

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE *Tamarixia triozae* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EN COMBINACIÓN CON *Dicyphus hesperus* (HEMIPTERA: MIRIDAE) SOBRE *Bactericera cockerelli* (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)

Martha Beatriz Velásquez-González¹, Julio César Velásquez-González¹, Alfonso Torres-Ruiz¹, J. Calvo².

¹Koppert México S. A. de C.V. Circuito el Marqués Norte No. 82. Parque Industrial El Marqués, CP. 76246. Querétaro, Querétaro. ²Departamento Investigación y Desarrollo. Koppert España S.L. Calle Cobre, 22. Polígono Ind. Ciudad del Transporte. 04745 La Mojonera, Almería, España. jvelazquez@koppert.com.mx.

Resumen. El psílido de la papa *Bactericera cockerelli* es una de las plagas principales del tomate cultivado bajo invernadero, esto debido a su capacidad de transmitir a *Candidatus Liberibacter psyllaurous*. Para su manejo mediante control biológico, se ha evaluado en pruebas de laboratorio y semi campo al mírido *Dicyphus hesperus* y al parasitoide *Tamarixia triozae* obteniendo con ambos resultados promisorios. Por lo tanto en el presente estudio, evaluamos el efecto por separado y combinado de ambos entomófagos sobre ninfas de *B. cockerelli* en plantas de tomate. Los resultados encontrados confirman que ambos entomófagos ejercen cierto control sobre la plaga, pero cuando estuvieron juntos, la población de ninfas de la plaga disminuyó hasta encontrar en la semana nueve experimental diferencias de 6 veces menos ninfas de psílido que el control, 4.6 veces menos que el tratamiento con *T. triozae* vs psílido, y 2.46 veces menos ninfas que el tratamiento con *D. hesperus* vs psílido. A pesar de esto se encontró que el parasitismo de *T. triozae* se vio reducido en 3.52 veces menos que cuando el depredador estuvo ausente. En tanto que la población del depredador creció 1.9 veces cuando estuvo combinado con *T. triozae* y *B. cockerelli*. Estos resultados son discutidos.

Palabras clave: Psílido, Tomate, Parasitoide, Depredador, Control biológico.

Introducción

El complejo de mosca blanca formado principalmente por *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) y *Trialeurodes vaporariorum*, junto con el psílido *Bactericera cockerelli* Sulzer (Hemiptera: Triozidae), son las principales plagas de tomate producido en invernadero en México, principalmente porque son vectores de virus y bacterias (Bautista-Martinez *et al.*, 2008). Este insecto causa daño directo al succionar sabia de la planta, e indirecto al inyectar toxinas a la planta. Sin embargo el mayor riesgo con el psílido es su capacidad de transmitir *Candidatus Liberibacter psyllaurous* (a.k.a. *C. L. solanacearum*) (Munyanesa *et al.* 2007, Hansen *et al.* 2008, Butler y Trumble 2012). El impacto del psílido debido esta bacteria superó el 50% en pérdidas en Guanajuato y Michoacán en la década de 1990 (Garzón *et al.* 2009). Debido al riesgo que representa la presencia de este psílido, una gran lista de insecticidas han sido evaluados para su control, lo cual hasta la fecha no ha resultado efectivo debido a la naturaleza críptica de la plaga, además de incrementar la posibilidad de selección de organismos resistente, resurgencia de plagas secundarias, contaminación ambiental y eliminación de fauna benéfica (Goolsby *et al.* 2007, Vega-Gutiérrez *et al.* 2008, Gharalari *et al.* 2009). Dentro del control biológico uno de los más promisorios y disponibles de forma comercial es *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera:

Eulophidae), el cual es un ectoparasitoide sinovigénico que parasita y depreda ninfas de cuarto y quinto instar del psílido (Cerón-González *et al.* 2014, Rojas *et al.* 2015). Sin embargo, este enemigo natural no proporcionan un control contundente empleado como único agente de control de *B. cockerelli* en tomate (Cranshaw 1994). Por lo que aspersiones de insecticidas compatibles son el control biológico aún son requeridas. (Van Driesche *et al.* 2002). Una opción es evaluar el efecto combinado de esta avispa con la de un depredador generalista. En Europa se han liberado depredadores generalistas como *Macrolophus pygmaeus* Rambour y *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (ambos Hemiptera: Miridae) para el control de mosca blanca y *Tuta absoluta* (Urbaneja *et al.* 2012). El efecto combinado de *Dicyphus hesperus* y *Encarsia formosa*, presentó significancia asimétricas, en la cual las densidades del mírido no se vieron afectadas por las densidades de la avispa, aunque las poblaciones de *E. formosa* se vieron reducidas por la presencia de *D. hesperus* (Bennett *et al.* 2009). Por lo tanto es importante evaluar el efecto de *D. hesperus* solo y en combinación con *T. triozae* y determinar el efecto sobre la población de *B. cockerelli*, en pruebas de semi campo.

