



ASOCIACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE HUEVOS Y NINFAS DE PRIMER INSTAR DE *Diaphorina citri* CON EL TAMAÑO DE BROTE VEGETATIVO DEL CULTIVO DE NARANJA VALENCIA (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). †

[ASSOCIATION OF THE ABUNDANCE THE EGGS AND FIRST INSTAR NYMPHS OF *Diaphorina citri* KUWAYAMA BY SIZE OF VEGETATIVE SHOOT OF VALENCIA ORANGE (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck).]

**Vidal Zavala-Zapata¹, José Antonio Rangel-Lucio¹,
Jesús Armando Vargas-Tovar¹, Ricardo Álvarez-Ramos²
and Ausencio Azuara-Domínguez^{1*}**

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Cd. Victoria Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301, C.P. 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Email: azuarad@gmail.com

²Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tamaulipas (CESAVETAM), Carretera Victoria- Monterrey km. 22.5, Güémez, Tamaulipas, México

*Corresponding author

SUMMARY

Background: Currently, there is little information on the abundance of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) eggs and nymphs in the size of vegetative shoots. Such information is relevant for the control of *D. citri* in early stages of development. **Objective:** To associate the abundance of eggs and N1 nymphs of *D. citri* with the size of the vegetative shoots of the Valencia orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) crop. **Methodology:** The study was carried out in the Valencia orange crop in the municipality of Güémez, Tamaulipas. In the field, five categories of shoots were selected under a randomized experimental design. Thirty shoots of each size were confined in a teal tulle bag and 30 shoots of each size were cut to one side of the confined shoot. The number of eggs and N1 nymphs was recorded at 3, 5 and 7 days in each shoot size. The result obtained was subjected to a multivariate analysis of multiple correspondence. **Results:** In the confined outbreaks, 9 to 27 eggs were recorded in the V2 and V3 outbreaks at three days, and from 71 to 213 eggs in the V4 outbreak at five days. At seven days the number of eggs was like that recorded on day five. In the control shoots, at three and five days, 1 to 3 eggs were recorded in the V5 shoot. At seven days, the number of eggs recorded in shoots V2, V3, V4 and V5 was like that recorded at three and five days. In the confined shoots, at three days no N1 nymphs were recorded in the V5 and V1 shoots. On day five, nine N1 nymphs were recorded in the V2 shoot. While, on day seven the number of N1 nymphs was like that recorded on days three and five. In the control shoots, at three, five and seven days, 1 to 71 N1 nymphs were recorded in the V3 shoot. **Implications:** The results of this study are useful input for the development of management strategies targeting *D. citri* eggs and nymphs to suppress the presence of adults. **Conclusion:** According to the results, the trials allowed the identification of those categories of vegetative shoots preferential for N1 nymphs and oviposition of adults. This preference may be related to the quality and quantity of photo assimilates present in the different developmental stages of vegetative shoots, which are essential for insect development. **Key words:** citrus; psyllids; population; HLB.

RESUMEN

Antecedentes: Actualmente, existe escasa información de la abundancia de huevos y ninfas *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en los tamaños de los brotes vegetativos. Dicha información es relevante para el control de *D. citri* en etapas tempranas de desarrollo. **Objetivo:** Asociar la abundancia de huevos y

† Submitted September 14, 2022 – Accepted October 28, 2023. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4544>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = Vidal Zavala-Zapata: <http://orcid.org/0000-0001-8786-3308>; José Antonio Rangel-Lucio: <http://orcid.org/0000-0002-4055-6527>; Jesús Armando Vargas-Tovar: <http://orcid.org/0009-0000-2343-714X>; Ausencio Azuara-Domínguez: <http://orcid.org/0000-0002-1180-1538>

