

Rev. FCA UNCUYO. 2014. 46(1): 1-14. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

Variaciones numéricas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Sternorrhyncha: Psyllidae) y del Ectoparasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en una plantación de naranjos de Entre Ríos, Argentina

Numerical variations of *Diaphorina citri* Kuwayama (Sternorrhyncha: Psyllidae) and the Ectoparasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) in a orange grove of Entre Ríos, Argentina

Gerardo Gustavo Liljesthröm¹, Juan Pedro Raúl Bouvet²

Originales: Recepción: 17/12/2012 - Aceptación: 09/10/2013

RESUMEN

Diaphorina citri es vector de la bacteria que produce la enfermedad HLB en cítricos, una de las más destructivas. En lotes comerciales de naranja dulce en Entre Ríos se analizó la abundancia espacio-temporal de adultos de *D. citri* y del ectoparasitoide *Tamarixia radiata*. Quincenalmente y durante tres años se colectaron adultos en 10 trampas cromotrópicas y los datos obtenidos fueron relacionados con el porcentaje medio de brotación de otra plantación. El número de *D. citri*/trampa/quincena se analizó mediante Kruskal-wallis y prueba de Mantel y la respuesta de agregación de *T. radiata* mediante correlación. Ambas poblaciones exhibieron la mayor abundancia el primer año: las frecuentes aplicaciones de abamectina en el segundo y tercero provocaron una marcada reducción. Especialmente, la diferencia numérica de *D. citri* entre árboles no estuvo asociada a su cercanía pero la correlación entre ellos fue significativa. Temporalmente se evidenciaron cuatro picos de abundancia: tres asociados a brotación (invernal, primaveral y estival), y un cuarto no

ABSTRACT

Diaphorina citri is a vector of the bacterium that produces the HLB disease in citrus, one of the most destructive. In commercial plantations of sweet orange in Entre Ríos analyzed spatial-temporal abundance of *D. citri* adults and the ectoparasitoid *Tamarixia radiata*. Fortnightly and in three successive years we collected adults with 10 yellow sticky traps, and data were related to the mean shooting percentage from another plantation. The number of *D. citri*/trap/ fortnight was analyzed by Kruskal-Wallis and the Mantel test and the aggregation response of *T. radiata* by correlation. Both populations exhibited greater abundance in the first year: frequent abamectine applications in the second and third years produced a marked abundance reduction. Spatially, *D. citri* dissimilarity between trees was not associated with their distance, but correlation between the number of *D. citri*/ trap was significant. Chronologically *D. citri* exhibited four peaks of abundance associated with winter, spring and summer flush. The greater *T. radiata* abundance occurred in those trees

1 CEPAVE (CONICET CCT La Plata-UNLP) Calle 2 Nro 584, La Plata, Buenos Aires, Argentina. Email: gerardo@cepave.edu.ar
2 INTA - EEA Concordia, CC 34 (E3200AQK), Entre Ríos, Argentina.

asociado a brotación. La mayor abundancia de *T. radiata* ocurrió en los árboles con mayor abundancia de *D. citri* y hubo una significativa correlación espacial entre ambas especies. El enrollamiento anti-horario del gráfico entre *D. citri* - *T. radiata* en árboles individuales sugiere una interacción huésped- parasitoide, estructurada como poblaciones locales.

with greater *D. citri* abundance, and both species were spatially correlated. The anti clock-wise spiraling in *D. citri* - *T. radiata* diagram in single trees suggests a host- parasitoid interaction, structured as local populations.

Palabras clave

Diaphorina citri • naranja dulce • parasitoide • *Tamarixia radiata* • cítricos • Entre Ríos

Keywords

Diaphorina citri • sweet orange • parasitoid • *Tamarixia radiata* • citrus • Entre Ríos

INTRODUCCIÓN

La chicharrita de los cítricos o psílido asiático, *Diaphorina citri* Kuwayama (*Sternorrhyncha: Psyllidae*) se alimenta del floema de diversas especies de rutáceas y es considerada como plaga secundaria en cultivos de cítricos en muchos países (7, 24). No obstante, en los países donde existe la enfermedad llamada Huanglongbing (HLB) o *greening*, una de las más destructivas de los cítricos, la especie cobra gran importancia debido a que es el vector más eficiente de la bacteria que la produce: *Candidatus Liberibacter* sp. (6, 16, 23, 32, 44). En la Argentina, *D. citri* fue registrada por primera vez por Vaccaro (1994) (40) en la provincia de Entre Ríos, dispersándose por Misiones, Corrientes, Santa Fe, Chaco, Formosa, Salta y Jujuy, aunque hasta el presente no se ha registrado la enfermedad HLB (10).