Materiales y Métodos

Localización: Los experimentos se realizaron en un invernadero ubicado el Kibbutz (Amexhe, Apaseo el Grande, Guanajuato, México.); este invernadero cuenta en su interior con 64 jaulas de 1.5 x 3 x 2.5 m, de las cuales 24 fueron usadas para este experimento.

Plantas de tomate: Se usaron 400 plantas de tomate (*Solanum Lycopersicon*) de la variedad Merlice (De Ruitter®). Las semillas de sembraron y germinaron en un invernadero a 25±2°C, 70±10 HR, y un fotoperiodo de 12 L: 12 O. Cuando las plantas presentaron 5 hojas, se trasplantaron a macetas conteniendo fibra de coco, colocando 12 plantas por jaula experimental.

Insectos: El depredador *Dicyphus hesperus* se obtuvo a partir de la colonia experimental mantenida en Koppert México, a una proporción sexual 1:1 y con uno a tres días de edad. Se liberaron adultos a una dosis de 1 adulto/planta o seis parejas por jaula. Una vez realizada la liberación, se adicionó huevos de *Ephestia* como alimento durante seis semanas. Se adicionó *Ephestia* a razón de 1 gr por jaula por semana. Los huevos de *Ephestia* se distribuyeron por todas las plantas. El parasitoide *Tamarixia triozae* se obtuvo del producto comerciales Tetrapar® (código 04120). Para su liberación se siguieron la recomendación indicadas en la ficha técnica de cada producto. Para esto se evaluó una dosis de 3 avispas/m², para un total de 18 avispas por jaula experimental. Las liberaciones se mantuvieron durante nueve semanas experimentales y se inició después del trasplante. Los adultos de psílido para la infestación se obtuvieron de la cría que se usa para la producción comercial de *Tamarixia triozae* en Koppert México. Los adultos se cosecharon cada semana de una colonia perteneciente a una sola cohorte para asegurar la homogeneidad en edad y proporción sexual. Estos se mantuvieron en un cuarto frío a 10°C para su conteo previo a la liberación en la jaula del tratamiento correspondiente. Se liberó una dosis de 1 adulto/planta, por tres semanas consecutivas, para una dosis total de tres psílicos adultos por planta. La primera liberación se realizó después del trasplante.

Diseño experimental: Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas por tratamiento, con un total de 16 jaulas y 192 plantas.

Tratamientos: 1) Bc (psílido); 2) Dh vs Ps (Depredador vs psílido); 3) Tt vs Bc (Parasitoide vs psílido); 4) Dh + Tt vs Bc (Depredador + parasitoide vs psílido).

Muestreo: Se realizó un total de nueve muestreos semanales. Para esto, cinco plantas se seleccionaron en forma aleatoria en cada jaula. En cada planta se revisó una hoja del estrato superior, una del estrato medio y una del estrato inferior. En cada hoja a revisar se registró el número de ninfas, pupas parasitadas y adultos de psílido. Las ninfas y adultos de *D. hesperus* también fueron registrados.

Análisis estadístico: El efecto de cada tratamiento se analizó mediante modelos lineales mixtos, para esto se consideró a los tratamientos como factor fijo, y a las repeticiones anidadas en semanas como factor aleatorio. Todos los procedimientos estadísticos se realizaron usando el paquete estadístico SPSS versión 21 con $\alpha=0.05$. (SPSS Inc., Chicago, USA).

Resultados

En la Fig. 1A, se presentan el efecto de los tratamientos sobre la población de ninfas de psílido por hoja sin parasitar y sin depredar, encontrando que los tratamientos evaluados presentaron diferencias altamente significativas sobre esta variable ($F_{3\ 2121}=31.07$; $P=0.0001$). Con la prueba de comparación de medias marginales de Bonferroni, encontramos que el mejor tratamiento fue el cuatro formado por la combinación del depredador *Dicyphus hesperus* y el parasitoide *Tamarixia triozae*, el cual presentó diferencias altamente significativas en las comparaciones por pares (4 y 1=0.0001; 4 y 2=0.0001; 4 y 3=0.0001), con $\alpha=0.05$.