ninfas N1 de *D. citri* con el tamaño de los brotes vegetativos del cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). **Metodología:** El estudio se llevó a cabo en el cultivo de naranja valencia en el municipio de Güémez, Tamaulipas. En campo, se seleccionaron cinco categorías de brotes bajo un diseño experimental al aza. Treinta brotes de cada tamaño fueron confinados en una bolsa de tela de tul y 30 brotes de cada tamaño fueron cortados a un costado del brote confinado. El número de huevos y ninfas N1 fue registrado a los 3, 5 y 7 días en cada tamaño de brote. El resultado obtenido fue sometido a un análisis multivariado de correspondencia múltiple. **Resultados:** En los brotes confinados, se registraron de 9 a 27 huevos en los brotes V2 y V3 a los tres días, y de 71 a 213 huevos en el brote V4 a los cinco días. A los siete días el número de huevos fue similar al registrado en el día cinco. En los brotes testigos, a los tres y cinco días se registraron de 1 a 3 huevos en el brote V5. A los siete días, el número de huevos registrado en los brotes V2, V3, V4 y V5 fue similar al registrado a los tres y cinco días. En los brotes confinados, a los tres días no se registraron ninfas N1 en el brote V5 y V1. En el día cinco se registraron nueve ninfas N1 en el brote V2. Mientras que, en el día siete el número de ninfas N1 fue similar al registrado en el día tres y cinco. En los brotes testigos, a los tres, cinco y siete días se registró de 1 a 71 ninfas N1 en el brote V3. **Implicaciones:** Los resultados de este estudio son un aporte de utilidad para el desarrollo de estrategias de manejo dirigidos a huevos y ninfas de *D. citri* con el fin de suprimir la presencia de adultos. **Conclusión:** De acuerdo con los resultados, el experimento permitió identificar aquellas categorías de brotes vegetativos preferentes para la oviposición de huevos y para el desarrollo de ninfas N1. Dicha preferencia puede estar relacionada con la calidad y cantidad de fotoasimilados presentes en las distintas etapas de desarrollo de los brotes vegetativos, los cuales resultan esenciales para el desarrollo del insecto.

Palabras clave: cítricos; psílidos; población; HLB.

INTRODUCCIÓN

En México, las plantaciones de cítricos son afectadas por la enfermedad conocida como Huanglongbing o HLB a partir del 2009 (SENASICA, 2019). El HLB es ocasionado por la bacteria gram positiva *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Rogers and Stasly 2007). En campo, la bacteria es transmitida por *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Alemán et al., 2007) en los árboles de cítricos: *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, *C. limon* (L.) Burm. *C. limonia*, *C. sunki*, *C. aurantium*, *C. paradisi* Macfaiden, *C. reticulata* Blanco y *C. limmeta* (Shivankar et al., 2000, Halbert and Nunez, 2004, Nava et al., 2007). En estas variedades de cítricos, los adultos de *D. citri* colocan huevos y las ninfas cumplen su ciclo biológico en los brotes vegetativos (Tsai and Liu, 2000, Ammar et al., 2013). Con base en estudios de campo, se ha demostrado que las hembras de *D. citri* tienen preferencia por un tamaño de brote al ovipositar (Sule et al., 2012, Simon et al., 2015, Galdeano et al., 2020). Varios autores citan que las hembras ovipositan con mayor frecuencia en los brotes de 3 a 50 mm (Ammar et al., 2013, Sétamou et al., 2016, Beloti et al., 2017, Cifuentes-Arenas et al., 2018), posiblemente porque estos brotes carecen de pared celular (Underwood, 2012).

Los huevos de *D. citri* poseen una forma ovoide, miden de 0.28-31 mm de longitud, con un extremo puntiagudo para la fijación del huevo y redondeado en su parte basal (Shivankar et al., 2000, Fonseca et al., 2007). La coloración es amarilla cuando son recién colocados y toman una coloración naranja

antes de eclosionar (Shivankar et al., 2000, Fonseca et al., 2007). Se estima que una hembra coloca de 572 a 1378 huevos en los brotes (Shivankar et al., 2000, Tsai and Liu, 2000, Grafton-Cardwell et al., 2013). El 80 % de los huevos pueden ser ovipositados en un periodo de 4 a 8 días (Nava et al., 2007). En las variedades de cítricos, la incubación de los huevos varía de 3 a 6 días (Shivankar et al., 2000, Palomares-Perez et al., 2015). En los brotes en desarrollo de los árboles de naranja valencia se registra la mayor viabilidad de huevos de *D. citri* (Alves et al., 2014). Cuando el número de huevos colocados en los brotes es similar en las variedades de cítricos indica que el comportamiento de oviposición de huevos de las hembras de *D. citri* es independiente del cultivar huésped una vez que se ha seleccionado el brote, o que los brotes de los cultivares de cítricos tienen una capacidad de carga de huevos similar (Sétamou and Bartels, 2015).

