

Comportamiento poblacional y proporción sexual de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozaidae) en papa (*Solanum tuberosum* L.)

Population behavior and sex ratio of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozaidae) on potato (*Solanum tuberosum* L.)

Claudia E. Toledo-Perdomo

Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala

<https://orcid.org/0000-0003-2281-3216>

toledo.perdomo@gmail.com

Antonieta Rodas

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala

<https://orcid.org/0000-0002-1948-0978>

antonieta55@yahoo.com

RECIBIDO

31/03/2022

ACEPTADO

21/07/2022

RESUMEN

Una de las principales plagas en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) es *Bactericera cockerelli* siendo vector de las enfermedades zebra chip y punta morada. El objetivo de la investigación fue determinar el comportamiento poblacional y proporción sexual de *B. cockerelli*, su relación con las fases fenológicas del cultivo de la papa y distribución vertical. Se relacionó la proporción sexual con factores climáticos. Se establecieron tres parcelas (500 m²) y se muestrearon las plantas por estratos y en cada fase fenológica del cultivo. Se capturaron adultos para ser sexados y determinar el tipo de reproducción. Todos los datos se correlacionaron con las poblaciones y con datos climáticos, se evaluaron con la prueba de Anova, y correlación de Pearson. Los resultados demostraron que las temperaturas mínimas y precipitación pluvial tienen un efecto sobre las poblaciones de *B. cockerelli*. En la distribución de las poblaciones en la planta por estratos se determinó que los adultos no presentan diferencias significativas ($p = 0.2333$), estos pueden encontrarse en cualquiera de los tres estratos, mientras que, en las ninfas, si presentaron diferencias significativas por estrato, mostrando una preferencia por el estrato medio ($p = 0.0182$). Estos resultados permitirán establecer estrategias de control tomando en cuenta que la mayoría de las ninfas se ubicarán en el estrato medio y los adultos en cualquier parte de la planta, así como considerar los factores climáticos que mayormente inciden en las poblaciones de la paratrioza. La proporción sexual fue del 48 % hembras y 52 % machos y el tipo de reproducción fue sexual.

PALABRAS CLAVE

Dinámica poblacional; distribución vertical; factores climáticos; reproducción sexual; distribución vertical.

ABSTRACT

One of the main plagues in the potato crop (*Solanum tuberosum* L.) is *Bactericera cockerelli* being a vector of the diseases zebra chip and purple top. The objective of the research was to determine the population behavior and sex ratio of *B. cockerelli*, its relationship with the phenological phases of the potato crop and vertical distribution. Sex ratio was related to climatic factors. Three plots (500 m²) were established and plants were sampled by strata and in each phenological phase of the crop. Adults were captured for sexing to determine the type of reproduction. All data were correlated with population and climatic data, evaluated with the Anova test and Pearson correlation. The results showed that minimum temperatures and rainfall have an effect on the populations of *B. cockerelli*. In the distribution of the populations in the plant by strata, it was determined that the adults did not present significant differences ($p = 0.2333$), they can be found in any of the three strata, while the nymphs did present significant differences by stratum, showing a preference for the middle stratum ($p = 0.0182$). These results will allow establishing control strategies taking into account that most of the nymphs will be located in the middle stratum and the adults in any part of the plant, as well as considering the climatic factors that mostly affect paratrypan populations. The sex ratio was 48 % females and 52 % males and the type of reproduction was sexual.

KEYWORDS

Population dynamics; vertical distribution; climatic factors; sexual reproduction; vertical distribution.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa en Guatemala es una de las principales hortalizas ocupando el tercer lugar de importancia, después del maíz y el frijol. A nivel mundial está catalogado como el cuarto cultivo de mayor importancia, después del trigo, arroz y maíz (Chávez & Ramírez, 2013).

Para el año 2013 en Guatemala se cultivaron 20,860 ha. del cultivo de la papa, con una extensión promedio de 0.26 ha. por unidad productiva y reportándose una producción total de 521,849 TM. Esta producción agrícola generó 3.6 millones de jornales al año, equivalente a más de once mil empleos permanentes y beneficiando a 83,000 familia rurales que participaron en el proceso productivo (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2010; Argueta, 2015).