El desarrollo preimaginal de *D. citri* (huevo y cinco estadios ninfales) depende de la temperatura, necesitando acumular 250°C-día (26, 27). Los adultos de *D. citri* toleran bajas temperaturas, pero las óptimas, que permiten el máximo desempeño de la especie, se sitúan entre 25°C y 28°C (19). La proporción de sexos es 1:1 (1, 20) y la máxima fecundidad, registrada sobre naranja dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), es de 800 huevos/hembra (23).

En el marco de la interacción naranjos dulces-*D. citri*-enemigos naturales, las ninfas de los últimos estadios y los adultos de *D. citri* pueden alimentarse sobre brotes y hojas expandidas, pero los brotes tiernos constituyen el único sustrato donde oviponen los adultos y el alimento exclusivo de los estadios ninfales I y II. (33). Por este motivo, la fenología de *D. citri* está íntimamente vinculada a las brotaciones de los cítricos, que en zonas templadas exhibe una principal en primavera y otra en verano, con brotaciones menores el resto del año. Además, en los inviernos benignos puede ocurrir una brotación temprana (28). Entre sus enemigos naturales se citan hongos entomopatógenos (13, 15), depredadores generalistas: especies de las familias Chrysopidae (Neuroptera), Coccinellidae (Coleoptera) y Syrphidae (Diptera) (1, 6, 13, 15, 24), y dos especies de parasitoides: el ectoparasitoide

Tamarixia radiata (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) y el endoparásitoide *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shafee, Alam & Agarwal) (Hymenoptera: Encyrtidae) que atacan los estadios ninfales N3, N4 y N5 (15, 22, 23, 28, 29). El efecto de los enemigos naturales sobre el control de *D. citri* es controversial, ya que mientras en algunos trabajos se lo estimó como importante (8, 28), en otros se lo consideró irrelevante (15, 17, 31, 39). En términos generales, los parasitoides exhiben mayor especificidad que los depredadores y además suelen ser más fáciles de criar, por lo que los convierte en candidatos para programas de control biológico, ya sea mediante liberaciones inyectivas o inundativas, siendo uno de los atributos deseables su agregación en áreas con mayor densidad de plagas (2, 25).

En la Argentina existe relativamente poca información sobre *D. citri*, considerada una plaga secundaria de los cítricos. Respecto de sus enemigos naturales, sólo se menciona la presencia ocasional de depredadores de las familias Chrysopidae, Syrphidae y Coccinellidae, así como la presencia del parasitoide *T. radiata* desde 2005 en Entre Ríos, Corrientes y Tucumán sin haber mediado una introducción intencional y programada (5, 21, 41). En la zona de estudio la plaga principal es el "minador de hojas de los cítricos", *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) que es controlado mediante aplicaciones de abamectina a una dosis de 60 cc/ha (18 g/l) con una periodicidad determinada por la densidad estimada de la plaga, y que también podría afectar negativamente a *D. citri* y al parasitoide *T. radiata*.

Objetivo

- Analizar la abundancia espacio-temporal de adultos de *D. citri* y del parasitoide *T. radiata* en un monte comercial de naranjos dulces en la provincia de Entre Ríos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del área de estudio

El área de estudio se encuentra en el establecimiento San Vicente, de Colonia La Argentina, departamento Federación (31°06'14,1" S - 058°01'01,1" O). El clima es de tipo subtropical húmedo de llanura con un promedio de precipitaciones anuales de 1300 mm y una temperatura promedio de 19,1°C y la actividad económica principal es la producción de naranjas y mandarinas (19). Se seleccionaron dos lotes de naranja dulce, variedad Valencia Late, de 1,17 ha y 1,42 ha. La plantación fue realizada en 1991 con una densidad aproximada de 400 árboles/ha: los de una misma fila dispuestos cada 3,5m y la distancia entre filas de 7m. La ubicación espacial se determinó mediante sus coordenadas medidas con un GPS Garmin Edge 500. Los árboles presentaban una altura media de 2,5 m. Los lotes tienen sistema de riego por goteo y el manejo sanitario de la plantación fue por calendario, con aplicaciones de sales de cobre como fungicida y de aceites vegetales para el control de algunas plagas.

