

Biología y parámetros reproductivos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en diferentes hospederos de Rutaceae

Biology and reproductive parameters of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in different Rutaceae hosts

LUMEY PÉREZ-ARTILES¹, ANTONIO CARLOS BUSOLI²,
PAOLA ANDREA SOTELO³ y ANGELA M. ARCILA⁴

Resumen: Este trabajo tuvo como objetivo estudiar la biología y los parámetros poblacionales de *Diaphorina citri* en los porta-injertos s Rangpur y Citrumelo ‘Swingle’ y en sus combinaciones con copas de naranjas, en Araraquara, Sao Pablo. Para el mantenimiento de la cría de *D. citri* se utilizaron plantas de *Murraya exotica* L. En cada tratamiento se evaluó la duración de los estados biológicos del insecto, viabilidad de los huevos, sobrevivencia de huevo a adulto y la proporción de sexos. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto varió de 15,08 días en Pera/ Rangpur a 16,5 días en Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’. La mayor viabilidad de los huevos (82,02 %) de *D. citri* se observó en la combinación Valencia/Rangpur y la menor en Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’ (73,66 %). Los porcentajes de supervivencia de huevo-adulto, oscilaron entre 56,16 y 71,07 %, con los menores valores de supervivencia en la combinación Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’. La menor oviposición media (huevos por hembras) fue encontrada en Citrumelo ‘Swingle’ (185,10). Sobre la base de la tabla de fertilidad, Rangpur tuvo la tasa neta de reproducción más alta ($R_0 = 160,57$) y la menor duración de cada tiempo de generación (31,54 días). La tasa intrínseca de crecimiento fue mayor en la combinación Valencia/Rangpur (0,1517). Se encontró una correlación positiva y significativa de la oviposición total con la longevidad de la hembra ($R = 0,23440$; $P = 0,03649$) y con la duración del período de oviposición ($R = 0,39011$, $P = 0,0003$). Citrumelo ‘Swingle’ y Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’ fueron los tratamientos que más afectaron negativamente los parámetros biológicos estudiados, fundamentalmente la oviposición y supervivencia.

Palabras clave: *Citrus sinensis*, plagas cítricos, huanglongbing, psílido asiático de los cítricos, tablas de vida.

Abstract: This work aimed to study the biology and population parameters of *Diaphorina citri* in Rangpur and Citrumelo ‘Swingle’ rootstocks and in their combinations with orange scions in Araraquara, Sao Pablo. For the maintenance of a *D. citri* breeding stock, plants of *Murraya exotica* L. were used. In each treatment the duration of the biological stages of the pest, viability of the eggs, survival of egg to adult and sexual ratio were evaluated. Egg to adult development time ranged from 15.08 days in Pera / Rangpur to 16.5 days in Hamilim / Citrumelo ‘Swingle’. The highest viability of eggs (82.02 %) of *D. citri* was observed in the Valencia / Rangpur combination and the lowest in Hamilim / Citrumelo ‘Swingle’ (73.66 %). The egg-adult survival values ranged from 56.16 to 71.07 %, obtaining the lowest survival values in the Hamilim / Citrumelo ‘Swingle’ combination. The lowest mean oviposition (eggs for female) was observed in Citrumelo ‘Swingle’ (185.10). Based on the fertility chart, Rangpur had the highest net reproductive rate ($R_0 = 160.57$) and the shortest generation time (31.54 days). The intrinsic growth rate was higher in the Valencia / Rangpur combination (0.1517). A positive and significant correlation was found between total oviposition and female longevity ($R = 0.23440$; $P = 0.03649$) and between the former variable and duration of oviposition period ($R = 0.39011$, $P = 0.0003$). Citrumelo ‘Swingle’ and Hamilim / Citrumelo ‘Swingle’ were the treatments that most negatively affected the biological parameters studied mainly oviposition and survival.

Key words: *Citrus sinensis*, citrus pests, huanglongbing, asian citrus psyllid, life table.

Introducción

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae), presenta distribución amplia en áreas tropicales y subtropicales de numerosos países en Asia, América del Sur, América del Norte, África y el Caribe (Halbert y Núñez 2004; Mead y Fasulo 2010) y se considera como una de las principales plagas de los cítricos que se hospeda en unos 25 géneros de la familia Rutaceae (Halbert y Manjunath 2004). Los daños directos causados por *D. citri* resultan del proceso de alimentación, en donde se remueven grandes cantidades de azúcares, se observa encrespamiento de las hojas y la excreción del exceso de azúcares favorece la formación de fumagina (*Capnodium citri* Berk. & Desm.,

1849). En caso de alta infestación, puede causar la muerte de la yema apical y la caída de las hojas nuevas o yemas terminales (Tsai *et al.* 2002). Los daños indirectos causados por *D. citri* se relacionan a su papel como vector de dos bacterias, *Candidatus Liberibacter asiaticus* y *Ca. L. americanus*, patógenos asociados a la enfermedad “Huanglongbing” (HLB), la cual produce efectos devastadores en las plantaciones de cítricos (Halbert y Manjunath 2004; Bové 2006; Hall *et al.* 2013; Qureshi *et al.* 2009; Grafton-Cardwell *et al.* 2013).

Además de estos patógenos, la enfermedad HLB se asocia con otras especies del género *Candidatus* (*Ca. L. africanus*), presentes en las regiones más frías, como en algunos países de África y Europa y cuya transmisión está asociada con el vector *Trioza erytreae* (Del Guercio 1918) (Hemiptera: Trio-

¹ Corpoica. M. Sc. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Estudiante de doctorado de la Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Via de Acceso Prof. Paulo Donato Castellane s/n 14884-900 - Jaboticabal, SP. Brasil. www.fcav.unesp.br. lumeyp@yahoo.es, autor para correspondencia. ² Ph. D. Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Via de Acceso Prof. Paulo Donato Castellane s/n 14884-900 - Jaboticabal, SP. Brasil. www.fcav.unesp.br. acbusoli@fcav.unesp.br. ³ Ph. D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigación Obonuco, Km. 5 vía Pasto-Obonuco, Pasto, Colombia. pasotelo@corpoica.org.co. ⁴ Ph. D. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), Centro de Investigación Caribia, Km. 6 vía Sevilla, Zona Bananera, Magdalena, Colombia. aarcila@corpoica.org.co.

zidae) y a dos fitoplasmas (Teixeira *et al.* 2008; Chen *et al.* 2009). Además, la distribución de las especies de *Candidatus* puede estar influenciada por la temperatura, ya que *Ca. L. asiaticus* y *Ca. L. africanus* difieren en su sensibilidad a altas temperaturas (Bové 2006; Gottwald 2010).

La presencia del pato-sistema (HLB-*D. citri*) ha causado un efecto devastador en la citricultura mundial (Belasque Jr. *et al.* 2010; Llauger *et al.* 2008) y, específicamente, después de la detección de HLB en el estado de Sao Paulo, en Brasil en 2004, *D. citri* fue considerada la plaga más importante para la citricultura brasilera (Parra *et al.* 2010). Resultados de Belasque Jr. *et al.* (2010) plantean que en plantaciones adultas de cítricos sin medidas de control apropiadas, el HLB puede generar inviabilidad económica de los huertos en aproximadamente de 10 años después de la detección inicial de las primeras plantas infectadas. En Yucatán, México, en huertos de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka, 1951), con presencia de *Ca. L. asiaticus* se observó una reducción del 17,31 % en peso y del 18,62 % en volumen de jugo de los frutos colectados en árboles con HLB en comparación con frutos de árboles sanos, implicando una pérdida en producción de 2,4 toneladas/ha (Flores-Sánchez *et al.* 2015).