La paratrioza (*Bactericera cockerelli* (Sulc)) (Hemiptera: Triozidae), también conocida como psílido de la papa, pulgón saltador o salerillo, es una plaga que puede afectar diversos cultivos hortícolas causando desórdenes fisiológicos, enfermedades fitoplásmicas y bacterianas. Es una de las principales plagas en el cultivo de la papa y causa daños directos a la planta cuando se alimenta, además es vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, enfermedad conocida como papa rayada o zebra chip (Bujanos & Ramos, 2015). *B. cockerelli* se encuentra ampliamente distribuida en Guatemala, cuyo origen es nativo de la región, considerado originario del sur de Estados Unidos, posteriormente se dispersó a México, Centro América y parte de Sudamérica. Actualmente también se ha reportado en Perú, y en otras partes del mundo, como Nueva Zelanda (Teulon et al. 2009; Munyaneza, 2012; Munyaneza, 2013; European and Mediterranean Plant Protection Organization, 2014).

La paratrioza es una plaga polífaga, reconocida como una plaga de importancia económica e invasora. Se han reportado más de 20 familias taxonómicas de plantas que esta puede atacar. Muchas de estas plantas son consideradas plantas alternas cuando las siembras de los cultivos de su preferencia han finalizado, permitiéndoles continuar con su ciclo de vida. Dentro de los cultivos de importancia económica más apetecibles por esta plaga están la papa (*Solanum tuberosum*), tomate (*Solanum lycopersicum*), chile (*Capsicum annuum*), berenjena (*Solanum melongena*), tamarillo (*Solanum betaceum*) y el tabaco (*Nicotiana tabacum*) (CABI 2020; Vereijssen, 2020; Butler & Trumble, 2012; Munyaneza et al. 2009).

Los síntomas de la enfermedad conocida como papa rayada o zebra chip en los tubérculos de la papa (*Solanum tuberosum* L.) presentan marcas de rayas necróticas las cuales se vuelven más visibles cuando las papas se fríen para su cocción. Las plantas presentan una senescencia precoz, rendimiento del 60 % menor al esperado y menor materia seca que lo normal (Liefting, Perez-Egusquiza, Clover, & Anderson 2008; Munyaneza, Sengoda, Sundheim, & Meadow, 2012).

La enfermedad papa rayada o zebra chip ha sido identificada (Secor, Lee, Bottner, Rivera-Varas, & Gudmestad, 2006; Munyaneza, Crosslin, & Upton, 2007) y reportada por primera vez en México en 1994, también se ha reportado en Guatemala, México y el suroeste de los Estados Unidos, causando daños económicos (Liefing et al., 2008).

En el cultivo del tomate se ve afectado por *B. cockerelli*, por ser vector *Candidatus Liberibacter solanacearum* provocando la enfermedad conocida como la enfermedad Permanente del Tomate, considerada una de las enfermedades más importantes del tomate o la más importante. En México se reportó en el año 2016 más de 30 mil hectáreas afectadas por la enfermedad, siendo el 45% del área total de tomate anual del país (SAGARPA, 2016).

Para el control de la paratrioza (*B. cockerelli*), se ha empleado principalmente el control químico, sin embargo, debido al desconocimiento de algunos aspectos de su biología y del comportamiento de la plaga en las zonas productoras de papa en Guatemala y para realizar aplicaciones químicas en el momento adecuado o aplicar cualquier otro método de control, esto ha contribuido al mal manejo de las poblaciones, lo que ha afectado el cultivo de la papa. Asimismo, se ha observado que algunos plaguicidas no han sido eficaces y se ha reportado la resistencia a varios grupos de insecticidas provocando un incremento en las poblaciones de *B. cockerelli*, haciendo más difícil el control de la plaga (Vega et al., 2008).