Las ninfas son aplanadas dorsoventralmente, presentan una coloración amarilla y son sedentarias formando colonias en los tejidos tiernos y peciolos de las plantas (Fonseca et al., 2007). El tiempo de desarrollo de la ninfa de primer instar a quinto instar es de 15 a 47 días (Shivankar et al., 2000, Grafton-Cardwell et al., 2013). Las ninfas de primer instar o N1 presentan longitudes de 0.35 mm aproximadamente (Tsai and Liu, 2000, Fonseca et al., 2007, García et al., 2016). Las ninfas N1 carecen de esbozos alares, poseen tres pares de patas gruesas con tres setas en la parte terminal (Alemán et al., 2007, García et al., 2016). En condiciones de laboratorio, las ninfas N1

presentan hasta un 81% de mortalidad (García *et al.*, 2016).

A diferencia de los adultos de *D. citri* que se pueden alimentar de hojas jóvenes, las ninfas sobreviven únicamente en los brotes vegetativos (Shivankar *et al.*, 2000). Las ninfas pueden estar todo el año si los árboles de cítricos producen brotes (Chow and Sétamou, 2022). Milosavljevi' *et al.*, (2021) citan que el número de ninfas presente en los brotes es similar entre las variedades de cítricos. En los brotes de *M. paniculata* la cantidad de ninfas puede ser mayor (de 25 a 100 ninfas) a la reportada en los árboles de cítrico (Skelley and Hoy, 2004).

La ninfa de cuarto y quinto instar y los adultos de *D. citri* adquieren la bacteria causante del HLB en 30 minutos (Roistacher, 1991). Un adulto emergido de una ninfa infectada con HLB puede propagar la enfermedad (Xu *et al.*, 1988). Mientras que, un adulto que adquirió la bacteria en etapa adulta puede transmitirla por 8 a 12 días (Roistacher, 1991).

En el estado de Tamaulipas, en el 90% de la zona citrícola, se cultivan 33, 238 hectáreas con árboles de naranja y se producen en promedio 509,890 toneladas de fruta al año (SIAP, 2019). El cultivo de naranja se ha visto afectado en los últimos años (2014–2020) por la presencia de la enfermedad conocida como Huanglongbing o HLB (Mora-Aguilera *et al.*, 2014). Para suprimir la presencia de los adultos de *D. citri* positivos al HLB y disminuir el nivel de dispersión de la enfermedad en los árboles de naranja es necesario el estudio de los aspectos biológicos de *D. citri* que están asociados con la fenología de los árboles de cítricos. Dado lo anterior, en el presente trabajo se determinó la asociación la abundancia de huevos y ninfas NI de *D. citri* con el tamaño de los brotes vegetativos del cultivo de naranja valencia (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una huerta con árboles de naranja valencia (*Citrus sinensis*) de 15 a 20 años, ubicada en el municipio de Güémez, Tamaulipas, México.



Figura 1. Ubicación geográfica de la huerta de naranja valencia *C. sinensis* en el municipio de Güémez, Tamaulipas.

Brotos vegetativos en desarrollo

Los brotes vegetativos se clasificaron en cinco categorías con base en la escala propuesta por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica, 2019; Fig. 2).

Adultos de *T. radiata*

Los adultos de *D. citri* fueron criados en plantas de limonaria *Murraya paniculata* (L.) Jack y donados por el Centro de Reproducción de Organismos Benéficos MUBARQUI S.A de C.V, ubicado en la Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Experimentos

Los árboles de naranja valencia *C. sinensis* presentan la siguiente fenología: producción de brotes, floración, amarre del fruto, desarrollo del fruto, madurez fisiológica y madurez de cosecha

(época del corte). En el estado de Tamaulipas, los árboles de naranja producen el mayor número de brotes de marzo a abril y de septiembre a diciembre.

Previo al establecimiento de los experimentos, las hembras y los machos de *D. citri*, de 10 días de edad, fueron alimentados con miel de abeja por tres días. En el cultivo, una hembra y un macho fueron colocados en 30 brotes de tamaño: V1, V2, V3, V4 y V5. Los brotes fueron confinados en una bolsa de tela de tul (Brote confinado: B-C). Las bolsas fueron selladas de la parte basal con cinta Masking Tape Tuk para evitar la salida, parasitismo y depredación de los adultos, huevos y ninfas de *D. citri*. Después, a los 3, 5 y 7 días, 10 brotes fueron cortados y transportados a laboratorio para el registro del número de huevos y ninfas N1. A la par, 10 brotes de similar tamaño al confinado en la bolsa fueron cortados en el mismo árbol (Brote testigo: B-T).