La brotación de cítricos

Los brotes se caracterizaron según su grado de madurez y tamaño mediante una escala de 8 valores (12) y aquellos clasificados en los primeros dos valores de la escala (denominados "brotes tiernos") constituyen el único sustrato para oviponer y el recurso alimenticio exclusivo de las ninfas pequeñas de *D. citri*. Se consideró que las ninfas grandes y los adultos no están limitados en su alimentación. Los brotes tiernos que estaban presentes en cada muestra se expresaron como porcentaje respecto del total de brotes presentes, y fue estimado en una quinta ubicada en el departamento Concordia (31°22'46,73" S - 58°7'39,84" O) por personal de FRUTIC, proyecto interinstitucional que provee de información estratégica para la gestión cítrica sobre la base de un monitoreo periódico ambiental y fenológico de los cultivos cítricos y de sus principales plagas.

Para analizar el efecto de la temperatura invernal sobre la brotación temprana, se calculó el calor acumulado efectivo, expresado en °C-día, durante los meses de junio y julio. Para ello se multiplicó la duración de cada intervalo entre dos muestras sucesivas por la temperatura promedio durante el mismo, considerando una temperatura umbral de 10,5°C (30). Estos valores se correlacionaron con el porcentaje de brotes tiernos registrado en cada intervalo. El registro de temperatura media diaria fue provisto por la Estación Meteorológica de la EEA Concordia del INTA.

Muestreo de adultos de *D. citri* y *T. radiata*

El muestreo se extendió desde mediados de abril de 2006 hasta fines de abril de 2009. La unidad muestral fue la "trampa cromotrópica" o trampa adhesiva de color amarillo de 10 cm x 12 cm, que es utilizada tanto en muestreos de psílidos como de parasitoides (9, 14, 15). Cada trampa fue colocada en la periferia de la copa del árbol y a una altura aproximada de 1,70 m del suelo (8). En total se utilizaron 10 trampas (5 por lote) que se dispusieron en forma de cruz dentro del mismo. A intervalos quincenales las trampas se retiraban y se reemplazaban por otras (aproximadamente 28 muestras en cada año). En el laboratorio de la Sección Entomología de la EEA Concordia del INTA, bajo lupa binocular se cuantificó el número de adultos de *D. citri* y *T. radiata* observado en las trampas. Se registraron también, las fechas en que se hicieron aplicaciones de abamectina para el control de minador de las hojas. Para una mejor comparación entre años, las fechas se expresaron en días julianos, correspondiendo el día 1 a la primera muestra del primer año (18 de abril de 2006) y el día 1099 a la última muestra del tercer año (22 de abril de 2009).

Las diferencias entre los tres años del número total de adultos colectados de *D. citri* en cada trampa se analizó mediante la prueba H de Kruskal-Wallis, y entre pares de años mediante la prueba de comparaciones múltiples de rangos promedio, Z, ya que por las frecuentes aplicaciones de abamectina en el segundo y el tercer año, el número capturado fue prácticamente nulo en todas las trampas y ninguna transformación ensayada permitió la homocedasticidad y normalidad de los datos. Para ver si los picos de adultos de *D. citri* estaban asociados positivamente con los picos de brotación se procedió de la siguiente manera. Si en la muestra *t*-ésima hubo registros de adultos y de brotes tiernos, se supuso que cierta proporción de los mismos habrían recibido huevos durante el intervalo Δt . Esta suposición se basó en la elevada fecundidad potencial de *D. citri* y el corto período pre-reproductivo (38). Luego se calculó el calor

acumulado efectivo hasta completar los requerimientos térmicos, $RT(t)$, requeridos para el desarrollo preimaginal de *D. citri*, estimado en 250°C-día a partir del intervalo Δt (expresado en días) y en intervalos sucesivos:

$$RT(t) = \sum [(Temp(t) - 10,5) \cdot \Delta t]$$

donde:

$Temp(t)$ = representa la temperatura promedio en el intervalo Δt

10,5 = representa la temperatura umbral expresadas en $^{\circ}\text{C}$ (45).