Estudios realizados en *B. cockerelli* han demostrado que tanto el adulto como las ninfas son vectores de la enfermedad *Candidatus Liberibacter solanacearum*, siendo el adulto un vector más eficiente para la transmisión de la enfermedad (Buchman, Sengoda, & Munyaneza, 2011). Otros estudios del comportamiento de la distribución poblacional de *B. cockerelli* en México permitieron la identificación de las áreas que se encuentran infestadas y áreas libres para el control de la plaga (Ramírez, & Figueroa, 2013).

En la región de estudio se desconoce el comportamiento de las poblaciones de la paratrioza, tanto su comportamiento en la plantación, así como los factores climáticos que pueden incidir en las poblaciones. Conocer el comportamiento poblacional de *B. cockerelli* en la planta en cada una de las etapas de desarrollo del cultivo de la papa, la distribución vertical de la población en la planta son factores clave que podrían aportar información para la toma de decisiones en el establecimiento de planes de manejo de esta plaga.

El propósito de esta investigación fue evaluar el comportamiento poblacional de *B. cockerelli* en el cultivo de papa, para esto se determinó su distribución vertical en la planta, tanto de ninfas como adultos, el comportamiento de la población en cada uno de las fases fenológicas del cultivo, así como el efecto de los factores climáticos (temperatura y precipitación pluvial). En cuanto a la reproducción, se determinó la proporción sexual de *B. cockerelli*, el tipo de reproducción y su relación con los factores climáticos

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica

Las parcelas se establecieron en el municipio de Tecpán, departamento de Chimaltenango, que se encuentra ubicado a 88 km de distancia de la ciudad capital de Guatemala, a una altitud de 2,286 msnm, a una latitud 14°45'37" y longitud 90°59'30". El clima es frío en la mayoría de los meses del año. La temperatura mínima se encuentra entre los 7°C y los 12°C y la temperatura máxima se encuentra entre los 19°C – 22°C a lo largo de los meses del año, la precipitación pluvial anual es de 1295 mm (Deguate, 2019).

Etapas de la investigación

1) Establecimiento de las parcelas y muestreo

Se establecieron tres parcelas del cultivo de la papa *S. tuberosum* variedad Loman para la realización de los muestreos, los cuales fueron estratificados. Estas fueron de 500 m², donde se tomaron en cada parcela cinco plantas al azar. Las plantas fueron divididas en tres estratos: parte inferior de la planta, parte media de la planta y parte superior. En cada planta se muestrearon seis hojas (dos hojas en cada estrato), haciendo un total de 30 muestras por parcela. En cada hoja se realizaron conteos de adultos y ninfas de paratrioza. Todo el material colectado en campo fue identificado y preservado en etanol al 70 % y en viales de 5 ml y fueron trasladados al laboratorio.

Se tomaron datos climatológicos como temperatura máxima y temperatura mínima, los que fueron tomados con termómetro de máximas, media y mínimas. La precipitación pluvial fue tomada con un pluviómetro plástico. Estos datos fueron tomados cada día de muestreo. Los muestreos de los insectos se realizaron cada 7 días durante todo el ciclo vegetativo del cultivo.

Las colectas se realizaron durante los meses de marzo a octubre, el material de los especímenes colectados fue trasladado a los laboratorios de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su análisis.

2) Identificación en laboratorio de los especímenes colectados

Los especímenes colectados de *B. cockerelli* fueron llevados a laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y observados en un estereoscopio con aumento 40X y un duplicador 2X. Los especímenes adultos colectados fueron sexados, para ello se examinaron individualmente para hacer el conteo de machos y hembras capturados. Esta separación de sexos se basó en las características morfológicas del abdomen de cada espécimen. Para la identificación de *B. cockerelli* fue empleada la clave taxonómica de Burckhardt y Lauterer (1997).

3) Procesamiento y análisis de información

La variable de respuesta fue el número de adultos y ninfas de *B. cockerelli* en cada uno de los muestreos realizados, debidamente separados e identificados por los puntos de muestreo, es decir por los estratos de la planta (alto, medio y bajo) del cultivo de la papa.

Se desarrolló un análisis de correlación entre las variables climáticas que fueron tomadas cada día de muestreo y el número de ninfas y adultos muestreados en cada estrato de la planta. El análisis estadístico se ejecutó en el programa InfoStat versión 2014 (Di Rienzo et al., 2014).