Figura 2. Escala utilizada para la clasificación de los brotes vegetativos en los árboles del cultivo de naranja valencia *C. sinensis*.

Análisis estadístico

El número de huevos y ninfas N1 registrado a 3, 5 y 7 días en cada tamaño de brote vegetativo fue sometido a un análisis multivariado de correspondencia múltiple (ACM) con el fin de determinar la asociación entre las variables (Rencher, 2002). Para el análisis estadístico, el número de huevos y ninfas registrado se agrupó en intervalos de 0, 3, 9, 27, 71 y 213, los cuales fueron categorizados con el identificador de "Densidad".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre las densidades de huevos, categoría de brote y días se encontraron asociaciones significativas ($X^2= 7155.18$, g.l.= 256, $p= 0.000$). En los brotes confinados (B-C), las hembras colocaron de 9 a 27 huevos en los brotes V2 y V3 a los tres días (Día-3) después de colocar el experimento, y de 71 a 213 huevos en el brote V4 a los cinco días (Día-5). A los siete días (Día-7) de colocar el experimento el número de huevos fue similar al registrado en el día cinco.

En los brotes testigos (B-T), a los tres y cinco días se registraron de 1 a 3 huevos en el brote V5. A los

siete días, el número de huevos registrado en los brotes V2, V3, V4 y V5 fue similar al registrado a los tres y cinco días. Mientras que, en el brote V1 no hubo registro de huevos (Fig. 3).

Con base en estos resultados, en este análisis la variable Densidad (número de huevos) y Brote (categoría de brote) aportaron el 76.92% de la variación. Mientras que, la variable Día y Tratamiento (B-T y B-C) aportaron el 23.08%.

Entre las densidades de ninfa N1, categorías de brote y días (3, 5 y 7) se encontraron asociaciones significativas ($X^2= 6617.22$, g.l.= 225, $p= 0.000$). En los brotes confinados (B-C), a los tres días no se registraron ninfas N1 en el brote V5 y V1. En el día cinco se registraron nueve ninfas N1 en el brote V2. Mientras que, en el día siete el número de ninfas N1 fue similar al registrado en el día tres y cinco.

En los brotes testigos (B-T), a los tres, cinco y siete días se registró de 1 a 71 ninfas N1 en el brote V3 (Fig. 4). La variable Densidad y Brote aportaron el 75.17% de la variación. Mientras que, la variable Día y Tratamiento aportaron el 24.83%.