La sumatoria se realiza desde la muestra *t-ésima* hasta la muestra $(t+n)$ -ésima en que se alcanzarían los 250°C-día . Como se supuso que la oviposición ocurrió en el medio del primer intervalo, el primer término de la sumatoria se multiplicó por $(\frac{1}{2}) \Delta t$ y la muestra $(t+n)$ -ésima en la que se consideró emergerían los adultos, fue aquella en que el valor absoluto de la diferencia entre la sumatoria y 250 fue menor. Luego, se correlacionó el porcentaje de brotes tiernos registrado en la muestra *t-ésima* (momento en que se habrían depositado huevos) pero ahora desplazado hasta la muestra $(t+n)$ -ésima en que se habría completado el desarrollo pre-imaginal con el valor observado de *D. citri* en cada muestra sin desplazamiento alguno. Espacialmente, con el fin de analizar la posibles relación entre la disimilitud en la abundancia de *D. citiri* entre árboles y la distancia entre los mismos, se aplicó la prueba de Mantel utilizando el programa PAST (18) pero sólo a los valores del primer año. Para ello se calculó la matriz de disimilitud en la abundancia de *D. citri* entre los árboles *i-ésimo* y *j-ésimo*, en la cual el elemento $D_{(i,j)}$ se calculó:

$$D_{(i,j)} = N_i - N_j / (N_i + N_j)$$

donde:

N_i y N_j representan el número total de adultos capturados en las trampas situadas en *i-ésimo* y *j-ésimo* árbol, y el elemento de la otra matriz representó la distancia euclidiana entre pares de árboles (expresadas en m).

El valor del coeficiente de la prueba de Mantel se presenta estandarizado y la significancia se realiza mediante una aproximación asintótica (34).

Respecto del parasitoide, el número de adultos colectados de *T. radiata*-trampa⁻¹·quincena⁻¹ fue mucho menor, y como en el caso de *D. citri*, se consideró un indicador de la abundancia de la población local del mismo. Para analizar la respuesta de agregación de *T. radiata* se calculó la correlación entre el número total de capturas de *T. radiata* en cada árbol contra el correspondiente número total de capturas de *D. citri*. Si hubiera una mayor abundancia de parasitoides en árboles con mayor abundancia de huéspedes, el coeficiente de correlación de Pearson sería significativamente mayor que cero. En aquellos árboles en los que se registró la presencia de *T. radiata* en cinco o más muestras seguidas, se realizó un diagrama de fase: el número de parasitoides-trampa⁻¹·quincena⁻¹ como variable Y, sobre el correspondiente número de *D. citri*-trampa⁻¹·quincena⁻¹, como variable X, y los puntos se unieron cronológicamente a fin de detectar un posible enrollamiento contrario a las agujas del reloj, típico de la interacción huésped-parasitoide (42). Como el tiempo de desarrollo

pre-imaginal de *T. radiata* es 12-14 días según la temperatura (17), cinco o más muestras seguidas representarían alrededor de otras tantas generaciones del parasitoide.

RESULTADOS

La brotación temprana de los cítricos

En el primer invierno la temperatura promedio se mantuvo por sobre el umbral de 10,5°C durante junio (14,6°C y 17,1°C) y la primera mitad de julio (16,9°C y 9,8°C). En el segundo invierno siempre estuvo por debajo del umbral variando entre 9,6°C y 10,3°C, mientras que en el tercero se mantuvo por sobre el umbral en la segunda mitad de junio (9,2°C y 14,7°C) y durante todo el mes de julio (17,6°C y 11,5°C). En la figura 1 se representa el calor acumulado efectivo (expresado en grados-día) durante junio-julio y el porcentaje de brotes tiernos en cada intervalo, observándose la existencia de brotaciones invernales en el primer y tercer año, siendo más retrasada la ocurrida en el último.