La presencia de *D. citri* está reportada en aproximadamente 56 especies pertenecientes a la familia Rutaceae, incluyendo todas las del género *Citrus*, aunque se ha registrado que *D. citri* no necesariamente completa su desarrollo en todas ellas (Aubert 1987). De igual manera, se ha indicado que existe preferencia de *D. citri* por mirto (*Murraya exotica* (L.) Jack, 1820) para alimentación y oviposición (Halbert y Manjunath 2004; Teck *et al.* 2011). Así mismo, estudios de la biología bajo condiciones de laboratorio en Florida, EUA mostraron que, en ausencia de brotes nuevos, las hembras de *D. citri* detenían la oviposición (Tsai y Liu 2000). Además, se ha observado que en regiones donde las condiciones climáticas son favorables, el único factor limitante para la oviposición es la presencia o ausencia de brotes nuevos, las hembras adultas presentan preferencia para ovipositar en brotes nuevos de aproximadamente 5 mm y el desarrollo de la plaga está sincronizado con el crecimiento vegetativo del cultivo (Fernández y Miranda 2005; Padulla 2007).

Los estudios encaminados a evaluar el efecto de resistencia de hospederos a la presencia de *D. citri*, se han enfocado en ofrecer alternativas de la estrategia de manejo del patosistema HLB-*D. citri*. La mayoría de estos hospederos estudiados tienen gran importancia para los programas de mejoramiento como porta-injertos s (Albrecht y Bowman 2011), con el objetivo de seleccionar combinaciones de copas comerciales-patrones que sean tolerantes o que muestren algún grado de resistencia a los patógenos de HLB. De la misma manera, los estudios sobre la biología de los insectos nos permiten conocer el comportamiento de una especie de insecto sobre una determinada especie vegetal, así como determinar elementos básicos para el diseño de una estrategia de manejo. Sin embargo, la mayoría de los trabajos sobre la biología de *D. citri* no contemplan los estudios del desarrollo de la plaga y sus parámetros reproductivos en combinaciones de porta-injertos s y variedades de naranjas de interés comercial (Tsai y Liu 2000; Nava *et al.* 2007; Pérez-Artiles *et al.* 2011; Alves *et al.* 2014). Por lo tanto, los estudios de la biología de *D. citri* en diferentes combinaciones entre variedades de naranjas comerciales y porta-injertos sirven de base para la selección de nuevas combinaciones que sean menos favorables para el desarrollo de

D. citri. De esta manera, este trabajo tuvo como objetivo el estudio de la biología de los parámetros poblacionales de *D. citri* en combinaciones de porta-injertos y variedades de naranjas, con el fin de definir la influencia de los patrones evaluados sobre la biología y características reproductivas de la plaga cuando se alimentan directamente en los patrones y combinaciones de éstos con copas de naranja.

Materiales y métodos

Cría y mantenimiento de *Diaphorina citri*. Para el inicio de la cría de *D. citri* se utilizaron plantas de mirto (*M. exotica*) e insectos de *D. citri* provenientes de las crías de laboratorio localizadas en el fondo de defensa de la citricultura Brasileira “Fundecitrus” en Araraquara, Sao Pablo. Las plantas usadas para el mantenimiento de la cría de *D. citri* y un porcentaje de los insectos, se evaluaron con una frecuencia semestral mediante la técnica molecular de qPCR (reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real), con el fin de garantizar que los insectos requeridos para los ensayos estuvieran libres de la bacteria del HLB. Se realizaron podas periódicas para estimular la brotación vegetativa y garantizar la disponibilidad de brotes jóvenes para la sobrevivencia de la plaga. El pie de cría inicial bajo condiciones de laboratorio contó con 20 plantas de mirto de aproximadamente 40 cm de altura y un año de plantadas y 400 adultos de *D. citri*. Para el mantenimiento de la cría, cada 15 días se colectaron adultos de *D. citri* con el fin de infestar nuevas plantas que presentaran brotes menores de 0,5 mm. Este pie de cría fue mantenido bajo condiciones de laboratorio durante un año, tiempo requerido para la realización de este estudio.

Las plantas usadas para el mantenimiento de la cría de *D. citri* se mantuvieron en bolsas plásticas negras de 10 L en una casa de malla, bajo condiciones de humedad y temperatura del ambiente y permanecieron libres de infestación de insectos. Las plantas fueron regadas diariamente y se fertilizaron cada tres semanas con sulfato de amonio (5 gramos por bolsa) y Osmocote (Forth cote, Brasil, proporción 1:1:1 de N-P-K) (3 gramos por bolsa) al inicio del experimento.

Biología de *Diaphorina citri* en los porta-injertos s Rangpur y Citrumelo ‘Swingle’. Para el estudio de la biología de *D. citri* en los porta-injertos Rangpur y Citrumelo ‘Swingle’ se utilizaron plántulas de una altura aproximada de 25 cm, con presencia de brotes. Se colocaron las plántulas en vasos de plástico (12 x 3,5 cm) que contenían vermiculita humedecida, con el fin de garantizar la humedad de la plántula. Posteriormente, cada plántula se ubicó dentro de una “jaula” construida a partir de una botella plástica transparente de 2 litros, abierta en la parte superior y cubierta con una tela de organza para permitir la aireación de los insectos. Se utilizaron 12 plántulas para cada tratamiento o porta-injertos y dos parejas de *D. citri* de 15 días de edad fueron colocadas por plántula. Los adultos fueron sexados bajo un microscopio estereoscópico binocular de acuerdo con la descripción de Mead (1977).

Para homogenizar la disponibilidad de brotes, algunos de ellos fueron removidos, manteniendo apenas uno, con un tamaño ≤ 5 mm. Después de 24 h, los insectos fueron retirados y se contaron los huevos ovipositados en cada plántula con el auxilio de un microscopio estereoscópico binocular. Las evaluaciones incluyeron la viabilidad del huevo, la duración de los estadios huevo y ninfa, y la proporción de sexos de

acuerdo al método propuesto por Nava *et al.* (2007). El experimento se desarrolló en cámaras climatizadas con temperatura de 27 ± 1 °C, 60 ± 10 % de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad.

Biología de *Diaphorina citri* en diferentes combinaciones de porta-injertos y copas de naranjas. Los tratamientos usados para este experimento fueron plantas de naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck, 1765), de las variedades Hamilim, Valencia y Pera injertadas en Rangpur (*Citrus limonia* (L.) Osbeck, 1765) y Citrumelo 'Swingle' (*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan, 1830 x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf., 1838). Se usaron 12 plantas (repeticiones) por hospedero siguiendo el método desarrollado por Alves *et al.* (2014). Dos parejas de *D. citri* de 15 días de edad fueron colocadas en cada hospedero. Las plantas fueron cubiertas por una jaula individual confeccionada con tejido de organza (30 x 35 cm diámetro y largo). Después de 24 h individualmente, los insectos se retiraron de la plántula con un aspirador bucal y los huevos se cuantificaron con un microscopio estereoscópico binocular (NSZ 606T/ LED 200x, Coleman, Brasil).

Se hizo un seguimiento diario a las plantas con el fin de evaluar la duración de las etapas de desarrollo de *D. citri* (huevos, ninfas y ciclo biológico), la fertilidad de los huevos, la supervivencia y la proporción de sexos. Todas las evaluaciones se realizaron en las mañanas (9:00-12:00 m). Este experimento se llevó a cabo dentro de un laboratorio climatizado, con temperatura de 27 ± 1 °C, 60 ± 10 % de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad.