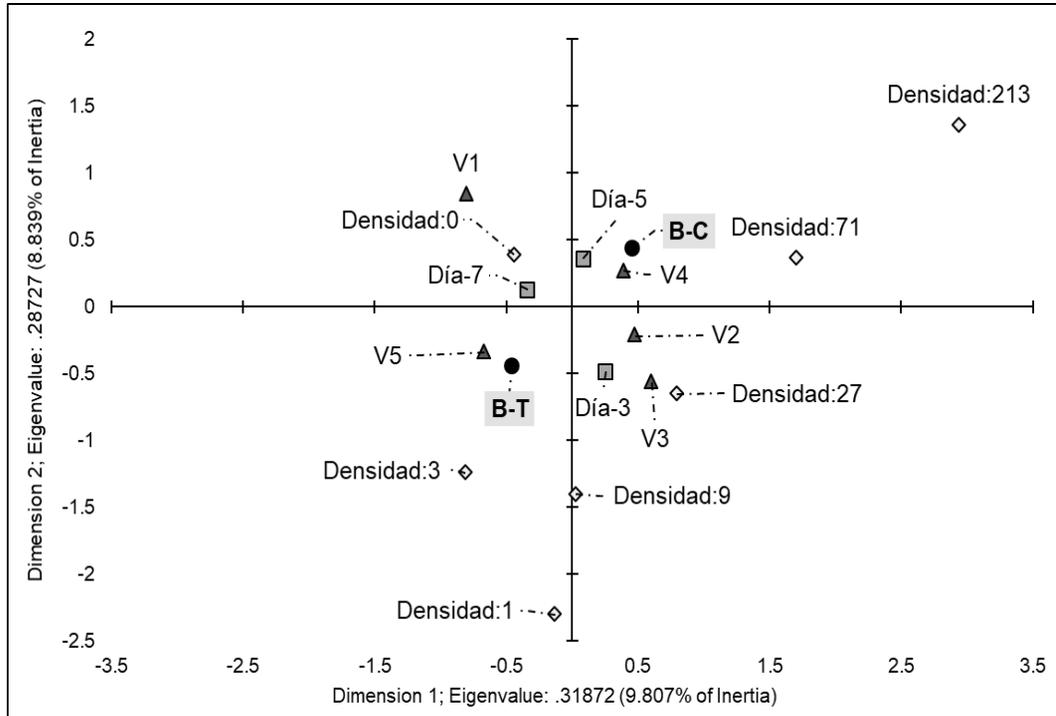


Figura 3. Análisis de correspondencia múltiple de la asociación entre las categorías de densidad de huevos (Densidad 0, 1, 3, 9, 27, 71 y 213), Día (3, 5 y 7), categoría de brote (V1, V2, V3, V4 y V5) y tratamiento (B-T y B-C).

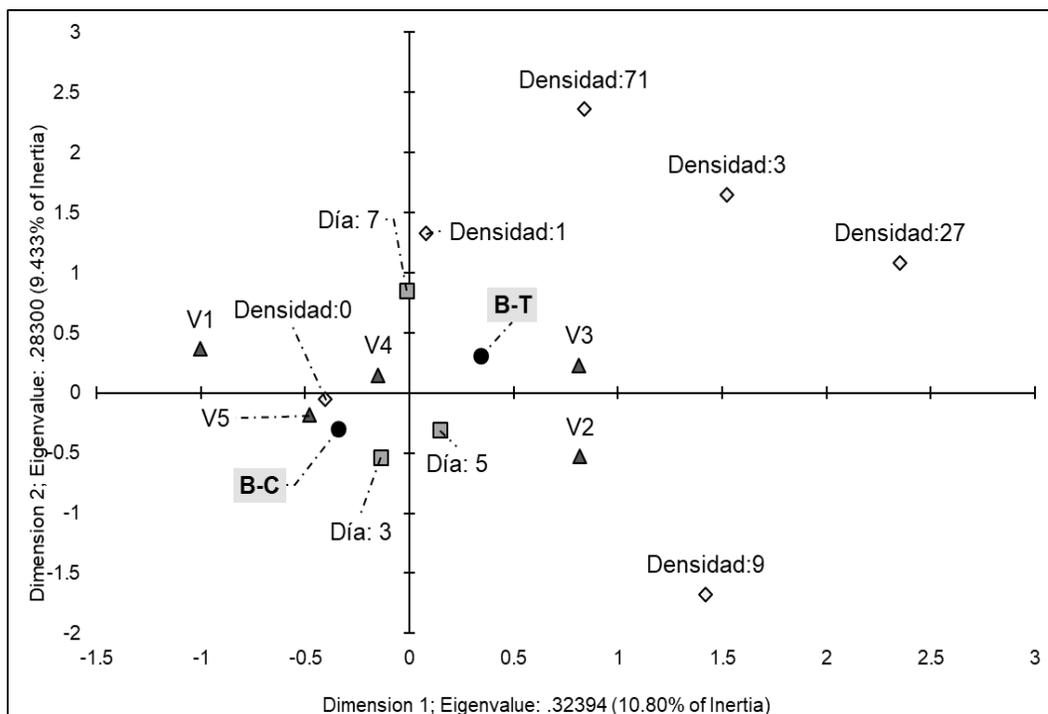


Figura 4. Análisis de correspondencia múltiple de la asociación entre las categorías de densidad de ninfas N1 (Densidad 0, 1, 3, 9, 27 y 71), periodo de incubación (Día 3, 5 y 7), categoría de brote (V1, V2, V3, V4 y V5) y tratamiento (B-T y B-C).

En los brotes confinados (B-C) y en los brotes testigos (B-T) se registró un número diferente de huevos. En los brotes confinados se registró un incremento en el número de huevos entre el día tres y cinco. En contraste, del día cinco al día siete el número de huevos fue similar. Varios autores citan que una hembra oviposita de 572 a 1378 huevos (Shivankar *et al.*, 2000, Tsai and Liu, 2000, Grafton-Cardwell *et al.*, 2013). El 80% de los huevos pueden ser ovipositados en un periodo de 4 a 8 días (Nava *et al.*, 2007). En el presente trabajo, en los brotes confinados, la hembra de *D. citri* ovipositó un máximo de 213 huevos a los cinco días, y esta cantidad de huevos no se incrementó al transcurrir los días, posiblemente por la capacidad de carga de los brotes.