Se empleó un análisis Anova y prueba de separación de medias DGC (Di Rienzo, Guzman y Casanoves) a un nivel de significancia de $p < 0.05$

Para la proporción sexual de los individuos capturados de *B. cockerelli* fueron contados los totales de machos y hembras que se capturaron y se calculó la proporción sexual

RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento de *B. cockerelli* demostró tener diferencias significativas ($p = 0.0182$) en la distribución de las ninfas en la planta, donde el mayor número de ninfas se encontraron en la parte media de la planta. En el caso de los adultos, se demostró que la distribución en la planta no presentaron diferencias significativas para cualquiera de los tres estratos ($p = 0.2333$). De la misma forma, fue el comportamiento de machos y hembras, al ser analizados individualmente (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios y desviaciones estándar de los logaritmos naturales de los conteos para ninfas, adultos machos y hembras de *Bactericera cockerelli*, en el cultivo de papa, por estrato y desarrollo de la plantación. Tecpán, Chimaltenango.

| Ninfa | Estrato | Medias | n | E.E. | |
|-------|---------|--------|----|------|---|
| | Medio | 2.14 | 57 | 0.43 | A |
| | Alto | 0.55 | 57 | 0.43 | B |
| | Bajo | 0.00 | 57 | 0.43 | B |
| Ninfa | Estrato | Medias | n | E.E. | |
| | Medio | 3.81 | 57 | 1.25 | A |
| | Alto | 3.06 | 57 | 1.25 | A |
| | Bajo | 0.10 | 57 | 1.25 | A |

| Ninfa | Estrato | Medias | n | E.E. | |
|-------|---------|--------|----|------|---|
| | Medio | 1.98 | 57 | 0.64 | A |
| | Alto | 1.58 | 57 | 0.64 | A |
| | Bajo | 0.07 | 56 | 0.64 | A |
| Ninfa | Estrato | Medias | n | E.E. | |
| | Medio | 1.80 | 56 | 0.65 | A |
| | Alto | 1.51 | 56 | 0.65 | A |
| | Bajo | 0.03 | 56 | 0.65 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La distribución de la población por estrato y por etapa de desarrollo de la plantación, las ninfas se concentraron en la parte media de la plantación, en todas las etapas de desarrollo. Mientras que los adultos, la mayoría se encontraron en la parte alta de la plantación en la etapa reproductiva (media = 6 individuos), seguido de la parte media en la etapa reproductiva (media = 4 individuos) y en la etapa vegetativa en la parte media de la planta (media = 2 individuos).

La incidencia de los factores climáticos en las poblaciones de *B. cockerelli*, según los análisis estadísticos, demostraron que la temperatura mínima y la precipitación pluvial tienen un efecto sobre las ninfas, adultos y machos. Los valores históricos de precipitación pluvial del lugar de estudio son de 1295 mm anuales, mientras que los registros históricos de temperatura mínima son de 7°C a 11°C. La temperatura media se encuentra entre los 14°C y 16°C y la temperatura máxima comprendidas entre los 20°C y 22°C. En las hembras la temperatura media tiene un efecto sobre estas, así como la precipitación pluvial (Tabla 2). Al aumentar la precipitación pluvial las poblaciones de adultos y ninfas descendieron notablemente (Figuras 1 y 2).

Tabla 2. Análisis de Correlación de Pearson para adultos, ninfas, machos y hembras de *Bactericera cockerelli* con las variables climáticas en el cultivo de papa, Tecpán, Chimaltenago