Parámetros poblacionales y reproductivos. Para la elaboración de las tablas de vida y la obtención de los parámetros reproductivos de *D. citri*, se evaluaron los porta-injertos Rangpur, Citrumelo 'Swingle' y dos combinaciones copa de naranja/ porta-injertos: naranja Valencia/Rangpur y Valencia/Citrumelo 'Swingle'. El experimento se realizó dentro de un laboratorio con una temperatura de 25 ± 2 °C, humedad relativa de 60 ± 10 % y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad. Las plantas se podaron a una altura de 20 cm para los porta-injertos s y 40 cm para las plantas injertadas. Se utilizaron 20 plantas (repeticiones) por hospedero y cada planta fue infestada con una pareja de adultos de *D. citri*, con 8-12 h de emergencia. Las plantas junto con la pareja de *D. citri* se cubrieron con una jaula individual (30 cm de diámetro y 35 cm de largo) confeccionada con malla anti-insectos. Las plantas se revisaron cada tres días, con la ayuda del microscopio estereoscópico, con el fin de evaluar la presencia de huevos y contabilizarlos. En seguida, la pareja de *D. citri* se trasladaba a una nueva planta con brotes, en donde el conteo de huevos se hizo a los tres días y este procedimiento se repitió hasta la muerte de la hembra. En el caso en que se observaba la muerte del macho de *D. citri*, éste fue sustituido por otro joven para garantizar la presencia de la pareja durante todo el estudio. Las plantas con huevos se evaluaron diariamente hasta la eclosión de las ninfas. Además, con el fin de reducir el número de plantas requeridas, aquellas en donde se observó la eclosión de las ninfas no se descartaron, sino que se reutilizaron dentro del experimento, luego de una poda para estimular una nueva brotación y garantizar que estuvieran libres de insectos.

Para calcular la longevidad los adultos fueron evaluados desde la emergencia hasta la muerte del último individuo

(Rabinovich 1978, 1980; Begon *et al.* 1988). Con los datos de fecundidad, longevidad y ciclo de vida de *D. citri*, se construyó una tabla de vida para cada uno de los cuatro tratamientos y se calcularon los parámetros poblacionales como se describen a continuación: x = edad por unidad de tiempo (días), N_x = total de individuos observados al comienzo de cada etapa, l_x = proporción de supervivientes a la edad de inicio (N_x / N_0), d_x = número de muertes entre las edades (l_x / l_{x+1}), q_x = tasa de mortalidad (d_x / l_x), L_x = individuos que viven entre l_x / l_{x+1} , T_x = tiempo restante a la altura de la muerte (L_x revertir Σ), e_x = esperanza de vida (T_x / l_x), m_x = número de individuos producidos por unidad de tiempo. Para la construcción de la tabla de vida de fertilidad se seleccionó un intervalo de tres días y se calcularon los siguientes parámetros: tasa reproductiva neta $R_0 = \Sigma l_x m_x$, tiempo medio de generación $T = \Sigma x l_x m_x / R_0$, tasa intrínseca de crecimiento $\gamma_m = \ln R_0 / T$, $\gamma_m = \ln R_0 / T$, y tiempo de doblaje $D_t = \ln 2 / \gamma_m$ y la tasa infinita de incremento natural λ (Southwood y Henderson 2000; Maia *et al.* 2000). Así mismo, se calcularon otros parámetros como el períodos de pre-oviposición, de oviposición, oviposición total y longevidad de hembras y machos para cada uno de los cuatros tratamientos.

Análisis estadístico. Todos los análisis estadísticos se hicieron con el programa estadístico SAS (SAS Institute Inc. 2012). Los experimentos fueron analizados mediante un diseño experimental completamente al azar, donde cada genotipo estudiado fue considerado un tratamiento. Los datos fueron transformados para reunir las condiciones de normalidad y homogeneidad de varianzas. Los datos de viabilidad de huevos fueron transformados mediante la raíz cuadrada del arco-seno ($b = 2\pi * \arccoseno(\sqrt{x})$) y las medias para estos datos se compararon usando ANOVA de un factor (tratamiento); pruebas de diferencia de medias se hicieron usando el test - t student ($\alpha = 0,05$) para los porta-injertos s y la prueba post-hoc Tukey HSD ($\alpha = 0,05$) para las variedades injertadas. Los datos de fecundidad promedio fueron transformados mediante el logaritmo ($\log_{10}(x + 1)$) y las medias para estos datos se compararon empleando prueba post-hoc Tukey HSD ($\alpha = 0,05$). Los parámetros poblacionales se basaron en datos de fecundidad y longevidad y se calcularon mediante la técnica Jackknife, mediante el uso de una plataforma de SAS para estimar parámetros de la tabla de vida (Maia *et al.* 2000). La relación entre la fecundidad total con períodos de pre-oviposición, la oviposición y la longevidad se llevó a cabo mediante análisis de correlación lineal de Pearson.

Resultados y discusión

Biología de *Diaphorina citri* en los porta-injertos Rangpur y Citrumelo 'Swingle'. La duración de todos los estados de desarrollo de *D. citri* fue mayor en Citrumelo 'Swingle' comparado con Rangpur (Tabla 1). La especie necesitó 17,54 días para completar su ciclo biológico en Citrumelo 'Swingle' y 16,13 días en Rangpur. Estos resultados indican que la duración de los estados de desarrollo del insecto varía dependiendo de la planta hospedera, lo cual coincide con resultados obtenidos por Teck *et al.* (2011), quienes mostraron diferencias significativas en la duración del ciclo de vida de este insecto en los tres hospederos estudiados (*Murraya paniculata*, *Citrus reticulata* y *M. koenigii*). Sin embargo, otros autores han mostrado que hospederos como *C. limonia*, *C. sunki* y *M. paniculata* no afectaron la dura-

Tabla 1. Media (\pm desviación estándar) de la duración del desarrollo de *Diaphorina citri* criada en diferentes hospederos.

Hospederos	N	Duración (días) (media \pm desviación estándar)		
		Huevo	Ninfas	Huevo- Adulto
Citrumelo 'Swingle'	12	4,27 \pm 0,28 a	13,45 \pm 0,33 a	17,54 \pm 0,49 a
Rangpur	12	3,75 \pm 0,43 b	12,48 \pm 0,72 b	16,13 \pm 0,62 b
t		5,717	10,540	8,341
gl		22	22	22
P		< 0,01	< 0,01	< 0,01

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad ($P < 0,05$). Temperatura 27 ± 1 °C, 60 ± 10 % de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad. Dentro de cada columna, medias seguidas por las letras diferentes difieren estadísticamente para la prueba t-Student ($P > 0,05$).

ción de las fases de huevo, ninfa y ciclo biológico de *D. citri* (Nava *et al.* 2007).

Las diferencias entre estos resultados pueden ser atribuidas a las diferencias en las metodologías utilizadas por los autores, principalmente, en cuanto a la edad de las plantas y también a la cantidad y tamaño de los brotes foliares usados para la alimentación de los insectos. La mayor tasa de viabilidad de huevos (82,56 %) y de viabilidad desde el estadio de huevo hasta el estadio de adulto (70,27 %) para *D. citri* fueron observadas sobre el tratamiento Rangpur, siendo significativamente diferente de los resultados obtenidos en el tratamiento Citrumelo 'Swingle' (Tabla 2).

Autores como Westbrook *et al.* (2011) y Borgoni *et al.* (2014), reportan en *P. trifoliata* y en algunos de sus híbridos, incluido Citrumelo Swingle la existencia de una resistencia parcial a *D. citri*. Borgoni *et al.* (2014), en cuanto a la oviposición, reportan que *P. trifoliata* 'Rubidoux' tiene una resistencia del tipo de antixenosis frente *D. citri*. El mecanismo funcional de esta resistencia está relacionado con un conjunto de características que hacen que la planta sea menos atrayente para el insecto. Estos autores no descartan la posible presencia de resistencia tipo antibiosis en algunos de estos genotipos.

