

Biología y tabla de vida de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en hospedantes cítricos bajo condiciones climáticas del Caribe colombiano

Biology and life table of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in citrus hosts under climatic conditions of the Colombian Caribbean

Cristian C. Guetio-Guetio^{1*} ; Nora C. Mesa-Cobo¹ 
Madeleyne Parra-Fuentes² ; Carlos E. Brochero-Bustamante² ; Lumey Pérez-Artiles² 

Recibido para publicación: 26 de junio de 2024 - Aceptado para publicación: 06 de noviembre de 2024

RESUMEN

Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) es el insecto vector de Candidatus Liberibacter asiaticus (CLAs), agente causal del huanglongbing, una enfermedad destructiva en los cítricos. Con el objetivo de determinar el ciclo de vida y los parámetros poblacionales, se estudió en naranja García-Valencia (*Citrus x aurantium* var. *sinensis* L.), mandarina Arrayana (*Citrus reticulata* Blanco) y lima ácida, Limón Pajarito (*Citrus x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*), durante las temporadas seca y húmeda de 2020 en Zona Bananera, Magdalena. Se monitoreó el ciclo completo de cohortes inmaduras del insecto en brotes confinados y expuestos. Los resultados mostraron que la duración del ciclo biológico no varió significativamente entre los hospedantes, tanto en la temporada seca (12,02 a 14,52 días), como en la húmeda (14,40 a 15,66 días). Sin embargo, en la temporada seca, la tasa de sobrevivencia de huevo a adulto fue mayor en los naranjos (33,62%) que en los mandarinos (21,76%) y en el Limón Pajarito (17,45%). En la temporada húmeda, la sobrevivencia fue del 27 % en mandarinos y 24% en naranjos, mientras que en Limón Pajarito fue del 2%. Estos hallazgos permiten comprender los parámetros poblacionales y la biología de la plaga en varios hospedantes lo que facilita el diseño de estrategias de manejo efectivas en la región.

Palabras clave: Huanglongbing; Psílido asiático de los cítricos; parámetros poblacionales; sobrevivencia.

¹Universidad Nacional de Colombia, Sede. Palmira. Palmira, Valle, Colombia.

²Centro de Investigación (C.I) Caribia. Magdalena, Colombia.

*Autor para correspondencia: Cristian Camilo Guetio.

Email: ccguetio@unal.edu.co

ABSTRACT

Diaphorina citri Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) is the insect vector of Candidatus Liberibacter asiaticus (CLAs), causal agent of huanglongbing, a destructive disease in citrus. In order to determine its life cycle and population parameters, it was studied on García-Valencia orange (*Citrus x aurantium* var. *sinensis* L.), Arrayana mandarin (*Citrus reticulata* Blanco), and Key lime, Limón Pajarito (*Citrus x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*), during the dry and wet seasons of 2020 in Zona Bananera, Magdalena. The complete cycle of immature insect cohorts was monitored on confined and exposed shoots. The results showed that the duration of the biological cycle did not vary significantly among hosts, both in the dry season (12.02 to 14.52 days) and in the wet season (14.40 to 15.66 days). However, in the dry season, the egg to adult survival rate was higher in oranges (33.62%) than in mandarins (21.76%) and Key lime (17.45%). In the wet season, survival was 27% in mandarins and 24% in oranges, while in Persian lime it was 2%. These findings help understand the population parameters and biology of the pest in various hosts, facilitating the design of effective management strategies in the region.

Key words: Asian citrus psyllid; Huanglongbing; population parameters; survival.

Cómo citar

Guetio-Guetio, C. C., Mesa-Cobo, N. C., Parra-Fuentes, M., Brochero-Bustamante, C. E. y Pérez-Artiles, L. 2024. Biología y tabla de vida de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en Zona Bananera, Magdalena, Colombia. Temas Agrarios, 29(2): 261-273. <https://doi.org/10.21897/9vfahh83>



Temas Agrarios 2024. Este artículo se distribuye bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>), que permite copiar, redistribuir, remezclar, transformar y crear a partir del material, de forma no comercial, dando crédito y licencia de forma adecuada a los autores de la obra.

INTRODUCCIÓN

El psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), es un insecto de amplia distribución mundial y una de las principales plagas de los cultivos de Asia y América (Monzó y Vanaclocha, 2022). Este insecto actúa como vector en la transmisión de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLAs), bacteria causante del huanglongbing (HLB), una enfermedad devastadora. La transmisión natural depende de factores relacionados con los estados de desarrollo de las poblaciones del insecto vector y la concentración de la bacteria en los tejidos vegetales (Hosseinzadeh y Heck, 2023). La transmisión de la bacteria es persistente y la propagación es fácil de diseminar en áreas nuevas cuando los adultos infectados se dispersan y se alimentan de plantas sanas (Bassanezi *et al.*, 2020).

Esta enfermedad deteriora el rendimiento y la producción de los cultivos, causando un impacto económico significativo: en São Paulo (Brasil), entre 2005 y 2019, se eliminaron 55 millones de árboles sintomáticos para contener el avance del HLB (Bassanezi *et al.*, 2020); y, en Florida, EE.UU., hubo una pérdida del 82,9% (de 11,2 a 2, millones de toneladas) en la producción de naranja entre 2003-2022 (Graham *et al.*, 2024).