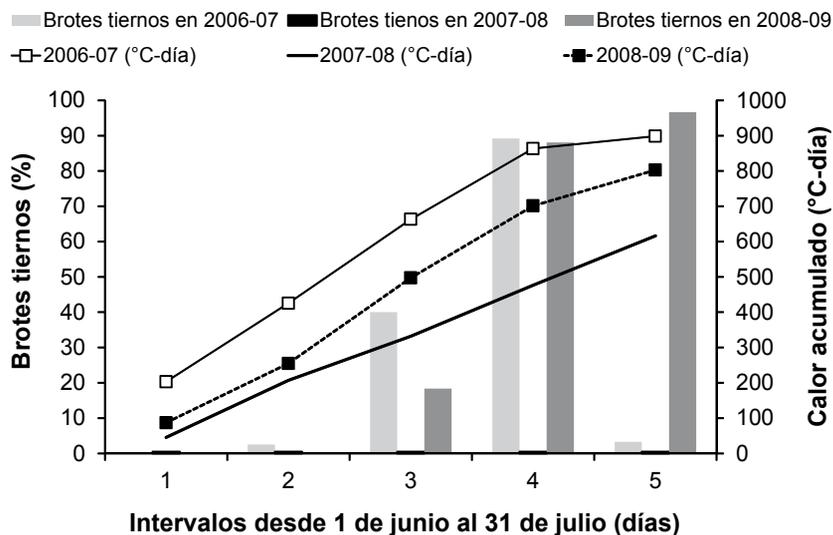
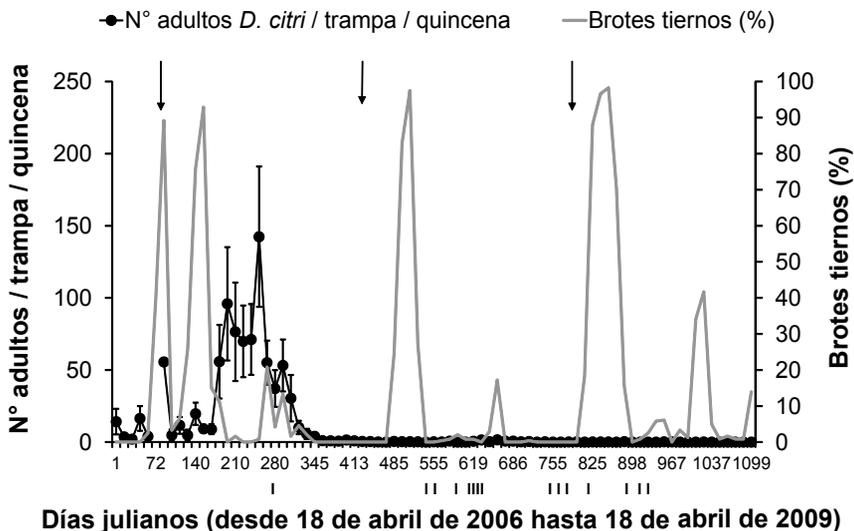


Figura 1. Porcentaje de brotes tiernos en cada intervalo durante los meses de junio y julio en los tres años de estudio (barras verticales), y calor acumulado durante ese período, expresado en °C-día (líneas).

Figure 1. Percentage of shoots at each interval during the months of June and July in the three years of study (vertical bars), and heat accumulated during this time, expressed in °C-day (lines).

En la figura 2 (pág. 7) se muestra el porcentaje promedio de brotes tiernos de cada brotación durante los tres años. En el primer año se identifican los principales picos: brotación temprana invernal (día juliano 86), primaveral (día juliano 156) y estival (día juliano 280). En el segundo año sólo se registraron los picos de primavera (día juliano 512) y verano (día juliano 658). En el tercer año la brotación temprana invernal se solapa ampliamente con la brotación de primavera (día juliano 825 hasta 882)

y el pico de verano se corresponde aproximadamente con el día juliano 1023. Respecto del manejo del minador de las hojas, las fumigaciones se realizaron después de la brotación de primavera, en el primer año una sola aplicación de abamectina y en el segundo y tercer año siete aplicaciones (figura 2).



