofos y Cipermetrina), botánicos (Azadiractina y aceites esenciales de cítricos con canela y jabón de aceites vegetales) y biológicos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) presentan acción insecticida sobre *B. cockerelli* y *T. triozae*.
- El producto más toxico para *B. cockerelli* fue el insecticida químico profenofos ya que reporto la menor concentración de ingrediente activo en su cálculo de CL₅₀, posteriormente la azadiractina de origen botánico. Mientras que los insecticidas de origen biológico por su modo de acción requirieron mayor numero de conidios para matar la misma cantidad, pero las concentraciones son aceptables comparadas con otros autores.
- Los insecticidas de origen químico mostraron ser los productos mas tóxicos para el parasitoide *T. triozae* ya que requirieron la menor cantidad ingrediente activo para causar mortalidades del 50% de una población. Posteriormente se reportaron los productos de origen botánico y por último los de origen biológico.

- Las CL_{50} calculada para *B. cockerelli* fue superior en todos los insecticidas, menos en *Metarhizium anisopliae*. Debido a esto solo este insecticida de origen biológico se le considera selectivo contra *T. triozae*.

El presente trabajo se realizó bajo el MANUAL DE ESTILO PARA REPORTAR RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTANCIAS (actualización, 2017), proporcionado por la Subdirección de Posgrado.