En Colombia, la citricultura tiene una superficie de 118.251 ha y está conformada por medianos y pequeños productores (MADR, 2023). En la región Caribe, en los departamentos del Atlántico, Bolívar, Cesar y Magdalena existen características óptimas para la ampliación y diversificación de los cítricos haciendo que confluyan diversos cultivares. Sin embargo, el impacto del HLB es devastador: en 2021, los productores manifestaron pérdidas hasta del 50% (Gómez-Correa *et al.*, 2021).

En la actualidad, en Colombia se reporta la distribución del insecto en 25 departamentos con hospederos de la familia Rutaceae (ICA, 2019). Durante el 2016 y 2019, se erradicaron más de 137.000 árboles sintomáticos debido a la bacteria *CLas*, pero la enfermedad avanzó a los departamentos del Atlántico, Bolívar, Magdalena y Norte de Santander (ICA, 2019). Recientemente en Santander, el departamento con mayor área de cítricos, se declaró la emergencia fitosanitaria en ocho municipios (ICA, 2023).

Se sabe que los adultos de *D. citri* ovipositan sobre los brotes de la familia Rutaceae, incluyendo plantas cultivadas y ornamentales del género *Citrus* y *Murraya*, (Stelinski, 2019). También se conoce que pasa por cinco estados ninfales antes de llegar al estado adulto; los factores como la temperatura y el hospedero pueden influir en los parámetros del insecto vector (Milosavljević *et al.*, 2020; Meng *et al.*, 2022)

Aunque *D. citri* ha sido ampliamente estudiado en otras regiones tropicales y subtropicales (Monzó y Vanaclocha, 2022), existe poca información específica sobre su biología en las condiciones climáticas del Caribe colombiano, donde las variaciones estacionales pueden alterar sus patrones de desarrollo y supervivencia. Este vacío en el conocimiento resalta la necesidad de investigaciones que permitan adaptar estrategias de manejo a nivel local. Para alcanzar estos objetivos, se llevaron a cabo estudios experimentales durante las temporadas seca y húmeda de 2020, evaluando la biología del insecto en diferentes hospederos de cítricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento, cría de *Diaphorina citri*.

Se estableció de una cría de *D. citri* bajo condiciones ambientales no controladas de

casa malla (temperatura $24,03 \pm 1,18$ a $39,42 \pm 3,06^{\circ}\text{C}$; HR%: $57,55 \pm 5,63$ a $92,97 \pm 2,67\%$) ubicada en el Centro de Investigación (C.I.) Caribia de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), a 20 ms.n.m. ($10^{\circ}46'8,4$ N, $74^{\circ}8'52,799$ O). Siguiendo la metodología propuesta por Pérez-Artiles et al. (2017), se utilizaron plantas *Murraya paniculata* (L.) Jacq. sembradas en sustratos de suelo y contenidas en bolsas de polietileno que se podaron a 25 a 30 cm de altura y fertilizadas 15 días antes de las infestaciones. Las plantas infestadas por *D. citri* se ubicaron dentro de una jaula de 1 m^3 construida en marco de madera y forrada en tela muselina.

Ensayos en campo

El estudio se realizó en las temporadas seca (marzo y abril) y húmeda (octubre y noviembre) del 2020, en una parcela de cítricos con HLB, perteneciente al mismo centro de investigación, y se seleccionaron los árboles de naranja García-Valencia, mandarina Arrayana y Limón Pajarito injertados sobre Sunki x English (*Citrus sunki* hort ex. Tanaka x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.),. Dos meses antes de los ensayos, se suspendió la aplicación de insecticidas.

Se podaron ramas de 54 árboles, 18 por cada hospedero, y se aislaron para garantizar la emergencia de brotes sin infestaciones naturales del insecto vector (Figura 1) (Michaud, 2004). Posteriormente, en cada brote aislado, se depositaron cinco hembras y cinco machos sexualmente maduros de *D. citri* provenientes de la cría y se dejaron por un lapso de 36 horas. Transcurrido ese tiempo, se registró la cohorte inicial de huevos ovipositados por brote y se retiró la mitad de las jaulas de exclusión por cada hospedero, dando lugar a seis tratamientos, cada uno con nueve repeticiones.



Figura 1. Aislamiento de ramas podadas para la obtención de brotes sin infestaciones naturales de *Diaphorina citri*.

Se monitoreó a diario las cohortes del estado huevo hasta la emergencia de los adultos. Para la observación de los estados de *D. citri* se usó una lupa de 40X. Además de contar las poblaciones inmaduras, se observaron otros artrópodos sobre el brote durante dos minutos para evidenciar alguna actividad depredadora. En los tratamientos expuestos, se consideró la defoliación parcial o total del brote por insectos fitófagos (Michaud, 2004). Los artrópodos se capturaron con un aspirador bucal y se conservaron en etanol al 70% para su posterior identificación. Así mismo, se evaluó el parasitismo por *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) en ninfas momificadas de los instares IV y V (Paiva y Parra, 2012). Al finalizar el ciclo de vida, los brotes se aislaron para evitar el escape de los adultos. Todos los individuos se capturaron y sexaron bajo un estereoscopio. Los datos meteorológicos de precipitación, temperatura y humedad relativa media diaria se recolectaron de una estación ubicada a 600 m del lote y se usaron para

comparar las variables climáticas entre las dos temporadas.

Los parámetros poblacionales se calcularon siguiendo la metodología de Rabinovich (1980). La sobrevivencia (l_x) se calculó entre el número de individuos vivos de cada estado (N_x) y la cohorte inicial (N_0). La probabilidad de mortalidad (q_x) se calculó con el número de individuos muertos (d_x) entre dos edades consecutivas y el número de individuos vivos al inicio de cada estado (N_x). La esperanza de vida (e_x) se calculó considerando la relación entre el número de días restantes para los individuos (L_x) y la media de probabilidad de sobrevivencia entre las edades ($l_x + l_{x+1}$) (Rabinovich, 1980). La proporción sexual se estimó mediante la relación entre el número de hembras y la cantidad total de individuos que alcanzaron la adultez (Paiva y Parra, 2012).