En contraste a lo observado en los brotes confinados, en los brotes testigos (B-T), a los tres, cinco y siete días se registraron de 1 a 3 huevos. En campo, los huevos colocados en los brotes son consumidos por insectos depredadores y derribados por el viento o por la lluvia (Aubert, 1987, Chow and Sétamou, 2022). Por otro lado, el registro de un número menor de huevos en estos brotes es posible que también se deba a la presencia de más brotes disponibles para las hembras de *D. citri*.

Por otra parte, Chong *et al.*, 2010 mencionan que, en plantas de *M. paniculata* se registran densidades de 87.71 a 48.4 ninfas de primeros instares (ninfa 1 a ninfa 3) por brote. El resultado anterior se asemeja al obtenido en el presente estudio, ya que se registraron 71 ninfas de primer instar asociadas a los brotes V3. De forma contraria, Hall *et al.*, 2008 reporta un número superior de ninfas de 319 individuos en un solo brote de *Citrus sinensis*, sin embargo, este registro contempla los cinco instares ninfales que presenta *D. citri*.

Estudios argumentan que el cambio en la lignificación de los tejidos vegetales es un indicador para las hembras de *D. citri* (Cifuentes-Arenas *et al.*, 2018). Es decir, aquellos brotes con tejidos menos lignificados permiten un fácil acceso del estilete bucal de la ninfa en comparación con tejidos más lignificados (Moran and Buchan, 1975, Mensah and Madden, 1992, Beloti *et al.*, 2017). El argumento anterior soporta el resultado de la asociación de los brotes V2, V3 y V4 con las densidades más altas registradas de huevos y ninfas N1. Respecto a las asociaciones entre brotes V5 y densidades bajas o nulas, probablemente se atribuya a las bajas concentraciones de aminoácidos en la savia de la planta adjunto a un incremento en el suministro de calcio en la etapa

V5, la cual provee rigidez a los tejidos del brote (Sétamou *et al.*, 2016, Cifuentes-Arenas *et al.*, 2018, Bouvet and Monzó, 2019). Se conoce que el tiempo necesario para la oviposición es más largo conforme aumenta la edad del brote (Cifuentes-Arenas *et al.*, 2018). En particular, la asociación entre la Densidad 1 de ninfas y el periodo de incubación Día 7 se asemejan al argumento anterior, sin embargo, dichas categorías no se asociaron con una categoría de brote en particular.

El periodo de incubación de la etapa de huevo varía de 3 a 6 días, posterior a ese periodo la presencia de ninfas de primer instar se hace notable (Catling, 1970, Shivankar *et al.*, 2000, Tsai and Liu 2000, Palomares-Pérez *et al.*, 2015). Sin embargo, los resultados de este estudio no coinciden con el periodo de incubación ya mencionado; en función de que ninguna de las categorías de “Día” se asoció con las categorías de “Densidad”.

En un último término, las variables “Densidad” y “Brote” aportó más del 50% de la variación en ambas asociaciones, dicho porcentaje puede ser explicado debido a que uno de los principales factores que intervienen en el desarrollo de *D. citri* son las etapas de brotación de sus hospederos (Tsai *et al.*, 2002).

En conclusión, las medidas de control podrían tener mayor impacto en la población de adultos de *D. citri* si se aplican cuando los árboles tengan un número mayor de brotes en etapas: V2, V3 y V4, ya que en estos brotes se presenta el número mayor de huevos y ninfas N1.

Agradecimiento

Al Centro de reproducción de organismos benéficos “Insectos Benéficos del Norte” por proporcionar el material biológico, de igual manera al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tamaulipas (CESAVETAM) por las facilidades de acceso al sitio experimental. También, los autores agradecen al Dr. Crystian Sadiel Venegas Barrera por su asesoría en el análisis estadístico.

Funding. This work was funded by Tecnológico Nacional de México, Project No. 17373.23-P, “Determinación de los factores que inciden en la abundancia de huevos y ninfas de *Diaphorina citri* Kuwaya en el cultivo de naranja valencia”.

Conflict of interests. Nothing to declare.

Compliance with ethical standards. Informed consent was obtained from survey participants.

Data availability. Upon reasonable request to the corresponding author (azuarad@gmail.com).

Author contribution statement (CRediT). **V. Zavala-Zapata:** Conceptualization, data curation, formal analysis, investigation, methodology, project administration, resources, supervision, Writing – original draft. **J. A. Rangel-Lucio:** Data curation, visualization, validation, investigation. **J.A. Vargas-Tovar:** Writing – original draft. **R. Álvarez-Ramos:** Formal analysis, validation, Writing – review and editing. **A. Azuara-Domínguez:** Conceptualization, data curation, writing – review and editing.