En la Fig. 2B, se presenta el promedio de la población de adultos de *B. cockerelli* por hoja en presencia del depredador y parasitoide. Con el análisis encontramos que los tratamientos presentaron un efecto altamente significativo sobre la población de adultos de psílido por hoja ($F_{3\ 2121}=23.149$; $\alpha=0.05$). Con la comparación de medias marginales por pares de Bonferroni, encontramos que el mejor tratamiento fue el cuatro (*D. hesperus* + *T. triozae*), ya que se diferenció claramente de los demás (4 y 1=0.0001; 4 y 2=0.0001), aunque no se encontraron diferencias entre el cuatro y el tratamiento 3 (*T. triozae*) (4 y 3=0.092), $\alpha=0.05$, Bonferroni.

En la Fig. 2A, se presenta el promedio del parasitismo de *Tamarixia triozae* sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* solo y en presencia de *D. hesperus*. Se encontró diferencias altamente significativas entre estos tratamientos ($F_{1\ 10143}=16.59$, $\alpha=0.05$). La comparación de medias entre tratamientos resultó altamente significativa (3 y 4=0.0001), $\alpha=0.05$, Bonferroni. Siendo el tratamiento con (*T. triozae* solo) en donde se observó el mayor número de ninfas de psílido parasitado). En la Figura 2B. Se presenta el promedio de ninfas y adultos del depredador *D. hesperus* en presencia de *B. cockerelli* solo y en combinación con *T. triozae*. Se encontró que la población del depredador presentó diferencias altamente significativas ($P=0.0001$; $F_{1\ 1043}=21.32$). Con la comparación de medias por pares, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P=0.0001$; $gl=1043$; $\alpha=0.05$, Bonferroni). Siendo el tratamiento con *D. hesperus* y *T. triozae* en donde se observó el mayor promedio de *D. hesperus*.

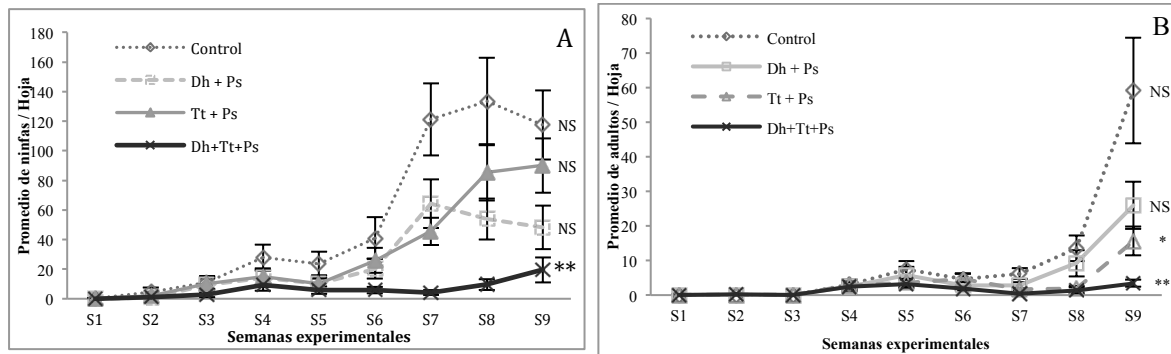


Figura 1A. Población promedio \pm EE de ninfas de psílido *Bactericera cockerelli* sin parasitar en presencia de *D. hesperus*, y *T. triozae* y la combinación de *D. hesperus* y *T. triozae*. Las principales diferencias entre medias están marcadas por asteriscos con $\alpha=0.05$, Bonferroni. NS= no significativo. **En la 1B.** Población promedio \pm EE de adultos de psílido *Bactericera cockerelli* en presencia de *D. hesperus* y *T. triozae*. Las principales diferencias significativas están marcadas por *, las altamente significativas ** y NS= no significativo, $\alpha=0.05$, Bonferroni.