Análisis estadísticos.

Los datos de duración de cada estado (huevo, ninfa y ciclo huevo-adulto) se analizaron en el software SAS (2014), mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para cada temporada (seca y húmeda); se consideró como factor el hospedero y la condición del brote (expuesto o confinado). Para las comparaciones de medias en el análisis paramétrico, se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para el parámetro (l_x), al no cumplirse el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, seguida de la prueba de comparaciones múltiples de Dunn con corrección de Bonferroni ($p > 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ciclo de vida de *Diaphorina citri*.

En la temporada seca, la duración total del ciclo de huevo a adulto varió entre 12,02 y 14,58 días ($p = 0,48$), mientras que en la temporada húmeda osciló entre 14,04 y 15,34

días ($p = 0,31$), sin diferencias significativas entre hospedantes ni condiciones del brote (Tabla 1). El estado de huevo presentó duraciones de 4,15 a 5,10 días en la temporada seca ($p = 0,32$) y de 4,13 a 4,75 días en la temporada húmeda ($p = 0,07$). En todos los casos, los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas se cumplieron. Estos valores son comparables con lo reportado en Palmira, Valle del Cauca (3,63 días sobre *M. paniculata*, García *et al.*, 2016) y en Barquisimeto, Venezuela hasta 7 días bajo condiciones controladas (Fonseca *et al.*, 2007).

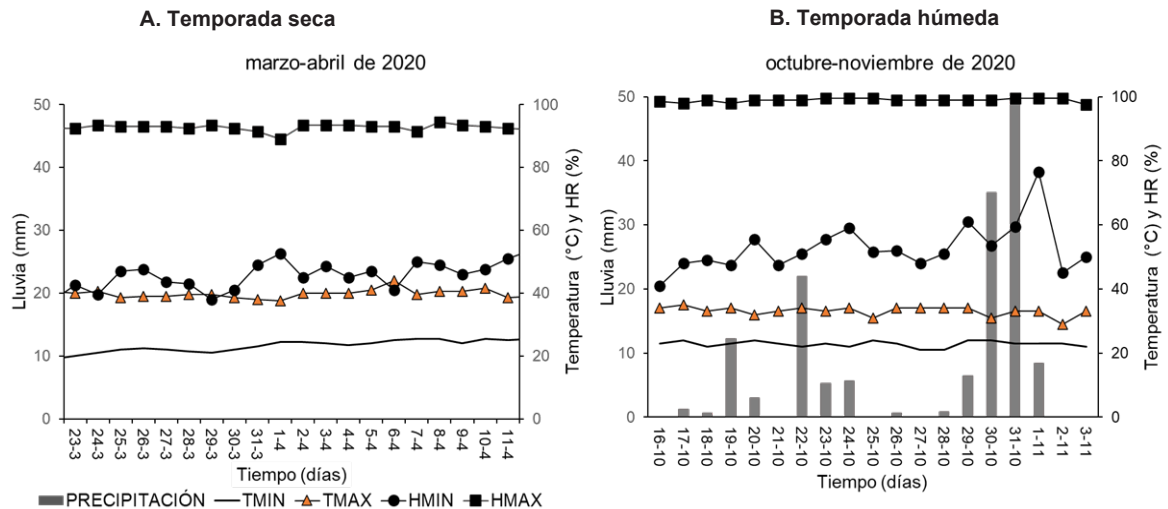
Independientemente del hospedero, los estados ninfales de *D. citri* duraron en promedio 10,27 días en temporada seca y 9,33 días en húmeda. Liu y Tsai (2000) reportaron sobre el *M. paniculata* periodos más largos de 10,60 días a 28°C y 13 días a 30°C respectivamente. Sin embargo, para el limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* V. Ten. & Pasq.) se presentó una menor duración del ciclo a una temperatura constante en comparación a una con un rango fluctuante cercano a 30°C (Milosavljević *et al.*, 2020). Esto puede estar relacionado con la capacidad de desplazamiento de las ninfas en el envés las hojas, lo cual reduce el riesgo a la exposición a temperaturas altas y perjudiciales para su desarrollo (Milosavljević *et al.*, 2020).

Durante la temporada seca, la temperatura media diaria osciló entre 23,2 ± 1,93°C y 39,77 ± 1,37°C. La humedad relativa diaria (HR) alcanzó un valor mínimo de 45,65 ± 4,50%, y máximo de 92,72 ± 1,08%. La temperatura media diaria en la temporada húmeda fluctuó entre 22,84 ± 0,95°C y 33,05 ± 1,43°C. La HR mínima fue de 53,73 ± 7,6%, y máxima de 98,94 ± 0,57% (Figura 2). En la temporada seca, el desarrollo de huevo a adulto de *D. citri* duró 12 a 14 días, sugiriendo la necesidad de aumentar la frecuencia de muestreos por mes respecto a los establecidos tradicionalmente (Brochero *et al.*, 2021a).

Tabla 1. Media ($\pm$ desviación estándar) de la duración de los estados de huevo y ninfa, y del ciclo de *Diaphorina citri* en diferentes hospederos en dos temporadas climáticas.