REFERENCES

- Alves G.R., Diniz A. and Parra J., 2014. Biology of the huanglongbing vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) on different host plants. *Journal of Economic Entomology*, 107, pp. 691-696. <https://doi.org/10.1603/ec13339>
- Ammar, E.D., Hall, D.G. and Shatters Jr, R.G., 2013. Stylet morphometrics and citrus leaf vein structure in relation to feeding behavior of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri*, vector of citrus huanglongbing bacterium. *PLoS one*, 8, e59914. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059914>
- Aubert B., 1987. Le psylle asiatique des agrumes (*Diaphorina citri* Kuwayama) au BreÃsil. Situation actuelle et perspectives de lutte. *Fruits Paris*, 42, pp. 225-229.
- Beloti, V.H., Santos, F., Alves, G.R., Bento, J.M.S. and Yamamoto, P.T., 2017. Curry leaf smells better than citrus to females of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Arthropod-Plant Interactions*, 11, pp. 709-716. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9524-6>
- Bouvet, J.P.R., Urbaneja, A. and Monzó, C., 2019. Effects of Citrus Overwintering Predators, Host Plant Phenology and Environmental Variables on Aphid Infestation Dynamics in Clementine Citrus. *Journal of Economic Entomology*, 112, pp. 1587-1597. <https://doi.org/10.1093/jee/toz101>
- Catling, H.D., 1970. Distribution of the psyllid vectors of citrus greening disease, with notes on the biology and bionomics of

- Diaphorina citri*. FAO Plant Protection Bulletin, 18, pp. 8-15. Recuperado de: <https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000839.pdf>
- Chong, J.H., Roda, A.L. and Mannion, C.M., 2010. Density and Natural Enemies of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), in the Residential Landscape of Southern Florida. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 27, pp. 33-49. <https://doi.org/10.3954/11-05.1>
- Chow, A. and Sétamou, M., 2022. Parasitism of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on residential citrus in Texas: Importance of colony size and instar composition. *Biological Control*, 165, pp. 104796. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104796>
- Cifuentes-Arenas, J.C., de Goes, A., de Miranda, M.P., Beattie, G.A.C. and Lopes, S.A. 2018. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. *PLoS One*. 13, e0190563. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190563>
- Fonseca, O., Valera, N. and Vásquez, C., 2007. Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en tres hospederos en el estado Lara, Venezuela. *Entomotropica*, 22, pp. 145-152.
- Galdeano, D.M., de Souza, I., Rodrigues, G., Moreira, L., Rashidi, M., Turner, D., Levy, A. and Machado, M.A., 2020. Friend or foe? Relationship between ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ and *Diaphorina citri*. *Tropical Plant Pathology*, 45, pp. 559-571. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00375-4>
- García, Y., Ramos, Y.P., Sotelo, P.A. and Kondo, T., 2016. Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*. 42, pp. 36-42. <http://dx.doi.org/10.25100/socolen.v42i1.6667>
- Grafton-Cardwell, E.E., Stelinski, L.L. and Stansly, P.A., 2013. Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens. *Annual Review of Entomology*, 58, pp. 413-32. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153542>
- Halbert, S.E. and Núñez, C.A., 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean basin. *Florida Entomologist*, 87, pp. 401-402. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0401:DOTACP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0401:DOTACP]2.0.CO;2)
- Hall, D.G., Hentz, M.G. and Adair Jr, R.C., 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environmental Entomology*, 37, pp. 914-924. <https://doi.org/10.1093/ee/37.4.914>
- Mensah, R.K. and Madden, J.L., 1992. Factors affecting *Ctenarytaina thysanura* oviposition on *Boronia megastigma* terminal shoots. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 62, pp. 261-268. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1992.tb00666.x>
- Milosavljević, I., Morgan, J.W., Massie, R.E. and Hoddle, M.S., 2021. Density dependent mortality, climate, and Argentine ants affect population dynamics of an invasive citrus pest, *Diaphorina citri*, and its specialist parasitoid, *Tamarixia radiata*, in Southern California, USA. *Biological Control* 159, pp. 104627. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104627>
- Mora-Aguilera, G., Robles-García, P., López-Arroyo, J.I., Flores-Sánchez, J., Acevedo-Sánchez, G., Domínguez-Monge, S., Gutiérrez-Espinosa, A., Loeza-Kuk, E. and González-Gómez, R., 2014. Situación actual y perspectivas del manejo del HLB de los cítricos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 32, pp. 108-119. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v32n2/2007-8080-rmfi-32-02-00108.pdf>
- Moran, V.E. and Buchan, P.R., 1975. Oviposition by the citrus psylla, *Trioza erytreae* (Homoptera: Psyllidae), in relation to leaf hardness. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 18, pp. 96-104. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1975.tb00390.x>