Las flechas superiores indican el mes de junio de cada año, y las barras inferiores angostas los días en que se hicieron aplicaciones de abamectina.

The top arrows indicate the month of June each year, and the lower bars the days when abamectin was applied.

Figura 2. Número medio de adultos capturados de *D. citri* y porcentaje de brotes tiernos en los tres años de estudio.

Figure 2. Average number of adults captured to *D. citri* and percentage of shoots in three years of study.

Adultos capturados de *D. citri*

El número total de adultos de *D. citri* capturados durante los tres años fue 8.666. El primer año el número total capturado fue 8.512 (98,22% del total), el segundo 148 (1,71% del total), y el tercero 6 (0,07% del total) y las capturas entre años fueron significativamente diferentes: $H_{(2, n=63)} = 48, 182$ ($P < 0,0001$). Además, el primero año difirió del segundo ($Z = 5,344$; $P < 0,0001$) y del tercero ($Z = 6,195$; $P < 0,0001$), pero el segundo año no difirió del tercero ($Z = 1,944$; $P = 0,156$). Se capturaron adultos de *D. citri* en todas las trampas en al menos un intervalo quincenal. Considerando sólo el primer año, en el cual la abundancia de *D. citri* casi no fue afectada negativamente por las aplicaciones de abamectina, las capturas entre pares de trampas estuvieron significativamente correlacionadas, los valores mínimo y máximo del coeficiente de correlación fue 0,613 ($P < 0,01$) y 0,957 ($P < 0,01$), respectivamente. Cuando se correlacionan los valores entre pares de trampas los tres años seguidos, los coeficientes de correlación fueron aún mayores. Esto sugiere la existencia de un patrón temporal en las variaciones numéricas de *D. citri* en todos los árboles que habría estado relacionado

con los picos de brotación. Para evidenciar dicho patrón, al momento en que se observó cada pico de brotación y suponiendo hubo un correspondiente pico de oviposición, se le suma el número requerido de días para el desarrollo pre-imaginal de *D. citri* tal como se muestra en la figura 2 (pág. 7). En el segundo año, no hubo brotación invernal y la densidad inicial de *D. citri* fue muy baja (0,83 adultos-trampa⁻¹·quincena⁻¹). En el tercer año hubo brotación invernal más tardía que en el primero, sin embargo la muy baja densidad inicial de adultos (0,17 adultos-trampa⁻¹·quincena⁻¹) explicaría la nula densidad registrada hacia fines de octubre-inicios de noviembre.

Espacialmente, el número total de adultos de *D. citri* capturado en las dos trampas donde las capturas fueron mayores fue 4.618 (54,25% del total), en tanto que en número total en las dos trampas con menores capturas fue 646 (7,59% del total), y la prueba de Mantel ($R = -0,021$; $P = 0,504$) indicó que la similitud en la abundancia de *D. citri* entre árboles no estuvo asociada con la cercanía entre ellos.

Adultos capturados de *T. radiata*

El número total de parasitoides capturados durante los tres años fue 104 y representó 1,15% del número total de adultos de *D. citri*. En el primer año se capturaron 99 ejemplares (95,19 % del total) en las trampas puestas en todos los árboles. La densidad promedio se muestra en la figura 3.