Nuestros resultados muestran que la planta hospedera puede influir sobre la viabilidad de los estados de desarrollo de este insecto. Otros estudios también muestran diferencias en la viabilidad de *D. citri* cuando es criada en diferentes hospederos. Tsai y Liu (2000) observaron una mayor viabilidad promedio (84,5 %) cuando los insectos se alimentaron de *Citrus paradisi* Macfadyen que cuando lo hicieron sobre *C. aurantium* L. (68,5 %). De la misma manera, Nava *et al.* (2007) observaron que la viabilidad del insecto entre los hospederos estudiados fue menor sobre *Citrus sunki* [Hayata], con una sobrevivencia en la fase de ninfa de apenas 44,6 %.

La proporción de sexos también fue influenciada significativamente por el hospedero (Tabla 2), presentando el mayor valor en Rangpur (0,62). Los valores de proporción de sexos por encima de 0,5 muestran que las hembras predominaron en todos los hospederos, evidenciando la alta capacidad reproductiva de *D. citri*. Alves *et al.* (2014) también verificaron la predominancia de hembras en todos los hospederos evaluados, a pesar de que no se hallaron diferencias significativas en la proporción de sexos de los insectos entre los genotipos estudiados.

Biología de *Diaphorina citri* en diferentes combinaciones de porta-injertos y copas de naranjas. La duración del estado embrionario fue menor en la combinación Pera/Rangpur difiriendo significativamente de Hamilim/Citrumelo 'Swingle' que presentó la mayor duración para esta fase. También fueron observadas diferencias significativas en la duración de la fase de ninfa y la duración total del ciclo de vida del insecto cuando estos fueron alimentados en los diferentes hospederos. El ciclo total, desde huevo hasta adulto, de *D. citri*, fue mayor en la combinación Hamilim/Citrumelo 'Swingle' (16,76 días), difiriendo significativamente de la duración del insecto criado en naranja Valencia y Pera independientemente del porta-injertos utilizado.

Cuando se compara la duración de las fases del desarrollo de *D. citri* en las diferentes combinaciones de copa/porta-injerto, se observó que en la combinación Hamilim/C. 'Swingle', el insecto necesitó de mayor tiempo para completar todos sus estados de desarrollo, diferenciándose de manera significativa con los períodos de duración del ciclo biológico y del estado de ninfa para las combinaciones de las variedades Pera y Valencia, en cuanto a la duración del estado de huevo fueron observadas diferencias significativas para la combinación Pera/ Rangpur (Tabla 3).

Tabla 2. Media (\pm desviación estándar) de sobrevivencia y proporción de sexos de *Diaphorina citri* criados en diferentes hospederos.

Hospederos	N	Proporción de sexos *	Viabilidad**	Fertilidad*
Rangpur	12	0,62 \pm 0,05 a	70,27 \pm 6,96 a	82,56 \pm 4,47 a
Citrumelo 'Swingle'	12	0,55 \pm 0,07 b	58,97 \pm 9,28 b	75,34 \pm 6,56 b
t		5,105	3,627	7,353
gl		22	22	22
P		0,0117*	0,0377*	0,00229*

* Significativo a nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0,05$) para la prueba de Tukey HSD. Temperatura 27 ± 1 °C, 60 ± 10 % de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad. Dentro de cada columna, medias seguidas por las letras diferentes difieren estadísticamente para la prueba t-Student ($P > 0,05$).

Tabla 3. Media (\pm desviación estándar) da duración do desarrollo de *Diaphorina citri* criadas en diferentes copas sobre porta-injertos s Rangpur y Citrumelo ‘Swingle’ en condiciones controladas.

Copa/porta-injertos	N	Duración (días)		
		Huevos	Ninfas	Ciclo biológico (huevo-adulto)
Hamilim/C. ‘Swingle’	12	4,52 \pm 0,473a	12,25 \pm 0,76 a	16,76 \pm 0,42 a
Hamilim/Rangpur	12	4,33 \pm 0,44 ab	12,08 \pm 0,75 ab	16,37 \pm 0,45 a
Valencia/C. ‘Swingle’	12	4,25 \pm 0,45 ab	11,20 \pm 0,78 c	15,12 \pm 0,84 b
Pera/C. ‘Swingle’	12	4,16 \pm 0,29ab	11,33 \pm 0,41 bc	15,50 \pm 0,52 b
Valencia/Rangpur	12	4,14 \pm 0,41 ab	10,28 \pm 0,93 d	14,90 \pm 0,93 b
Pera/Rangpur	12	3,91 \pm 0,59 b	11,16 \pm 0,37 c	15,09 \pm 0,79 b
F		2,37	12,38	14,31
gl		5,66	5,66	5,66
P		< 0,01	< 0,01	< 0,01

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0,05$) para la prueba de Tukey HSD. Médias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente. Temperatura 27 \pm 1 °C, 60 \pm 10 % de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad.

Para completar los estados de huevo y ninfa, *D. citri* requirió un mayor tiempo en la combinación Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’. En contraste, la duración del estado embrionario fue menor en la combinación Pera/Rangpur (Tabla 3). Así mismo, la duración total del ciclo de vida de *D. citri*, de huevo a adulto fue mayor en la combinación Hamilim/C. ‘Swingle’ (16,76 días), difiriendo significativamente de los valores obtenidos en la variedad Valencia independientemente del porta-injertos utilizado.

El intervalo total de viabilidad de los huevos fue de 82,03 a 78,96 %, siendo mayor en Valencia/Rangpur, con diferencias significativas para los valores en Valencia/Citrumelo ‘Swingle’ y Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’ (Tabla 4). Con respecto a la viabilidad de huevo a adulto, se observó que la combinación Pera/Rangpur fue la combinación donde *D. citri* tuvo la mayor supervivencia (71,07 %), con diferencias significativas cuando los insectos fueron criados en Valencia/Citrumelo ‘Swingle’, Hamilim /Rangpur y Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’ (Tabla 4).

Los insectos que fueron criados en naranja Hamilim injertada en Citrumelo ‘Swingle’ presentaron los menores valores de viabilidad de huevos y para el periodo de huevo a adulto (Tabla 4). Los resultados muestran que esta combinación, fue

la que menos favoreció el desarrollo y la reproducción de *D. citri* y son semejantes a los registrados por Alves *et al.* (2014). Estos autores encontraron que la naranja Hamilim fue el tratamiento que menos favorecía el desarrollo y la viabilidad de *D. citri*. Además, Souza *et al.* (2012) destacaron que las diferencias en el tiempo de desarrollo de *D. citri* y la viabilidad en diferentes variedades pueden estar relacionadas con la concentración de nitrato en la savia da planta. Estos autores observaron diferencias mayores al 20 % en el contenido de nitrato en la savia de la naranja Hamilim en comparación con la de naranja Valencia. Otros autores, Teck *et al.* (2011), también sugieren las diferencias encontradas con respecto a la duración de las fases de desarrollo de *D. citri* pueden estar relacionadas con la calidad nutricional de la planta hospedera, principalmente en la calidad de la savia y la concentración de aminoácidos disponibles. Las diferencias en la sobrevivencia y el desarrollo de los insectos también pueden ser causadas por la ingestión de compuestos tóxicos y/o por la insuficiencia nutricional de la planta hospedero (Vendramim y Guzzo 2012).

La proporción de sexos de *D. citri* presentó diferencias significativas entre los hospederos. La combinación que más

Tabla 4. Media (\pm desviación estándar) de viabilidad (%) y la razón sexual (RS) de *D. citri* criados en diferentes hospederos.