Tratamiento	Duración (días)		
	Huevo	Ninfas	Huevo-Adulto
Temporada seca			
Naranja/Expuesto	4,97 $\pm$ 1,71 a	9,67 $\pm$ 0,58 a	14,02 $\pm$ 1,09 a
Naranja/Confinado	4,27 $\pm$ 1,42 a	9,82 $\pm$ 1,30 a	13,00 $\pm$ 0,10 a
Mandarina/Expuesto	5,10 $\pm$ 1,71 a	10,41 $\pm$ 0,68 a	14,52 $\pm$ 1,55 a
Mandarina/Confinado	4,15 $\pm$ 1,20 a	10,03 $\pm$ 1,22 a	14,46 $\pm$ 0,79 a
Lima ácida/Expuesto	4,90 $\pm$ 1,12 a	9,48 $\pm$ 1,32 a	14,08 $\pm$ 0,72 a
Lima ácida/Confinado	4,90 $\pm$ 1,12 a	9,25 $\pm$ 1,69 a	12,02 $\pm$ 3,32 a
<i>P</i>	0,32	0,54	0,48
Temporada húmeda			
Naranja/Expuesto	4,41 $\pm$ 0,43 a	9,77 $\pm$ 1,26 a	14,04 $\pm$ 0,82 a
Naranja/Confinado	4,69 $\pm$ 0,51 a	11,37 $\pm$ 2,78 a	15,34 $\pm$ 0,73 a
Mandarina/Expuesto	4,13 $\pm$ 0,82 a	10,51 $\pm$ 3,34 a	14,66 $\pm$ 1,33 a
Mandarina/Confinado	4,65 $\pm$ 0,71 a	11,33 $\pm$ 2,27 a	14,95 $\pm$ 1,15 a
Lima ácida/Expuesto	4,50 $\pm$ 0,7W3 a	10,83 $\pm$ 3,86 a	15,25 $\pm$ 0,96 a
Lima ácida/Confinado	4,75 $\pm$ 0,57 a	10,60 $\pm$ 3,92 a	14,50 $\pm$ 0,57 a
<i>P</i>	0,07	0,32	0,31

Nota: Significativo al nivel de 5% de probabilidad ($P < 0,05$). Dentro de cada columna, medias seguidas por letras iguales no difieren estadísticamente para la prueba Tukey ($P > 0,05$).

**Figura 2.** Precipitación, temperatura y humedad relativa diaria en Zona Bananera, Magdalena. A) Temporada seca y B) Temporada húmeda. TMIN: temperatura mínima, TMAX: temperatura máxima, HMIN: humedad relativa mínima, HMAX: humedad relativa máxima.

Otras investigaciones sugieren que las diferencias en la duración del ciclo de vida se presentan con mayor frecuencia entre variedades de cítricos que entre los cultivares. Por ejemplo, en naranja, independientemente

del patrón utilizado, la variedad Hamlin registró un ciclo más prolongado (16,37 a 16,76 días) con respecto a las variedades Valencia y Pera de Río con valores (15,09 a 15,12 días) (Pérez-Artiles *et al.*, 2017). Así mismo, *D.*

citri mostró un ciclo más largo en mandarina Ponkan (17,66 días) que en Shatangju (16,82 días) (Meng *et al.*, 2022).

Sobrevivencia en los hospedantes.

El análisis de Kruskal–Wallis reveló diferencias significativas en la sobrevivencia de *D. citri* entre los hospedantes, tanto en la temporada seca ($\chi^2 = 21,50$; gl = 5; $p = 0,006$) como en la temporada húmeda ($\chi^2 = 22,79$; gl = 5; $p = 0,0004$). En la temporada seca, la sobrevivencia media presentó un mayor registro en naranjo (33,62%; rango: 0–92%), seguido de mandarino (21,76%; rango: 0–90%) y lima ácida (17,45%; rango: 0–96,8%). En la temporada húmeda, la menor sobrevivencia se registró en lima ácida (2%; rango: 0–18%), mientras que naranjo y mandarino presentaron valores de 24% (rango: 0–77%) y 27% (rango: 0–45%), respectivamente.

Durante la temporada húmeda, la baja sobrevivencia en los brotes confinados de Limón Pajarito se debió a su necrosamiento, quizás por los daños ocasionados por las ninfas pequeñas al alimentarse y al aumento de la humedad relativa, favoreciendo la proliferación de hongos. Aunque, Michaud (2004) observó que el daño directo por alimentación puede ocasionar la muerte del brote en estados tempranos, Zavala-Zapata *et al.* (2024) plantean que en naranja Valencia los primeros estados de desarrollo del brote mejoran la oviposición y la sobrevivencia del insecto. Los hospedantes que reducen la sobrevivencia del insecto pueden usarse como plantas de monitoreo en los perímetros de las plantaciones para así reducir el riesgo de infestaciones secundarias dentro del cultivo.

En todos los hospedantes evaluados, la curva de sobrevivencia correspondió a un patrón tipo IV (Figura 3), característico de poblaciones que experimentan una elevada mortalidad en las etapas iniciales de vida

(Rabinovich, 1980). Este comportamiento es consistente con lo descrito por Ramírez-Sánchez *et al.* (2016), quienes reportaron una mayor sobrevivencia de *D. citri* en naranja 'Valencia' que en lima ácida 'Colimex'. En dicho estudio, la sobrevivencia en plantas sanas e infectadas con CLAs varió entre 70,7 y 74,1% en naranja, y entre 58,5 y 61,3% en lima ácida.