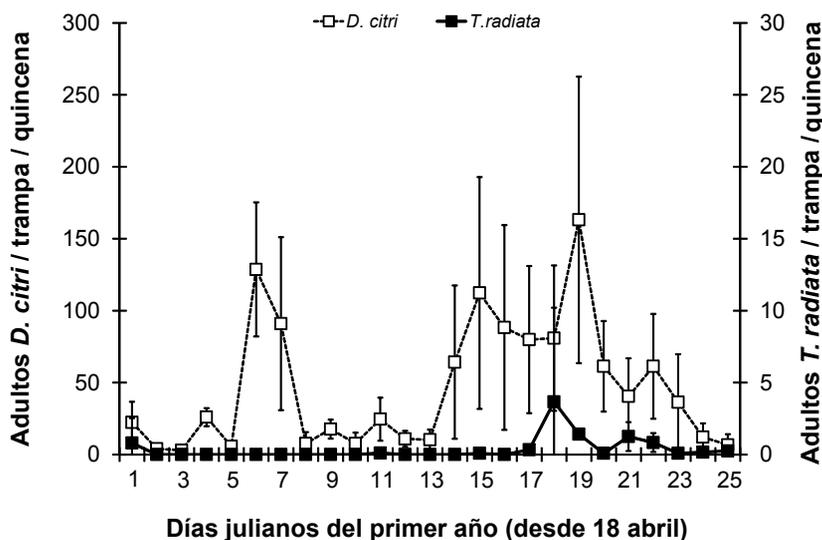


Figura 3. Número medio de adultos capturados de *D. citri* y *T. radiata* en el primer año de estudio.

Figure 3. Mean number of *D. citri* and *T. radiata* adults captured in the first year of study.

En el segundo año, al igual que con *D. citri*, las capturas disminuyeron abruptamente a sólo tres ejemplares (2,88% del total en los tres años) en sólo 2 árboles. En el tercer año se capturaron 2 ejemplares (1,92% del total de los tres años) en un único árbol.

La trampa en la que se capturó el mayor número de parasitoides (42 ejemplares) fue la situada en el árbol donde se capturó el mayor número de adultos de *D. citri* y el menor número (1 ejemplar) se capturó en tres trampas dos de las cuales estuvieron en los árboles con el menor número de *D. citri* capturados.

La correlación entre el número total de capturas de *T. radiata* y *D. citri* en cada árbol fue significativa: $r = 0,954$; $t_{(8, gl)} = 9,0603$ ($P = 0,00002$). Si bien no se estimó directamente el parasitismo de *D. citri* se supuso que *T. radiata* estaría parasitando a la población local de *D. citri*, y al graficar el número de parasitoides contra el correspondiente número de huéspedes en una misma trampa, se observó un enrollamiento contrario a las agujas del reloj (figura 4) que sugiere una interacción local huésped- parasitoide.

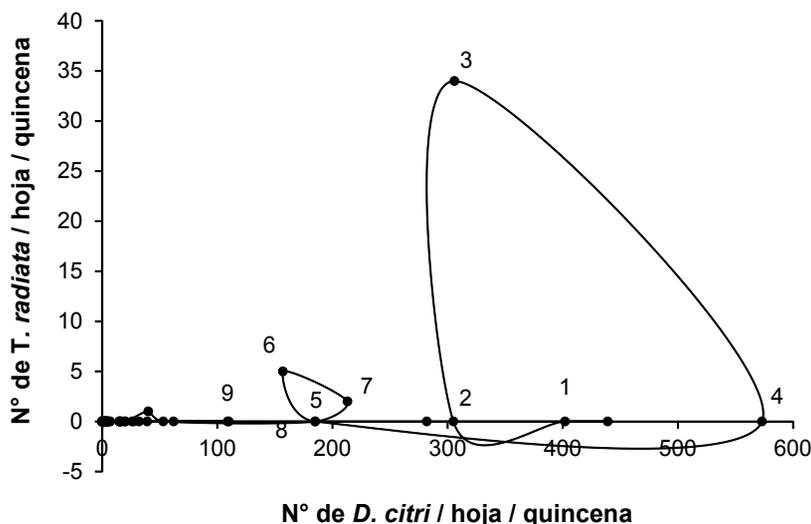


Figura 4. Interacción huésped-parasitoide reflejada por el enrollamiento contrario a las agujas del reloj cuando los puntos se unen cronológicamente. Valores correspondientes a la trampa N° 2.

Figure 4. Host-parasite interaction inferred by the winding counter clockwise produced when the points are connected chronologically. Values for trap N° 2.