Hospederos	N	Proporción sexos*	Viabilidad (%)*	
			Huevos	Huevos- adultos
Pera/Rangpur	12	0,65 \pm 0,03 a	81,69 \pm 5,40 a	71, 07 \pm 6,05 a
Hamilim /Rangpur	12	0,64 \pm 0,05 ab	78,96 \pm 7,60 abc	62,93 \pm 7,91 bc
Valencia/Rangpur	12	0,59 \pm 0,06 b	82,03 \pm 4,27 a	66,11 \pm 6,10 ab
Pera/Citrumelo ‘Swingle’	12	0,59 \pm 0,06 b	79,92 \pm 4,10 ab	64,52 \pm 7,06 ab
Valencia/Citrumelo ‘Swingle’	12	0,50 \pm 0,05 c	74,73 \pm 4,81 bc	60,53 \pm 5,20 bc
Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’	12	0, 48 \pm 0,06 c	73,66 \pm 4,18 c	56,16 \pm 6,50 c
F		23,95	5,534	7,22
gl		5,66	5,66	5,66
P		< 0,01	< 0,01	< 0,01

* Significativo al nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0,05$) para la prueba de Tukey HSD. Médias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente. Temperatura 27 \pm 1 °C, 60 \pm 10 % de humedad relativa (HR) y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad.

favoreció la emergencia de las hembras fue Pera/Rangpur, lo que influyó a su vez en el incremento de la tasa neta de reproducción (R_0) de *D. citri* en este hospedero. Para la combinación Hamilim/Citrumelo 'Swingle', se observaron valores de la proporción de sexos, inferiores a 0,5, lo que indicó que este hospedero disminuyó la emergencia de hembras (Tabla 4).

Longevidad y fecundidad de los adultos de *Diaphorina citri*. Los valores de la longevidad media de las hembras presentaron diferencias significativas ($F = 6,32$; $gl = 3,76$; $P < 0,01$) entre los hospederos evaluados. La menor longevidad media de la hembra de *D. citri* fue observada en Citrumelo 'Swingle' (34,25 días), diferenciándose significativamente de los valores de longevidad obtenidos para las hembras de *D. citri* en los otros tratamientos (Fig. 1). Tsai y Liu (2000) observaron que los valores medios de longevidad de *D. citri* fueron de 39,7 días a 25 °C en *M. paniculata*. Además, otro estudio sobre la longevidad media de los adultos fue obtenida por Chavan y Summanwar (1993) en limón mexicano, *Citrus aurantifolia* (Christm.), en donde se observó una longevidad aproximada de 20 días en el verano y 190 días para la época de invierno. Similarmente, Fung y Chen (2006) observaron que la longevidad de adultos de *D. citri* sobre *M. paniculata* se afecta por cambios en la temperatura, con reducción de un 50 % cuando la temperatura aumentaba desde los 20 °C hasta los 28 °C.

El mayor periodo de pre-oviposición fue observado en Citrumelo 'Swingle' (14,10 días), con diferencias significativas respecto a los otros hospederos evaluados ($F = 8,07$; $gl = 3,76$; $P < 0,01$).

Para el periodo de oviposición se observaron diferencias significativas ($F = 8,92$; $gl = 3,76$; $P < 0,01$), en las combinaciones Valencia/Rangpur y Valencia/Citrumelo 'Swingle', donde la naranja Valencia injertada en Citrumelo 'Swingle', *D. citri* presentó un periodo de oviposición más corto. De los hospederos evaluados, Citrumelo 'Swingle' es el hospedero que menos favoreció la reproducción de *D. citri*, observándose en él periodo de pre-oviposición más largo y de oviposición más corto (Fig. 2), así como la menor oviposición y una tasa

líquida de reproducción menor que 100, sugiriendo que entre los hospederos evaluados este hospedero es el menos indicado para la reproducción de *D. citri*.

La media del periodo de pre-oviposición en el presente estudio fue superior a los diez días en todos los hospederos evaluados lo cual concuerda con lo encontrado por Nava *et al.* (2007), quienes obtuvieron valores cercanos a los diez días para el periodo de pre-oviposición en todos los hospederos analizados. En contraste, Alves *et al.* (2014) registraron valores menores para el periodo de pre-oviposición que los encontrados en este trabajo, y que para los registrados por Nava *et al.* (2007). Alves *et al.* (2014) atribuían estas diferencias a la presencia o ausencia de brotes nuevos y/o de hojas maduras en los hospederos usados en los experimentos, ya que según los trabajos de Uechi y Iwanami (2012), la presencia de brotes nuevos favorece a la maduración de los ovarios de *D. citri*.

La fecundidad promedio (huevo/hembra de *D. citri*) fue significativamente diferente entre los hospederos evaluados ($F = 3,601$; $gl = 3,76$; $P < 0,01$), siendo Rangpur el hospedero donde *D. citri* presentó mayores valores de la fecundidad (254,15 huevos). Los menores valores de fecundidad se observaron en copa de Valencia injertada en Citrumelo Swingle, pero sin diferencias significativas con la combinación Valencia/Rangpur (Fig. 3). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Borgoni *et al.* (2014), quienes encontraron que Citrumelo Swingle presentó la viabilidad más baja de los huevos y una reducción en la fecundidad de las hembras criadas sobre este hospedero.

El valor promedio de huevos por hembra obtenido en todos los hospederos estuvo dentro del intervalo de 185 a 300 huevos/hembra encontrado por Pande (1971). Nava *et al.* (2007) mostraron diferencias significativas en la fecundidad media de las hembras de *D. citri* y reportaron medias de oviposición en Rangpur de 265,1 huevos/hembra, valores semejantes a lo obtenido en este trabajo. Tsai y Liu (2000) sugieren que las variaciones en la fecundidad y la longevidad de este insecto están influenciadas por los hospederos, así como también por los biotipos de *D. citri*.

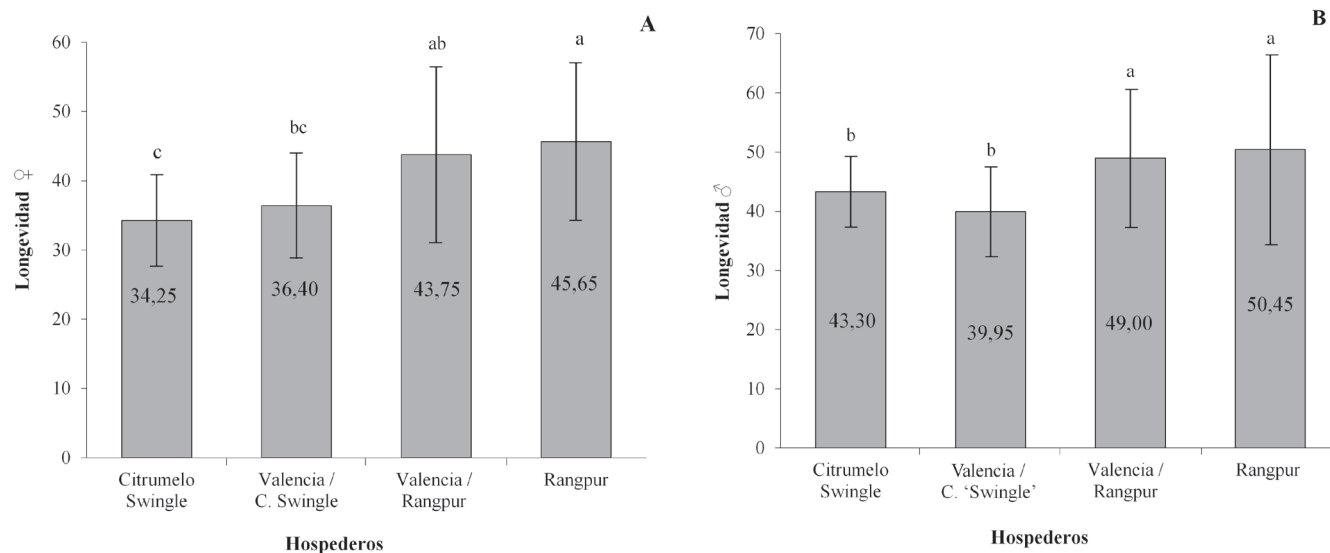


Figura 1. Longevidad media (días) de (A) hembras ($L_{\text{♀}}$) y (B) machos ($L_{\text{♂}}$) de *Diaphorina citri* criados en diferentes hospederos. Temperatura de 25 ± 2 °C, 60 ± 10 % de humedad relativa (HR), y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad. Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí (Prueba de Tukey, $P > 0,05$).