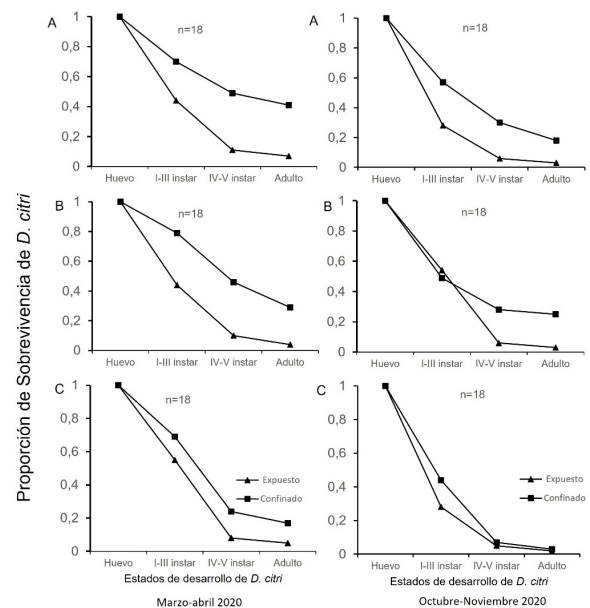


Figura 3. Sobrevivencia de *Diaphorina citri* en tres hospedantes en las temporadas seca y húmeda de 2020. A) Naranja, B) Mandarino y C) Lima ácida.

Tabla de vida de *Diaphorina citri* durante la temporada seca.

La sobrevivencia de huevo a adulto en los tratamientos expuestos alcanzó tasas de 7% en naranja, 4% en mandarina y 5% en lima ácida (Tabla 2). Una baja sobrevivencia de huevo a adulto en los tratamientos expuestos puede atribuirse a la alta inviabilidad de los huevos en condiciones de campo (Paiva y Parra, 2012) y por la acción de enemigos naturales sobre huevos y ninfas (Kistner *et al.*, 2017; Shrestha *et al.*, 2021). En pomelos (*Citrus × aurantium* var. *paradisi* ined) de Florida, EE.UU., Michaud (2004) reportó tasas de sobrevivencia del primer estado ninfal a adulto de 6,9% y de 7,8% a 24,7°C y 16,8 mm de precipitación acumulada.

Tabla 2. Tabla de vida del *Diaphorina citri* en tres hospedantes en temporada seca.

Estado	N_x		l_x		d_x		q_x		e_x	
	Exp.	Con.	Exp.	Con.	Exp.	Con.	Exp.	Con.	Exp.	Con.
Naranja 'García-Valencia'										
Huevos	315	365	1,00	1,00	175	107	0,55	0,29	1,73	4,11
Ninfal I-III	140	258	0,44	0,70	104	76	0,54	0,29	2,25	3,85
Ninfal IV-V	36	182	0,11	0,49	11	32	0,28	0,17	2,11	2,66
Adulto	25	150	0,07	0,41					1,50	1,66
Hembras	14	73								
Razón sexual	0,56	0,48								
Mandarina 'Arrayana'										
Huevos	357	283	1,00	1,00	198	58	0,55	0,20	1,95	4,10
Ninfal I-III	159	225	0,44	0,79	122	94	0,59	0,41	2,01	3,54
Ninfal IV-V	37	131	0,10	0,46	20	48	0,54	0,36	2,93	2,56
Adulto	17	83	0,04	0,29					3,93	2,30
Hembra	12	50								
Razón sexual	0,70	0,60								
Lima ácida 'Limón Pajarito'										
Huevos	480	502	1,00	1,00	215	155	0,44	0,30	2,00	2,88
Ninfal I-III	265	347	0,55	0,69	224	225	0,84	0,64	2,97	2,52
Ninfal IV-V	41	122	0,08	0,24	17	34	0,82	0,27	3,49	2,19
Adulto	24	88	0,05	0,17					3,89	1,50
Hembra	13	51								
Razón sexual	0,54	0,57								

Cohortes de *D. citri*: Exp, expuestas; Con, confinadas; N_x , número de individuos vivos de cada estado; l_x , tasa de sobrevivencia, d_x , número individuos muertos; q_x , tasa de mortalidad; e_x , esperanza de vida

Sobre los brotes confinados, la sobrevivencia de huevo a adulto obtuvo tasas de 41%, 29% y 17% para naranja, mandarina y lima ácida, respectivamente (Tabla 2). La sobrevivencia registró tasas inferiores a la encontrada bajo condiciones de laboratorio en *M. paniculata*, con tasas superiores a 65% en un rango de temperatura próxima a la registrada en campo de 28-30°C. Kistner *et al.* (2016) obtuvieron tasas de sobrevivencia de huevo a adulto del 78,10% sobre plántulas protegidas de *C. volkameriana* en el Sur de California, EE.UU., durante el verano.

Las diferencias encontradas en la supervivencia entre estos estudios pueden estar relacionadas con las metodologías implementadas y con las condiciones

climáticas de las zonas. Es posible que una menor manipulación inicial de los huevos y ninfas en los ensayos reduzcan el riesgo de daño de las poblaciones inmaduras. Así mismo, la temperatura máxima que sobrepasaba los 39,7°C, entre las 11 y 13 horas, puede ocasionar una mayor pérdida de la población (Milosavljević *et al.*, 2020). Nava *et al.* (2010) mostraron una reducción significativa de la sobrevivencia de huevo a adulto a 30°C en *M. paniculata*, Natal y en Pera de naranja, con tasas entre 39,8 y 43,9% en contraste con lima Rangpur (*Citrus × limonia* Osbeck var. *limonia*), la cual alcanzó una sobrevivencia superior al 60%. Lo anterior indica que la sobrevivencia depende, en gran medida, de la interacción entre el hospedante y la temperatura (Nava *et al.*, 2010).