- Nava, D.E., Torres, M.L.G., Rodrigues, M.D.L., Bento, J.M.S. and Parra, J.R.P., 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 131, pp. 709-715. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01230.x>
- Palomares-Perez, M., Córdoba-Urtiz, E.G., Sánchez-González, J.A., Medina-García, N.I., Hernández-Mendoza, R., Perez-Díaz, V.H. and Arredondo-Bernal, H.C., 2015. Aspectos biológicos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones no controladas en invernadero. *Revista Colombiana de Entomología*, 41, pp. 228-234.
- Rencher, A. 2002. *Methods of Multivariate Analysis*. 2nd ed, New York: Wiley-Interscience.
- Rogers, M.E. and Stansly, P.A., 2007. Biology and management of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida citrus. Boletín 739. Institute of Food and Agricultural Sciences of the University of Florida.
- Roistacher, C.N., 1991. Techniques for biological detection of specific citrus graft transmissible diseases. In C. N. Roistacher, *Graft-transmissible diseases of citrus*. Rome: FAO: pp. 35-45.
- SENASICA-DGSV., 2019. Manual operativo de la campaña contra plagas de los cítricos. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, Dirección General de Sanidad Vegetal. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/614759/Manual_operativo_Plagas_de_los_Citricos.pdf
- Sétamou, M., Simpson, C.R., Alabi, O.J., Nelson, S. D., Telagamsetty, S. and Jifon, J. L., 2016. Quality matters: influences of citrus flush physicochemical characteristics on population dynamics of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). *PLoS One*. 11, e0168997. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168997>
- Sétamou, M. and Bartels, D.W., 2015. Living on the Edges: Spatial Niche Occupation of Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), in Citrus Groves. *PLoS One*, 10, e0131917. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131917>
- Shivankar, V. J., Rao, C.N. and Singh, S., 2000. Studies on citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama: a review. *Agricultural Reviews*, 21, pp. 199-204.
- SIAP-SADER., 2019. Anuario Estadístico de la producción Agrícola. Ciclo Agrícola 2017. En línea. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: abril de 2019.
- Simon, J.C., d'Alençon, E., Guy, E., Jacquin-Joly, E., Jaquier, J., Nouhaud, P., Peccoud, J., Sugio, A. and Streiff, R., 2015. Genomics of adaptation to host-plants in herbivorous insects. *Briefings in Functional Genomics Advance*, 14, pp. 413-423. <https://doi.org/10.1093/bfpg/elv015>
- Skelley, L.H. and Hoy, M.A., 2004. A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. *Biological Control*, 29, pp. 14-23. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00129-4](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00129-4)
- Sule, H., Muhamad, R., Omar, D. and Hee, A.K.W., 2012. Response of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) to volatiles emitted from leaves of two rutaceous plants. *Journal of Agricultural Science*, 4, pp. 152-159. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n6p152>
- Teck, L., Abang, F., Beattie, A., Heng, K. and King, W., 2011. Influence of host plant species and flush growth stage on the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6, pp. 536-543. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2011.536.543>
- Tsai, J. H. and Liu, Y.H., 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology*, 93, pp. 1721-1725. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.6.1721>

- Tsai, J.H., Wang, J.J. and Liu, Y.H., 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist*, 85, pp. 446-451. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2002\)085\[0446:SAOTAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0446:SAOTAC]2.0.CO;2)
- Underwood, W., 2012. The plant cell wall: a dynamic barrier against pathogen invasion. *Frontiers in Plant Science*, 3, pp: 1-6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00085>
- Xu, C. F., Xia, Y.H., Li, K.B. and Ke, C., 1988. Further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. Proceedings of the 10th Conference of the International Organization of Citrus Virologists, 17-21 November 1986, Valencia, Spain, ed. by Timmer, L.W., Garnsey, S.M. and Navarro. L., pp. 243-248.