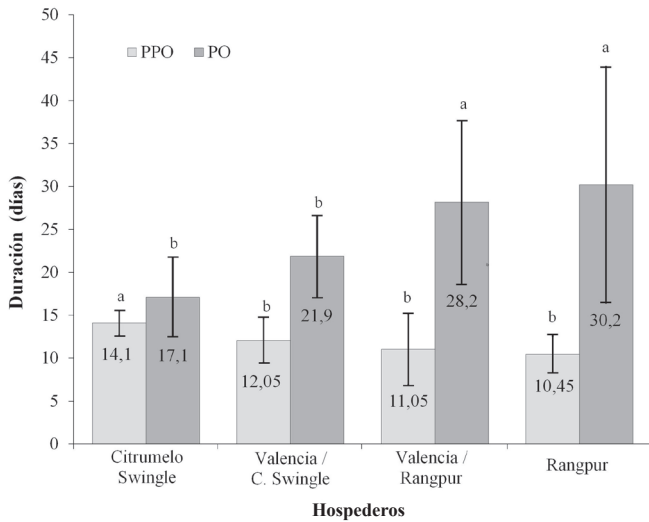


Figura 2. Duración de los periodos de pre-oviposición (PPO) y del periodo de oviposición (PO) de *D. citri* criados en diferentes hospederos. Temperatura de 25 ± 2 °C, 60 ± 10 % de humedad relativa (HR), y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad. Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí (Prueba de Tukey, $P > 0,05$).

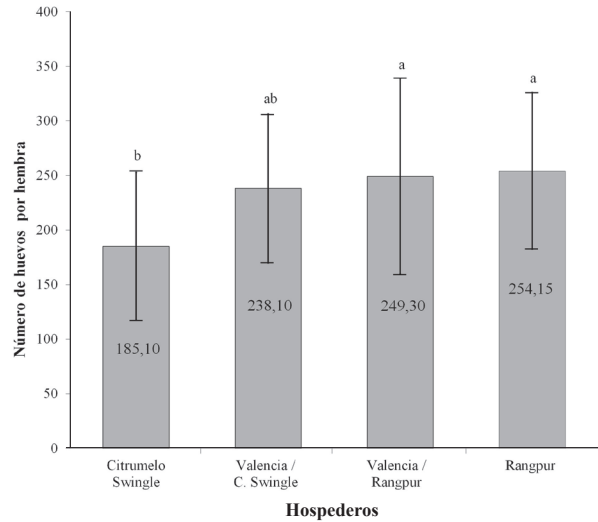


Figura 3. Media de oviposición de *D. citri* en diferentes hospederos. Temperatura de 25 ± 2 °C, 60 ± 10 % de humedad relativa (HR), y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad. Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí (Prueba de Tukey, $P > 0,05$).

Oviposición y curva de supervivencia de *Diaphorina citri*,

La figura 4 muestra el comportamiento de la oviposición de *D. citri* y la curva de supervivencia de *D. citri* en cada hospedero. El pico de oviposición se alcanzó entre los 27 y los 33 días a partir del inicio de la oviposición (Fig. 4). De acuerdo con los principales tipos de curvas de supervivencia que son

propuestos en la literatura, la curva obtenida para *D. citri*, en las condiciones de este experimento, se asemeja una curva de tipo I (Fig. 4), caracterizada porque la mayor mortalidad natural ocurre en los individuos más viejos de la población (Southwood y Henderson 2000; Rabinovich 1978). Durante la época de reproducción, no se observó mortalidad durante

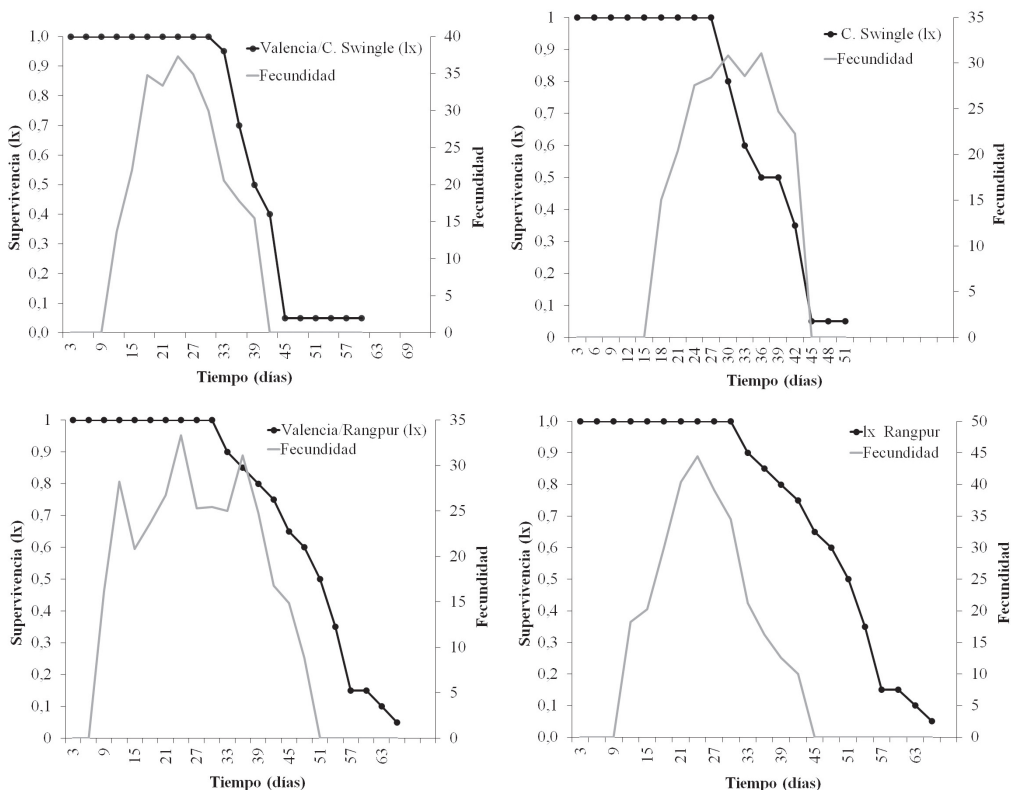


Figura 4. Oviposición y curva de supervivencia de *Diaphorina citri* criadas en diferentes hospederos. Temperatura de 25 ± 2 °C, 60 ± 10 % de humedad relativa (HR), y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad.

Tabla 5. Correlación de la fecundidad (Pearson) total de *Diaphorina citri* con periodos de pre-oviposición, oviposición y longevidad.