Tabla de vida de *Diaphorina citri* durante la temporada húmeda.

El paso de la tormenta tropical Eta que impactó a la región Caribe con una lámina acumulada de 155,2 mm, provocó un efecto de lavado de los huevos y estadios ninfales pequeños, por consiguiente, la sobrevivencia de las cohortes expuestas alcanzó cerca de 3% en naranja, 5% en mandarina y 2% en lima ácida.

Mientras, las poblaciones de *D. citri* confinadas alcanzaron tasas del 18 a 41% (Tabla 3). Las gotas provocaron el ahogamiento de las ninfas pequeñas al permanecer sobre los brotes varias horas después del paso de la lluvia. Chirinos *et al.* (2021) reportaron una reducción drástica de las poblaciones del psílido en lima ácida cuando se acumuló una lámina mensual de entre 140 y 280 mm de lluvia en Manabí, Ecuador.

Tabla 3. Tabla de vida de *Diaphorina citri* en tres hospedantes en temporada húmeda.

Estado	N_x		l_x		d_x		q_x		e_x	
	Exp.*	Con.**	Exp.	Con.	Exp.	Con.	Exp.	Con.	Exp.	Con.
Naranja 'García-Valencia'										
Huevo	546	622	1,00	1,00	389	264	0,71	0,42	1,23	2,86
Ninfal I-III	157	358	0,28	0,57	124	166	0,78	0,46	2,20	2,84
Ninfal IV-V	33	192	0,06	0,30	14	74	0,42	0,38	1,77	1,94
Adulto	19	118	0,03	0,18					1,50	1,51
Hembras	11	56								
Razón sexual	0,57	0,47								
Mandarina 'Arrayana'										
Huevo	430	610	1,00	1,00	197	311	0,45	0,50	1,68	2,73
Ninfal I-III	233	299	0,54	0,49	203	126	0,87	0,54	1,79	3,79
Ninfal IV-V	30	173	0,06	0,28	14	15	0,5	0,08	1,69	2,45
Adulto	16	158	0,03	0,25					1,50	1,50
Hembras	13	79								
Razón sexual	0,81	0,5								
Lima ácida 'Limón Pajarito'										
Huevo	574	468	1,00	1,00	411	260	0,71	0,55	1,17	1,44
Ninfal I-III	163	208	0,28	0,44	133	173	0,81	0,83	1,98	1,63
Ninfal IV-V	30	35	0,05	0,07	16	20	0,53	0,57	1,77	1,96
Adulto	14	15	0,02	0,03					1,50	1,50
Hembras	9	9								
Razón sexual	0,64	0,60								

Cohortes de *D. citri*: Exp, expuestas; Con, confinadas; N_x , número de individuos vivos de cada estado; l_x , tasa de sobrevivencia, d_x , número individuos muertos; q_x , tasa de mortalidad; e_x , esperanza de vida.

La cantidad e intensidad de las lluvias pueden ser factores claves en la sobrevivencia del insecto; además, las precipitaciones escasas al inicio y final de la temporada podrían aumentar la brotación y reducir la pérdida de población de huevos y ninfales pequeños, incrementando su sobrevivencia.

Sin embargo, en São Paulo, Brasil, Paiva y Yamamoto (2019) hallaron una sobrevivencia del 12% en naranja pese a una acumulación de 165 mm de agua; esto se puede deber a una menor presencia de enemigos naturales y otros artrópodos en el brote.

Proporción de sexos.

La proporción de sexos entre hembras y machos, bajo condiciones expuestas en naranja y lima ácida, registró 0,54 y 0,56 durante la temporada húmeda y 0,57 a 0,64 en la seca; pero en mandarina alcanzaron 0,70 y 0,81, respectivamente (Tabla 2 y 3). En cultivos de São Paulo, Brasil, la proporción de sexos muestran valores cercanos a 0,5 (Paiva y Parra, 2012). Pérez-Artiles *et al.*, (2017) reportaron la influencia del hospedero y la combinación copa-patrón en la proporción de sexos.

Factores bióticos de mortalidad.

Defoliación del brote

De la mortalidad registrada sobre los brotes expuestos, la defoliación en naranjo y mandarina ocasionó una mortalidad de ninfas entre el 6% al 23% durante la temporada seca y entre el 6% al 32% en la temporada húmeda. Se evidenció la formación de galerías en el envés y entorchamiento de las hojas por la presencia del Minador de las hojas de los cítricos (*Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae)), daño del borde de las hojas por *Trigona* sp. (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) y la pérdida total del brote por *Naupactus* sp. (Coleoptera: Curculionidae). Estos insectos fitófagos compiten por el sustrato con las poblaciones de *D. citri* o exponen a el insecto a sus enemigos naturales (Paiva y Parra, 2012).

Depredación

La mortalidad de los estados ninfales I-III en brotes expuestos de naranjo alcanzó 54% en temporada seca (Tabla 1) y 78% en la húmeda (Tabla 2), se observó que la depredación contribuyó a la mortalidad con el 21% y 33% respectivamente. La depredación ejercida por larvas de la familia Chrysopidae se encontró en los primordios foliares cerrados. Kistner

et al. (2016) encontraron que las larvas de *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) y *Allograpta* sp. (Diptera: Syrphidae) explicaban el 86% de la mortalidad en California, EE.UU.