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|-------------|-----------------------|-----|---------|---------|
| Ninfa | temperatura máxima | 171 | 0.10 | 0.1840 |
| Ninfa | temperatura media | 171 | -0.08 | 0.3178 |
| Ninfa | temperatura minina | 171 | -0.23 | 0.0026 |
| Ninf | precipitación pluvial | 171 | -0.35 | <0.0001 |
| Adulto | temperatura máxima | 171 | 0.03 | 0.6737 |
| Adulto | temperatura media | 171 | -0.17 | 0.0277 |
| Adulto | temperatura minina | 171 | -0.19 | 0.0126 |
| Adulto | precipitación pluvial | 171 | -0.38 | <0.0001 |
| Machos | temperatura máxima | 170 | 0.08 | 0.3275 |
| Machos | temperatura media | 170 | -0.12 | 0.1351 |
| Machos | temperatura minina | 170 | -0.21 | 0.0053 |
| Machos | precipitación pluvial | 170 | -0.46 | <0.0001 |

| Variable(1) | Variable(2) | n | Pearson | p-valor |
|-------------|-----------------------|-----|---------|---------|
| Hembras | temperatura máxima | 168 | -0.02 | 0.8010 |
| Hembras | temperatura media | 168 | -0.21 | 0.0064 |
| Hembras | temperatura minina | 168 | -0.14 | 0.0621 |
| Hembras | precipitación pluvial | 168 | -0.21 | 0.0054 |

Figura 1. Población de adultos y ninfas de *Bactericera cockerelli* durante el periodo de muestreos en el cultivo de la papa en Tecpan, Chimaltenago

FIGURA 1. DE CAPTURAS DE ADULTOS Y NINFAS DE *B. COCKERELLI* EN EL CULTIVO DE LA PAPA, TECPAN

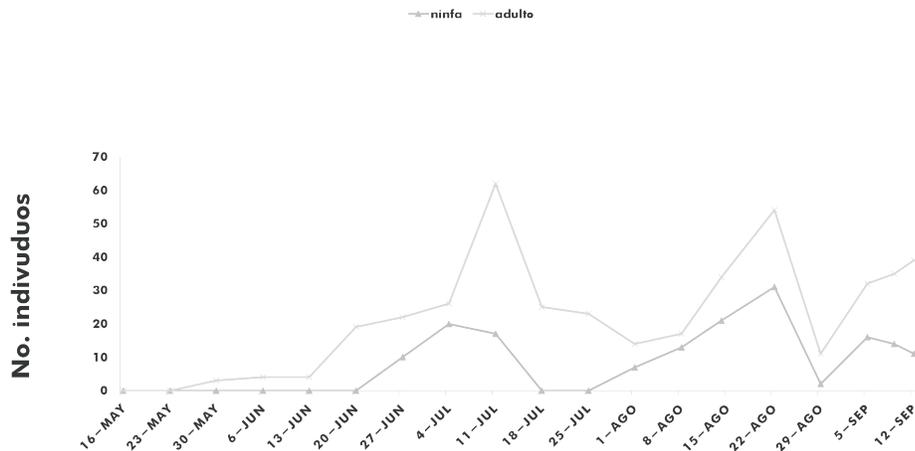
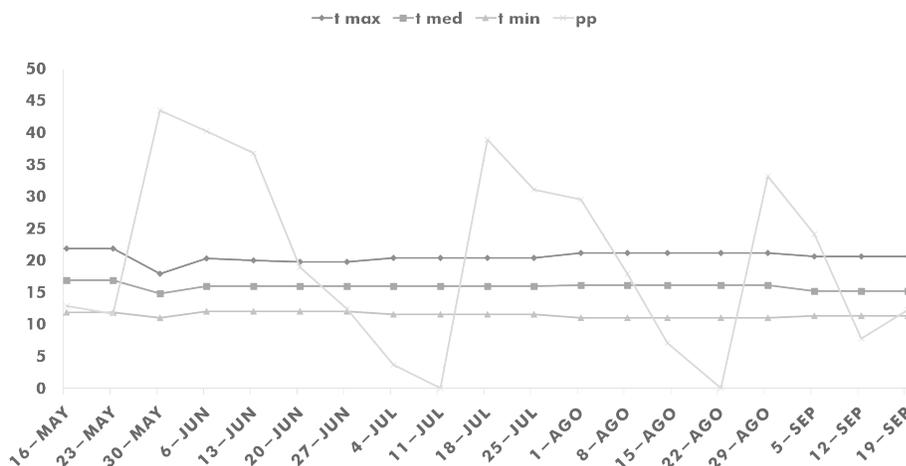


Figura 2. Factores climáticos en Tecpán, Chimaltenango, durante el periodo de muestreos en el cultivo de la papa

FIGURA 2. LECTURAS CLIMATICAS EN TECPAN DURANTE LOS MUESTREOS



El total de machos capturados fue de 220 y el total de hembra fue de 203, presentando una proporción sexual de 1.1:1 machos:hembras, representando el 48 % de hembras y el 52 % de machos.