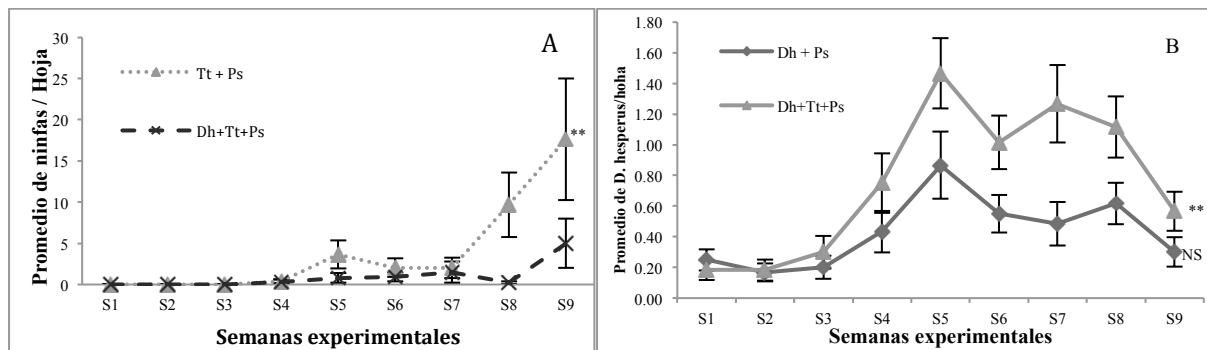


Figura 2A. Promedio \pm EE de ninfas de psílido *Bactericera cockerelli* parasitadas en presencia de *T. triozae* solo (Tt + Ps) y en combinación con *D. hesperus* (Dh+Tt+Ps). Las principales diferencias altamente significativas están marcadas por ** y las no significativas con NS, $\alpha=0.05$, Bonferroni. **Figura 2B.** Promedio \pm EE de ninfas y adultos del depredador *D. hesperus* en presencia de *B. cockerelli* solo y en combinación con *T. triozae*. Las principales diferencias altamente significativas están marcadas por ** y las no significativas con NS, $\alpha=0.05$, Bonferroni.

Discusión y Conclusiones

La población de ninfas y adultos se vio afectada por los tratamientos evaluados, observándose ninfas parasitadas y depredadas en el tratamiento combinado con *T. triozae* y *D. hesperus*. Con esta combinación se logró disminuir el promedio de ninfas de psílido/hoja en la semana nueve a seis veces menos que el control, 4.6 veces menos que el tratamiento de *T. triozae* vs psílido, y 2.46 veces menos que el tratamiento con *D. hesperus* vs psílido. Este efecto observado se describe como sinérgico, y se ha observado entre entomófagos que comparten la misma presa. Esta sinergia se ha observado en el control de *Bemisia tabaci*, con liberaciones de *Eretmocerus mundus* y *Macrolophus melanotoma* (Heteroptera: Miridae), obteniendo mejores resultados que cuando se evaluó cada entomófago por separado (Gabarra *et al.*, 2006). Este mismo resultado, se ha observado cuando ocurren de forma simultánea *Encarsia formosa* y *D. hesperus*, además se ha observado competencia por las ninfas de mosca blanca (Gillespie *et al.*, 2004). Sin embargo *D.*

hesperus tiene la capacidad de detectar manchones de mosca sobre la planta y consumir en su totalidad este manchón (S. L. VanLaerhoven, datos sin publicar), en contraste con *E. formosa*, que es ineficiente en encontrar manchones y cuando lo hace no lo explota completamente (van Roermund & van Lenteren 1997). Por otra parte el uso combinado de *D. hesperus* y *T. triozae*, no se había evaluado antes, y los resultados indican que la población de ninfas se reducen cuando se evalúan juntos a cuando se hace por separado. Este efecto podría deberse a la gran capacidad de *T. triozae*, la cual es una avispa solitaria sinovigénica que es capaz de consumir un promedio de 312 ninfas, de las cuales 56% es por parasitismo y 44% por depredación (Céron-González *et al.* 2014). Sin embargo hacen falta más trabajos orientados a estudiar la ecología de forrajeo cuando ambos están juntos, y dilucidar si pudiera existir depredación intragremial; ya que cuando *T. triozae* estuvo solo con *B. cockerelli* el parasitismo fue 3.52 veces mayor que cuando estuvo combinado con *D. hesperus*. Estos resultados son similares a los obtenidos con *D. hesperus* y *E. formosa*. En los cuales la proporción de pupas parasitadas de mosca blanca fueron mayores en los tratamientos donde *D. hesperus* estuvo ausente en comparación cuando sí estuvo. Esto evidencia asimetría significativa en donde las poblaciones del depredador no se vieron afectadas por la inclusión del parasitoide, en tanto que la población del parasitoide se ve afectada por la inclusión del depredador (Bennett *et al.* 2009). El crecimiento de la población de *D. hesperus* creció 1.9 veces más cuando se encontró en presencia de *B. cockerelli* y *T. triozae*, que cuando estuvo solo con *B. cockerelli*, lo cual podría reforzar esta hipótesis.