También, se registraron colmenas de *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae) sobre las ramas de los cítricos. En Colombia, Kondo *et al.* (2015) reportaron a *Polybia* sp. como depredador en el Valle del Cauca entre 969 y 1080 ms.n.m. Durante la temporada seca, en esta investigación, se observó depredación de ninfas de los estados III, IV y V y una mayor actividad de vuelo entre las 7-10 horas y 16-18 horas, lo que sugiere una mayor depredación durante estos horarios. Además, se observaron adultos de *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) y consumiendo ninfas y adultos de *D. citri*. Brochero *et al.* (2021b) encontraron una correlación positiva significativa en las densidades de *D. citri* durante 2017 y 2020 en el cultivo experimental de cítricos del C. I. Caribia sobre las poblaciones adultas de *C. sexmaculata* monitoreadas a través de trampas amarillas. En esta investigación, se registraron sólo dos adultos de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) en brotes colonizados por áfidos. El bajo registro de individuos de coccinélidos pudo deberse a la falta de otros tratamientos de exclusión, como los utilizados por Kistner *et al.*, (2016) quienes utilizaron barreras adhesivas.

Parasitismo

El parasitismo se presentó en limón pajarito durante ambas temporadas, con una tasa marginal de mortalidad por *T. radiata* del 14% en temporada seca y 16% en húmeda. Kondo *et al.* (2022) informaron tasas del 1,5 a 24%, entre marzo a abril de 2020 en Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Se estima que la mayor tasa de parasitismo ocurre a los 25°C y decrece a 30°C (Gómez-Torres *et al.*, 2012),

explicando la presencia de una tasa baja en condiciones tropicales (Chirinos *et al.*, 2021), posiblemente por la falta de adaptabilidad. Las primeras liberaciones de *T. radiata* en Zona Bananera se realizaron en febrero de 2020, con crías establecidas en Palmira, y se espera que estas introducciones favorezcan su adaptabilidad en la región.

CONCLUSIONES

El ciclo biológico del insecto vector tiene una corta duración bajo las condiciones ambientales de la Zona Bananera. La sobrevivencia de huevo a adulto se presenta más elevada en árboles de naranjo durante la temporada seca, y con mayor mortalidad en Limón Pajarito en temporada lluviosa; además, la viabilidad de los huevos disminuye en la temporada seca. Los factores bióticos de defoliación y parasitoidismo por *T. radiata* y depredación por *Chrysoperla* sp, *Polybia* sp. y *C. sexmaculata* favorecen la mortalidad de diferentes estados de desarrollo del insecto. El entendimiento de la tabla de vida del insecto vector en campo orienta estrategias de control, como el arreglo espacial de plantaciones de cítricos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaramos que no hubo conflictos de intereses que pudieran comprometer la validez de los resultados presentados, durante el proceso de evaluación, ni en la elaboración del artículo.

REFERENCIAS

- Bassanezi, B., Lopes, S., De Miranda, M., Wulff, N., Linhares-Volpe, H. y Ayres, A. 2020.** Overview of *Citrus* Huanglongbing spread and management strategies in Brazil. *Tropical Plant Pathology* 45(3): 251–264. <https://doi.org/10.1007/s40858-020-00343-y>
- Brochero, C., Guzmán, L., Herrera, V., Parra-Fuentes, M. y Perez-Artiles, L. 2021a.** Evaluación de métodos de muestreo de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) en Palomino, La Guajira. *Resúmenes XLVIII Sociedad Colombiana de Entomología.* 1908: 91.
- Brochero, C., Guzmán, L., Herrera, V., Parra-Fuentes, M., y Perez-Artiles, L. 2021b.** Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) y *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781) (Coleoptera: Coccinellidae) en cítricos. *Resúmenes XLVIII Sociedad Colombiana de Entomología.* 1908: 87.
- Chirinos, D., Cuadros, I., Velez, J., Castro, R., Sornoza, G. y Kondo, T. 2021.** Predicting the establishment of *Diaphorina citri* and *Tamarixia radiata* on *Citrus* x aurantiifolia orchards based on the plant–psyllid–parasitoid interaction on *Murraya paniculata*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 31(1): 1–9. <https://doi.org/10.1186/S41938-021-00474-7/FIGURES/5>
- Fonseca, O., Valera, N. y Vásquez, C. 2007.** Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* kuwayama (hemiptera: Psyllidae) entres hospederos en el estado Lara, Venezuela. *Entomotropica* 22(3): 145–152. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3697777>
- García, Y., Ramos P., Y., Sotelo, P. y Kondo, T. 2016.** Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 42(1): 36–42. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882016000100007&lng=e&nrm=iso&tlng=es