Factor de correlación	PO	LF	LM	Fecundidad total
Periodo de pre-oviposición (PPO)	-0,38189**	-0,20516	-0,10846	0,10269
Periodo de oviposición (PO)	1,00	0,77979**	0,66518**	0,39011**

Para cada variable analizada en la primera fila se presentan los valores del índice de correlación (*r*). Valores de *r* en itálicas corresponden a correlaciones estadísticamente significativas. (**): Altamente significativo ($P \leq 0,01$). Longevidad de la hembra (LF); Longevidad del macho (LM).

los primeros 12 días y a partir de este día comienzan a morir con un porcentaje muy bajo.

Palomares-Pérez *et al.* (2015) obtuvieron una curva de sobrevivencia tipo II para las poblaciones de *D. citri* en el verano, pero en ella se incluyeron los datos de los estados inmaduros de *D. citri*, resultados que difieren del presente trabajo, en donde solamente se incluyeron los datos de los insectos adultos. Para las poblaciones observadas durante la época de invierno, los autores describieron una curva de sobrevivencia de tipo IV, donde la mortalidad de las primeras fases de desarrollo se mantuvo relativamente constante. Rabinovich (1980) plantea que la curva tipo II afecta fundamentalmente a individuos jóvenes de una población.

Correlación de la fecundidad total con periodos de pre-oviposición, oviposición y longevidad. La fecundidad total de las hembras (oviposición total) presentó una correlación positiva y significativa con la longevidad y con el período de oviposición. El período de pre-oviposición estuvo correlacionado de forma negativa con el período de oviposición, mostrando que las hembras que tienen un mayor período de pre-oviposición, tenían el menor período de oviposición. Sin embargo, no se observó correlación significativa del período de pre-oviposición con la longevidad (Tabla 5). Estos resultados difieren de los resultados obtenidos por Ma y Wang (2001) en China, quienes observaron que hembras con un período de pre-oviposición más corto presentaban menor longevidad.

Parámetros poblacionales. Utilizando la tabla de vida de fertilidad, fue posible determinar el potencial de crecimiento de *D. citri* en diferentes hospederos. La mayor tasa neta de reproducción (R_0) fue obtenida en Rangpur (160,57), este valor indica que el insecto puede incrementar su población en 160,57 hembras en cada generación cuando es mantenido en este hospedero. Los valores de la tasa neta de reproducción (R_0) presentaron diferencias significativas entre los tratamientos Valencia/Citrumelo 'Swingle' y Valencia/ Rangpur (Tabla 6), sugiriendo que el porta-injertos podría estar influenciando en este parámetro. Los valores R_0 alcanzaron valores mayores

a 100 en los tratamientos Valencia/Citrumelo 'Swingle', Valencia/ Rangpur y Rangpur, indicando un crecimiento de la población en esos tratamientos, según consideraciones teóricas de Southwood y Henderson (2000) y Rabinovich (1980). En contraste, el valor R_0 en el tratamiento Citrumelo 'Swingle' fue el menor al resto de hospederos, lo que sugiere que este hospedero es menos favorable para la reproducción de *D. citri*. El tiempo medio de una generación (T) de *D. citri* fue menor en Rangpur (31,54 días) y en Valencia injertada en Rangpur (31,89 días), diferenciándose de los tratamientos Citrumelo 'Swingle' y de naranja Valencia injertada en Citrumelo 'Swingle' (Tabla 6).

Los valores de lambda (λ) fueron superiores a la unidad en todos los hospederos, lo que implica un crecimiento de población. En Citrumelo 'Swingle' fue donde la población tuvo el menor crecimiento, encontrándose el menor valor de lambda (Tabla 6). El tiempo mínimo para duplicar la población fue de 4,56 días en Valencia/Rangpur y el tiempo máximo de 5,46 días en Citrumelo 'Swingle'. En estudios realizados por Liu y Tsai (2000) en Florida, EUA, se obtuvieron menores tiempos de duplicación para poblaciones de *D. citri*, con un valor de 3,5 días a una temperatura de 28 °C. En general, los parámetros poblacionales en condiciones controladas representan el potencial reproductivo de una especie para enfrentar el ambiente y, por tanto, constituyen elementos básicos para la interpretación dinámica de una población (Rabinovich 1980).

Conclusiones

Los porta-injertos estudiados influyeron en los parámetros poblacionales y reproductivos de *D. citri*, especialmente los parámetros relacionados con el período de oviposición y la fecundidad. El menor tiempo para completar el ciclo biológico de *D. citri* fue de 15,08 días en la combinación Pera/ Rangpur. El limón Rangpur y la combinación Valencia/Rangpur fueron los hospederos que favorecieron la reproducción de *D. citri*, con los más altos valores de tasa neta de reproducción de 160,57 y 126,7, respectivamente. La mayor tasa intrínseca de crecimiento fue obtenida en Valencia/Rangpur (0,1517).

Tabla 6. Parámetros poblacionales de *D. citri* criados en diferentes hospederos en condiciones controladas. Temperatura 25 ± 2 °C, Humedad relativa (HR) 70 ± 10 % y fotoperiodo de 14: 10 h luz: oscuridad.

Hospederos	Parámetros				
	R_0	T(G)	r_m	λ	DT
Citrumelo 'Swingle'	93,27a*	35,78a**	0,1268b*	1,135b*	5,46a*
Valencia/Citrumelo 'Swingle'	114,65b*	34,54c**	0,1396a*	1,149a*	4,95b*
Valencia/ Rangpur	126,7c**	31,89b**	0,1517c**	1,163ac**	4,56b**
Rangpur	160,57d**	31,54b**	0,1469d**	1,158d**	4,71b**

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$) y * significativo al nivel de 5 % de probabilidad ($P \leq 0,05$). En las columnas las medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente para la prueba t-Student.

Citrumelo 'Swingle' y Hamilim/ Citrumelo 'Swingle' fueron los tratamientos que afectaron el desarrollo y reproducción de *D. citri*, con los menores valores de supervivencia en la combinación Hamilim/Citrumelo 'Swingle' de 56,16 %. La longevidad de la hembra (0,23440; P = 0,03649) se correlacionó de forma positiva y significativa con la oviposición total. Las plantas hospederas estudiadas mostraron tener efecto sobre el desarrollo, longevidad y la reproducción de *D. citri*. Estos estudios son importantes en la búsqueda de genotipos o combinaciones de porta-injertos y copas de interés comercial, que sean poco favorables a desarrollo de *D. citri*, para disminuir la población del insecto vector y en consecuencia la propagación de la enfermedad.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Agencia de Coordinación de Perfeccionamiento del Personal a nivel superior (CAPES), del gobierno de Brasil por la concepción de la beca de doctorado. Al fondo de defensa de la citricultura brasilera "Fundecitrus" localizado en Araraquara, Sao Pablo por el suministro de especímenes de *D. citri*. A los revisores anónimos por la crítica revisión del manuscrito.