Agradecimientos

Al CONACyT por el financiamiento del proyecto “Integración de un mírido nativo de México como agente de control biológico de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y psílido (*Bactericera cockerelli*) al programa de manejo integrado de plagas en cultivo de tomate bajo invernadero”, del cual este trabajo forma parte, con número de registro INNOVAPYME-CONACYT 223073.

Literatura Citada

- Bautista, M. N., Chavarín, P. C., Valenzuela, E. F. 2008. Jitomate, Tecnología para su producción en invernadero. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Edo. De México.
- Bennett, J. A., D. R. Gillespie., J. L. Shipp., and S. L. VanLaerhoven. 2009. Foraging strategies and patch distributions: intraguild interactions between *Dicyphus hesperus* and *Encarsia formosa*. *Ecological Entomology*. 34 (1): 58-65.
- 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. *Terrestrial Arthropod Reviews*. 5: 87-111.
- Céron-González, C., J. R. Lomeli-Flores., E. Rodríguez-Leyva y A. Torres-Ruiz. 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.

- Hansen, A.K., J.T. Trumble., R. Stouthamer., and T.D. Paine. 2008. A new Huanglongbing, “*Candidatus Liberibacter psyllauros*,” found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied and Environmental Microbiology*. 74: 5862-5865.
- Gabarra, R. Zapata, C. Castañe, C. Riidavest, J. Arnó, J. 2006. Release of *Eretmocerus mundus* and *Macrolophus caliginosus* for controlling *Bemisia*. *Bulletin IOBC/WPRS*. 29: 71-76.
- Garzón, T, J. A., O. G. Cárdenas-Valenzuela, R. Bujanos-Muñiz, A. Marin-Jarillo, A. Becerra-Flores, S. Velarde-Felix, C. Reyes-Moreno, M. González-Chavira, and J. L. Martínez-Carrillo. 2009. Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad “permanente del tomate” en México. *Agricultura Técnica en México* 35: 58-69.
- Gharalari, A. H., C. Nansen, D. S. Lawson, J. Gilley, J. E. Munyaneza and K. Vaughn. 2009. Knockdown mortality, repellency, and residual effects of insecticides for control of adult *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology* 102: 1032-1038.
- Gillespie, D.R., Sanchez, J.A. & McGregor, R. R. (2004) Cumulative temperature requirements and development thresholds in two populations of *Dicyphus hesperus* (Hemiptera: Miridae). *Canadian Entomologist*. 136: 675-683.
- Goolsby, J. A., B. Bextine, J. E. Munyaneza, M. Setamou, J. Adamczyk and G. Bester. 2007. Seasonal abundance of sharpshooters, leafhoppers, and psyllids associated with potatoes affected by zebra chip disorder. *Subtropical Plant Science* 59: 15-23.
- Munyaneza, J. E., J. A. Goolsby, J. M. Crosslin and J. E. Upton. 2007. Further evidence that zebra chip potato disease in the Lower Rio Grande Valley of Texas is associated with *Bactericera cockerelli*. *Subtropical Plant Science* 59: 30-37.
- Rojas, P., E. Rodriguez-Leyva., J. R. Lomeli-Flores., Tong-Xian L. 2015. Biology and life history of *Tamarixia triozae*, a parasitoid of the potato psyllid *Bactericera cockerelli*. *Biocontrol*. 60: 27-35.
- Urbaneja, A., J. González-Cabrera, J. Arnó, and R. Gabarra. 2012. Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest Manage. Sci*. 68: 1215-1222.
- Van Driesche R., M. Hoddle, and T. Center. 2008. Control of pests and weeds by natural enemies: an introduction to biological control. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- van Roermund , H.J.W. & van Lenteren , J.C . (1997) Analysis of foraging behaviour of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* on a plant: a simulation study. *Biocontrol Science and Technology*. 7: 131–151.
- Vega-Gutierrez, M. T., J. C. Rodriguez-Maciél, O. Diaz-Gomez, R. Bujanos-Muniz, D. Mota-Sanchez, J. L. Martinez-Carrillo, A. Lagunes-Tejeda and J. A. Garzon-Tiznado. 2008. Susceptibility to insecticides in two Mexican populations of tomato-potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia* 42: 463-471.