- Graham, J., Bassanezi, R., Dawson, W. y Dantzler, R. 2024.** Management of Huanglongbing of *Citrus*: Lessons from São Paulo and Florida. Annual Review of Phytopathology. 62(2024): 243-262. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-121423-041921>
- Gómez-Correa, J., Robledo-Buriticá, J., Parra-Fuentes, M., Brochero-Bustamante, C., Guzmán-Sánchez, L. y Pérez-Artiles, L. 2021.** Caracterización del sistema productivo de cítricos, con énfasis en la enfermedad Huanglongbing, en Ponedera, Atlántico. Temas Agrarios 26(2): 145–156. <https://doi.org/10.21897/rta.v26i2.2889>
- Gómez-Torres, M., Nava, D. y Parra, J. 2012.** Life table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at different temperatures. Journal of Economic Entomology 105(2): 338–343. <https://doi.org/10.1603/EC11280>
- Hosseinizadeh, S. y Heck, M. 2023.** Variations on a theme: factors regulating interaction between *Diaphorina citri* and “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” vector and pathogen of *Citrus* huanglongbing. Current Opinion in Insect Science 56: 101025. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101025>
- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. 2019.** Resolución 1668 "Por medio de la cual se declaran la enfermedad Huanglongbing de los cítricos y su vector el insecto *Diaphorina citri* Kuwayama como plaga de control oficial y se establecen las medidas fitosanitarias para su manejo y control. <https://www.ica.gov.co/getattachment/877b5bbb-0f20-4253-9f7d-7b20f03e2629/2019R01668.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. 2023.** Resolución 8640 "Por la cual se declara el estado de Emergencia Fitosanitaria en el departamento de Santander por la presencia de la enfermedad del Huanglongbing- HLB de los cítricos". <https://www.ica.gov.co/getattachment/8906f4df-f4a8-416c-9eec-824fff8515d6/2023R00008640.aspxropecuario-ICA>
- Kistner, E., Melhem, N., Carpenter, E., Castillo, M. y Hoddle, M. 2016.** Abiotic and biotic mortality factors affecting Asian *Citrus* psyllid (Hemiptera: Liviidae) demographics in Southern California. Annals of the Entomological Society of America 109(6): 860–871. <https://doi.org/10.1093/aesa/saw053>
- Kondo, T., González, G., Tauber, C., Guzmán-Sarmiento, Y., Vinasco-Mondragón, A. y Forero, D. 2015.** A checklist of natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia and the world. Insecta Mundi 0, 457: 1–14. <https://journals.flvc.org/mundi/article/view/0457/84276>
- Kondo, T., Woolley, J., Arciniegas, K. y Campos-Patiño, Y. 2022.** First report in Colombia and diagnosis of *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid wasp of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Caldasia, 44(3): 541–552. <https://doi.org/10.15446/caldas.v44n3.95918>
- Liu, Y. y Tsai, J. 2000.** Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian *Citrus* psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) 137(3): 201–206. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00060.x>

- MADR. 2023.** Base agrícola (Evaluaciones Municipales Agropecuarias-EVA2022). <https://agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59>
- Meng, L., Cheng, X., Xia, C. y Zhang, H. 2022.** Effect of host plants on development and reproduction of *Diaphorina citri* and their host preference. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 170(8): 700–707. <https://doi.org/10.1111/EEA.13188>
- Michaud, J. 2004.** Natural mortality of Asian *Citrus* psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control* 29(2): 260–269. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00161-0](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00161-0)
- Milosavljević, I., McCalla, K., Morgan, D., Hoddle, M. y Bextine, B. 2020.** The effects of constant and fluctuating temperatures on development of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), the Asian *Citrus* Psyllid. *Journal of Economic Entomology* 113(2): 633–645. <https://doi.org/10.1093/jee/toz320>
- Monzó, C. y Vanaclocha, P. 2022.** *Diaphorina citri* (psílido asiático de los cítricos). cabicompndium.18615, CABI Compendium, doi:10.1079/cabicompndium.18615, CABI International
- Nava, D., Gomez-Torres, M., Rodrigues, M., Bento, J., Haddad, M. y Parra, J. 2010.** The effects of host, geographic origin, and gender on the thermal requirements of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental Entomology* 39(2): 678–684. <https://doi.org/10.1603/EN09252>
- Paiva, P. y Parra, J. 2012.** Life table analysis of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) infesting sweet orange (*Citrus sinensis*) in São Paulo. *Florida Entomologist* 95(2): 278–284. <https://doi.org/10.1653/024.095.0206>
- Paiva, P. y Yamamoto, P. 2019.** Survival analyses of *Diaphorina citri* immatures on young *Citrus* orchard in São Paulo, Brazil. *Arquivos Do Instituto Biológico* 86: 1–7. <https://doi.org/10.1590/1808-1657001302018>
- Pérez-Artiles, L., Busoli, A., Sotelo, P. y Arcila, A. 2017.** Biology and reproductive parameters of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in different Rutaceae hosts. *Revista Colombiana de Entomología* 43(2): 141–150. <https://doi.org/10.25100/socolen.v43i2.5934>
- Rabinovich J. 1980.** Ecología de poblaciones animales. Serie de Monografías Científicas. OEA (Organización de los Estados Americanos). Washington, EEUU. 114 p.
- Ramírez-Sánchez, A., Ortega-Arenas, L., Velázquez-Monreal, J. y Valdez-Carrasco, J. 2016.** Supervivencia y reproducción de with *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantas de naranja y lima mexicana sanas e infectadas con *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Southwestern Entomologist* 41(3): 801–812. <https://doi.org/10.3958/059.041.0322>
- Shrestha, B., Martini, X. y Stelinski, L. 2021.** Population fluctuations of *Diaphorina citri* and its natural enemies in response to various management practices in Florida. *Florida Entomologist*, 104(3): 178–185. <https://doi.org/10.1653/024.104.0306>

Stelinski, L. 2019. Ecological aspects of the vector-borne bacterial disease, *Citrus* greening (Huanglongbing): Dispersal and host use by Asian *Citrus* psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. *Insects* 10(7): 208. <https://doi.org/10.3390/insects10070208>

Zavala-Zapata, V., Rangel-Lucio, J., Vargas-Tovar, J., Álvarez-Ramos, R., y Azuara-Domínguez, A. 2024. 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).]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 27(2). <http://dx.doi.org/10.56369/aes.4544>