La distribución de las poblaciones de ninfas y adultos de *B. cockerelli*, según los análisis estadísticos realizados, demostró que las ninfas tienen preferencias

por la parte media del cultivo, esto podría deberse a que en esta parte pueden encontrar tejidos jóvenes que faciliten su alimentación, además de encontrarse menos expuestas a las variaciones climáticas, como la precipitación pluvial, así también estar expuestas directamente a los rayos del sol, en el estrato alto de la plantación. Estudios han demostrado que las hembras adultas colocan sus huevecillos en el envés de las hojas, solo unos pocos son colocados en el haz, buscando área de follaje denso (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2015).

En los adultos, se determinó estadísticamente que estos pueden encontrarse distribuidos en toda la plantación, en campo se observó que son insectos muy activos, característica que les favorece para escapar con facilidad de depredadores o factores ambientales adversos y buscar refugios. Durante las colectas se verificó que los adultos pueden encontrarse tanto en el haz como en el envés de las hojas. En horas del día con temperaturas más altas, los adultos permanecían más tiempo en el envés de las hojas, pudiéndose refugiar de los rayos directos del sol. Nava (2010), indica que las densidades de los adultos pueden variar en función de su localidad y fechas de siembra, donde los factores climáticos pueden presentar variaciones, según la época del año. También demostró las variantes en las densidades poblacionales de la paratrioza en cultivos a cielo abierto que en casa sombra (Jirón-Rojas et al., 2016).

Otras investigaciones han reportado la distribución de las poblaciones de ninfas y adultos de *B. cockerelli* en el cultivo de la papa, donde se determinó que su distribución es agregada, donde además se determinó que este comportamiento fue constante (Ramírez, Porcayo-Camargo, & Sánchez, 2013), durante todas las evaluaciones en campo en el presente estudio también se estableció que la distribución de ninfas y adultos en la planta fue constante durante todo el periodo de muestreo.

Los análisis correlacionales de los factores climáticos demostraron que la temperatura mínima tiene un efecto sobre las poblaciones de *B. cockerelli*, estas oscilaron entre los 11 y 12 °C.—Las fluctuaciones de la temperatura mínima afectan el tiempo del desarrollo del insecto provocando variantes en los días para completar su ciclo de vida, el cual se ha demostrado que este puede variar de 15 a 30 días, cuando las temperaturas mínimas disminuyen el ciclo de desarrollo de *B. cockerelli* se prolonga (Ramírez Gómez, Santamaria, Méndez Rivera, Ríos Flores, Hernández Salgado, & Pedro Méndez, 2008).

Se ha demostrado que las poblaciones de *B. cockerelli* pueden adaptarse a climas templados, estas poblaciones pueden migrar por cambios climáticos, como la temperatura, que puedan presentarse en distintas estaciones del año (Cranshaw, 2001). El desarrollo *B. cockerelli* ocurre a aproximadamente 27 °C, mientras que la oviposición, la eclosión y la supervivencia se reducen a 32 °C y se detienen a 35 °C, y una sola generación puede ser completada en 3 a 5 semanas (Abdullah, 2008). En la presente investigación se determinó que solamente la temperatura mínima y la precipitación pluvial tenían un efecto

negativo sobre las poblaciones de *B. cockerelli*, siendo las temperaturas medias y altas favorables a las poblaciones.

Las temperaturas máximas en la zona de muestreos, en Tecpán fueron entre 20 °C y 22 °C, las cuales se encuentran por debajo de los 27 °C, reportados por Abdullah (2008), es muy probable que, a temperaturas más altas, pudiera favorecer el desarrollo de *B. cockerelli* y obtener poblaciones más numerosa a la que fue encontrada en las parcelas de muestreo.