Literatura citada

- ALBRECHT, U.; BOWMAN, K. D. 2011. Tolerance of the trifoliolate citrus hybrid US-897 (*Citrus reticulata* Blanco × *Poncirus trifoliata* L. Raf.) to Huanglongbing. *HortScience* 46: 16-22.
- ALVES, G. R.; DINIZ, A. J. F.; PARRA, J. R. P. 2014. Biology of the Huanglongbing vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) on different host plants. *Journal of Economic Entomology* 107: 691-696.
- AUBERT, B. 1987. *Trioxa erythraea* (Del-Guercio) and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera, Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. *Fruits* 42: 149-162.
- BEGON, M.; HARPER, J. L., COLIN, C. R. 1988. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Editorial Omega S. A. Barcelona. 883 p.
- BELASQUE, J. JR.; YAMAMOTO, P.T.; DE MIRANDA, M.; BASSANEZI, R.; AYRES, A.; BOVÉ, J. M. 2010. Controle do Huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. *Citrus Research and Technology* 31: 53-64.
- BORGONI, P. C.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENCÃO, A. L.; MACHADO, M. A. 2014. Resistance of *Citrus* and related genera to *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Neotropical Entomology* 43 (5): 465-469.
- BOVÉ, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88: 7-37.
- CHAVAN, V. M.; SUMMANWAR, A. S. 1993. Population dynamics and aspects of the biology of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuw. in Maharashtra. In: Morales, V. P.; Fonseca, O.; Nogueira, Y.; Cabaña, W.; Ramos, F.; Escalona, E.; Rosales, C.; Cermeñi, M.; Salas, B.; Sandoval, E. 2010. Evaluación del ciclo de vida del psílido asiático de los cítricos en cinco plantas hospederas. *Agronomía Tropical* 60: 283-286.
- FERNÁNDEZ, M.; MIRANDA, I. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte II: Conducta preferencial con relación a la fenología del cultivo. *Revista de Protección Vegetal, Cuba* 20: 22-24.
- FLORES-SÁNCHEZ, J. L.; MORA-AGUILERA, G.; LOEZAKUK, E.; LÓPEZ-ARROYO, J. I.; DOMÍNGUEZ-MONGE, S.; ACEVEDO-SÁNCHEZ, G.; ROBLES-GARCÍA, P. 2015. Pérdidas en producción inducidas por *Candidatus Liberibacter asiaticus* en limón persa, en Yucatán México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (2): 195-210.
- FUNG, Y. C.; CHEN, C. N. 2006. Effects of temperature and host plant on population parameters of the citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). *Formosan Entomologia* 26: 109-123.
- GOTTWALD, T. R. 2010. Current epidemiological understanding on citrus Huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology* 48: 119-139.
- GRAFTON-CARDWELL, E. E.; STELINSKI, L. L.; STANSLY, P. A. 2013. Biology and management of Asian citrus psyllid, Vector of the Huanglongbing pathogens. *Annual Review of Entomology* 58: 413-432.
- HALBERT, S. E.; MANJUNATH, K. L. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 87: 330-353.
- HALBERT, S. E.; NUÑEZ, C. A. 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae), in the Caribbean basin. *Florida Entomologist* 87: 401-402.
- HALL, D. G.; RICHARDSON, M. L.; AMMAR, D.; HALBERT, S. 2013. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus Huanglongbing disease. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 146: 207-223.
- LIU, Y. H.; TSAI, J. H. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Annals of Applied Biology* 137: 201-206.
- LLAUGER, R.; LUÍS, M.; COLLAZO, C.; GONZÁLEZ, C.; PEÑA, I.; LÓPEZ, D.; BATISTA, L.; CUETO, J. 2008. Huanglongbing (ex-greening) y su vector en la citricultura cubana. *Naranja, Cordeirópolis* 29: 7-22.
- MA, X.; WANG, Z. 2001. Occurrence and population dynamics of citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, and its control measures. *Zhejiang Citrus* 18: 26-28.
- MAIA, A. DE H. N.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93: 511-518.
- MEAD, F. W. 1977. The Asiatic citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Division of Plant Industry. Circular No. 180. 4 p.
- MEAD, F. W.; FASULO, T. R. 2010. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae). FDACS/DPI Entomology. Circular 180. University of Florida, Gainesville, FL.
- NAVA, D. E.; TORRES, M. L. G.; RODRIGUES, M. D. L.; BENTO, J. M. S.; PARRA, J. R. P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology* 131: 709-715.
- PADULLA, L. F. 2007. Estudo de fungos entomopatogênicos para o controle de ninfas do psílido *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Mestre em Ciências Agrícolas. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, São Paulo. Brasil. 91 p.
- PALOMARES-PÉREZ, M.; CÓRDOBA, E. G.; SÁNCHEZ, J. A.; MEDINA, N. I.; HERNÁNDEZ, R.; PÉREZ, V. H.; ARREDONDO, H. C. 2015. Aspectos biológicos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones no controladas en invernadero. *Revista Colombiana de Entomología* 41: 228-234.
- PANDE, Y. D. 1971. Biology of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera: Psyllidae). *Israel Journal of Entomology* 6 (2): 307-311.
- PARRA, J. R. P.; LOPES, J. R. S.; TORRES, M. L. G.; NAVA, D. E.; PAIVA, P. E. B. 2010. Bioecología do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. *Citrus Research & Technology* 31 (1): 37-51.
- PÉREZ-ARTELES, L.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C.; HERNÁNDEZ-ESPINOSA, D.; RODRÍGUEZ-TAPIA, J. L.; FER-

- NÁNDEZ-ARGUDIN, M. 2011. Ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera : Psyllidae) en *Citrus aurantifolia* L. y *Murraya paniculata* (L.) Jack en condiciones de laboratorio. *CitriFrut*, Cuba 28 (2): 12-18.
- QURESHI, J. A.; ROGERS, M. E.; HALL, D. G.; STANSLY, P. A. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* 102: 247-256.
- RABINOVICH, J. E. 1978. Ecología de poblaciones animales. Serie de Monografías Científicas. OEA (Organización de los Estados Americanos). Washington, EEUU. 114 p.
- RABINOVICH, J. E. 1980. Introducción a la Ecología de Poblaciones Animales. Compañía Editorial Continental S.A., México, D. F. 313 p.
- SAS INSTITUTE INC. 2012. SAS procedures guide, versión 9.3. SAS. Institute Inc., Cary, NC.
- SOUTHWOOD, R.; HENDERSON, P. A. 2000. Ecological Methods. Third Edition. Blackwell Publishing Ltd. 575 p.
- SOUZA, T. R.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C. 2012. Nutrientes na seiva de plantas cítricas fertirrigadas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34: 482-492.
- TECK, S.; FATIMAH, A.; BEATTIE, A. 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: 536-543.
- TEIXEIRA, D. C.; WULFF, N. A.; MARTINS, E. C.; KITAJIMA, E.W.; BASSANEZI, R.; AYRES, A.J.; EVEILLARD, S. SAILLARD, C. ; BOVÉ, J. M. 2008. A phytoplasma closely related to the pigeon pea witches'-broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in the state of São Paulo, Brazil. *Phytopathology* 98 (9): 977-984.
- TSAI, J. H.; PARRA, Y. H. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology* 93: 1721-1725.
- TSAI, J. H.; WANG, J.-J.; LIU, Y.-H. 2002. Seasonal abundance of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist* 85: 446-451.
- UECHI, N.; IWANAMI, T. 2012. Comparison of the ovarian development in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in relation to the leaf age of orange jasmine, *Murraya paniculata* (L.) Jack. *Bulletin of the NARO Institute of Fruit Tree Science* 13: 39-42.
- VENDRAMIM, J. D.; E. C. GUZZO. 2012. Plant resistance and insect bioecology and nutrition, pp. 657-686. En: Panizzi, A. R.; Parra, J. R. P. (Eds.). *Insect bioecology and nutrition for integrated pest management*. CRC, Boca Raton, FL.
- WESTBROOK, C. J.; HALL, D. G.; STOVER, E.; DUAN, Y. P.; LEE, R. F. 2011. Colonization of *Citrus* and *Citrus*-related germplasm by *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *HortScience* 46 (7): 997-1005.

Recibido: 3-feb-2016 • Aceptado: 14-jun-2017

Citación sugerida:

PÉREZ-ARTILES, L.; BUSOLI, A. C.; SOTELO, P. A.; ARCILA, A. M. 2017. Biología y parámetros reproductivos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en diferentes hospederos de Rutaceae. *Revista Colombiana de Entomología* 43 (2): 141-150. Julio - Diciembre 2017. ISSN 0120-0488.