En la proporción sexual de *B. cockerelli*, se capturaron 48 % de hembras, del total de especímenes capturados en las parcelas de Tecpán, Chimaltenango. Estos resultados demuestran que esta proporción pudiera a mantenerse constante dentro de un rango, donde las poblaciones de machos serán ligeramente mayor a las poblaciones de las hembras, debido a que otros estudio reportan la proporción sexual 45.5 % en campo ubicado en Texas, USA y 48 % en condiciones de laboratorio, con temperaturas promedio de 22.8 °C en campo y 26.7 °C en condiciones de laboratorio (Yang, Zhang, Hua, & Liu,, 2010).

Las condiciones de campo en el área experimental en Tecpán fue de 19 °C. Yang y Liu (2009), también reportan una proporción sexual de *B. cockerelli* de 45.9 % de hembras y 54.1 % de machos en el cultivo de berenjena y 42.3 % de hembras y 57.7 % de machos en chile, demostrando en las tres evaluaciones el mayor porcentaje de machos en la población.

CONCLUSIONES

Para el manejo de las poblaciones de *B. cockerelli* es importante tomar en cuenta que los adultos pueden encontrarse distribuidos en toda la planta (distribución vertical), sin embargo, las ninfas estarán concentradas en la parte media de la planta y en el envés de las hojas. Esta información permitirá establecer estrategias de control tomando en cuenta la distribución de la población de ninfas y adultos.

En cuanto a los factores climáticos, se demostró que las temperaturas mínimas reportadas en la evaluación de 11°C – 12°C tienen un efecto en el desarrollo del insecto, afectando la duración del desarrollo de su ciclo de vida.

La proporción sexual fue del 48% hembras y 52% machos, basado en estos porcentajes, se concluye que su tipo de reproducción fue sexual.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue cofinanciada por Digi-Usac (2019), proyecto: Factores que afectan la proporción sexual y comportamiento poblacional de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae)"(4.8.63.4.50).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah N. M. M. (2008). Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. *African Journal of Agricultural Research* ,3(1), 60-67.
- Argueta, R. (2015). Evaluación cualitativa de la cadena de valor de la papa en Guatemala. Recuperado de: https://www.pronacom.gt/website/biblioteca/biblioteca_2_analisis_situacion_actual_y_diagnostico_papa.pdf
- Buchman J. L., Sengoda V. G., & Munyaneza J. E. (2011). Vector transmission efficiency of liberibacter by *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) in zebra chip potato disease: effects of psyllid life stage and inoculation access period. *Journal Economic Entomology*, 104(5), 1486-1495. doi:10.1603/EC11123
- Burckhard, D., & Lauterer, P. (1997) A taxonomic assessment of the triozid genus *Bactericera* (Hemiptera: Psylloidea). *Journal of Natural History*, 31(1), 99-153. DOI: 10.1080/00222939700770081
- Butler, C.D., Trumble, J.T. (2012). The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 5, 87-111. <https://doi.org/10.1163/187498312X634266>
- CABI, (2020). *Bactericera cockerelli* (tomato/potato psyllid). In: Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45643>.
- Chávez, G., & Ramírez, A. (2013). Manual para la producción de semilla certificada de papa. Recuperado de: <http://repiica.iica.int/docs/B3943e/b3943e.pdf>
- Cranshaw, W.S. (2001). Diseases caused by insect toxin: Psyllid yellows, pp. 73-74. In Compendium of potato diseases (2nd Ed.), ed. W. R. Stevenson, R. Loria, G. D. Franc, and D. P. Weingartner. St. Paul: APS.
- Di Riezo, J.A., Casnoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2014). InfoStat version 2014. Grupo InfoStat, FCA, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de: <http://www.infostat.com.ar>
- European and Mediterranean Plant Protection Organization, (2014). *Bactericera cockerelli* (PARZCO). Recuperado de: <https://gd.eppo.int/taxon/PARZCO>

- Jirón-Rojas, R.L., Navas-Camberos, U., Jimenez-Díaz, F., Alvarado-Gomez, O.G., Avila-Rodriguez, V., & García-Hernández, J.L. (2016). Densidades de *Bactericera cockerelli* e incidencia del Permanente del tomate en diferentes condiciones de producción del tomate. *Southwestern entomologist*, 41(4), 1085-1094.
- Liefting, L. W, Perez-Egusquiza, Z. C, Clover, G. R. G, & Anderson, D. A. D. (2008). A New Candidatus *Liberibacter* species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. *Plant Disease*, 92(10), 1474-1484. doi:10.1094/PDIS-92-10-1474A
- Municipalidad de Tecpan. (2019). Tecpan. Recuperado de <http://www.munitecpan.gob.gt/>
- 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 doi: 10.1603/0022-0493
- Munyaneza, J.E., Crosslin, J.M., Buchman, J.L. (2009). Seasonal Occurrence and Abundance of the Potato Psyllid, *Bactericera cockerelli*, in South Central Washington. *American Journal of Potato Research*, 86, 513-518. <https://doi.org/10.1007/s12230-009-9108-9>
- Munyaneza, J. E. (2013). *Bactericera cockerelli*. EPPO Bulletin 43: 202-208. doi:10.1111/epp.12044
- Munyaneza, J. E., Buchman, J. L., Sengoda, U.V., Goolsby, J.A., Ochoa, A.P., Trevino, J., & Schuster, G. (2012). Impact of potato planting time on incidence of potato zebra chip disease in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Southwestern Entomologist*, 37(3), 253-262. doi: 10.3958/059.037.0301
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2015). El psílido de la papa y tomate *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA. Recuperado de: <https://www.oirsa.org/contenido/Manual%20Bactericera%20Cockerelli%20version%201.3.pdf>.
- Ramírez Dávila, J. F., & Figueroa Figueroa, D. K. (2013). Modelización y mapeo de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en papa en el estado de México. *Centro Agrícola*, 40(3), 57-70.
- Ramírez Gómez, M. Santamaria C. E., Méndez Rivera, J. S., Ríos Flores, J. L., Hernández Salgado, J. R., & Pedro Méndez, J. G. (2008). Evaluación de insecticidas alternativos para el control de paratrioza (*Bactericera cockerelli* B.y L.) (Homoptera: Triozidae) en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 7(1), 47-56.
- Ramírez, J. F., Porcayo-Camargo, E., & Sánchez, J. R. (2013). Modelización de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum tuberosum* L. (Solanales: Solanaceae). *Revista de la Facultad de Uncuyo*, 45(2), 13-27.
- SAGARPA. (2016). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Anuario Estadístico de la Producción agrícola. Recuperado de: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Secor, G. A., Lee, I.-M., Bottner, K. D., Rivera-Varas, V., & Gudmestad, N. C.

- (2006). First report of a defect of processing potatoes in Texas and Nebraska associated with new phytoplasma. *Plant Disease*, 90(3), 377-386. doi: 10.1094/PD-90-0377B
- Teulon, D.A.J., Workman, P.J., Thomas, K.L., & Nielsen, M.-C. (2009). *Bactericera cockerelli*: Incurcion, dispersal and current distribution on Vegetable Crops in New Zealand. *New Zealand Plant Protection*, 62, 136-144.
- Vega, G. M. T., Rodríguez, J. C., Díaz, O., Bújanos, 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, 463-471.
- Vereijssen, J. (2020). Ecology and management of *Bactericera cockerelli* and *Candidatus Liberibacter solanacearum* in New Zealand. *Journal of Integrative Agriculture*, 19, 333–337. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62641-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62641-9)
- Yang, X.-B., Zhang, Y.-M., Hua, L., & Liu, T.-X. (2010). Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) on potato under laboratory and field conditions in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Journal of Economic Entomology* 103(5), 1729-1734. doi: 10.1603/EC10083
- Yang, X., & Liu, T. (2009). Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper, *Environmental Entomology*, 38(6), 1661-1667. doi: 10.1603/022.038.0619