DISCUSIÓN

La fenología de los cítricos depende de factores genéticos y ambientales (16), y entre los segundos la temperatura es uno de los más relevantes (11). En zonas templadas y subtropicales el patrón usual de brotación de los naranjos consiste en dos períodos marcados: el principal en primavera y otro en verano, con brotaciones menores el resto del año (28). Además, los inviernos benignos permiten una brotación temprana en dicha estación (30). Los adultos de *D. citri* son encontrados todo el año sobre árboles de cítricos o de otras plantas hospederas (3, 4, 43). Las fluctuaciones

poblacionales están íntimamente relacionadas con el ritmo, cantidad y calidad nutricional de brotaciones porque los huevos son colocados exclusivamente en los brotes tiernos (3, 17, 39). Además, Hall *et al.* (2008) y Qureshi *et al.* (2009) encontraron correlaciones significativas entre el número medio de huevos, ninfas y adultos de *D. citri* por brote y el porcentaje de brotes infestados. El efecto se manifiesta en forma de picos poblacionales relacionados con los períodos de crecimiento vegetativo y brotación habitual de los cítricos, durante primavera y verano. Sin embargo, los picos poblacionales pueden ocurrir en otros períodos del año, dependiendo de la disponibilidad de brotes jóvenes (17, 23, 37, 39).

En este estudio, la abundancia temporal de adultos de *D. citri*, si bien varió mucho en magnitud, pareció exhibir en el primer año un patrón en el que aparecen alrededor de 5 picos de densidad. El primero fue coincidente con la brotación invernal y proviene de adultos post-invernantes. El segundo, tercero y quinto parecen responder a otros tantos períodos de máximas oviposiciones ocurridos durante las brotaciones de invierno, primavera y verano respectivamente, pero el cuarto pico no estuvo asociado a brotación alguna. Como los datos de brotación provienen de otra plantación y representan un valor promedio, las diferencias se deberían a que en los árboles de la plantación de este estudio podrían haber ocurrido brotaciones ligeramente diferentes, tanto en magnitud como en su duración. En particular, podría haber ocurrido una pequeña brotación, coincidente con el cuarto pico de adultos de *D. citri*, que no existió en el valor promedio de brotación.

En los tres años existieron otras tantas condiciones iniciales diferentes respecto de la brotación invernal y el número inicial de adultos, que estarían relacionados con el número de adultos capturados durante la brotación de primavera, suponiendo que la capturabilidad fue similar en los tres años. En el primer año el invierno fue benigno, hubo brotación invernal, y el número inicial de adultos post-invernantes fue el más elevado. Estas condiciones explicarían el elevado pico de capturas de *D. citri* al final de la brotación de primavera y en verano. En el segundo año no hubo brotación invernal, el número inicial de adultos post-invernantes fue bajo y el número de capturas de *D. citri* en las brotaciones de primavera fue extremadamente bajo, a pesar de que no hubo fumigaciones previas a la brotación primaveral en dicho año. En el tercer año el invierno también fue benigno y hubo brotación invernal pero el número inicial de adultos post-invernantes fue el más bajo, posiblemente a causa de las siete fumigaciones realizadas el año previo. El número medio de adultos capturado en el pico de brotación primaveral fue extremadamente bajo. Las dos condiciones mencionadas serían indicadores de alerta: un invierno benigno que permita la brotación invernal, y un relativamente elevado número inicial de capturas durante dicha brotación, estarían relacionados con un pico poblacional durante la brotación principal de primavera.

Respecto de la variación espacial, Sétamou *et al.*, (2008) encontraron que la densidad media de *D. citri* varió en las distintas escalas consideradas: entre montes frutales, entre árboles de un mismo monte y aún entre brotes de un mismo árbol. En este estudio, en un mismo árbol se capturó el mayor número de adultos de *D. citri* durante casi todo el primer año y también el principio del segundo. Con todo, las variaciones

numéricas en los distintos árboles estuvieron significativamente correlacionadas, lo que sugiere la existencia de un patrón de variación temporal. Espacialmente, la semejanza en la abundancia de *D. citri* entre árboles no estuvo asociada con la distancia métrica entre ellos, pudiéndola interpretar como un conjunto de poblaciones locales (una en cada árbol) que exhibieron una dinámica similar, interpretación aceptable si la dispersión fuera de relativamente baja magnitud. Al respecto, Chen (1998) menciona que la dispersión de adultos de *D. citri* dentro de una quinta suele ser bastante baja, y en un lote plantado con 60 plantas nuevas, los psíidos tardaron dos meses en dispersarse a todas las plantas. Muchos individuos no se mueven largas distancias a menos que sean forzados a desplazarse por una perturbación, y generalmente la dirección del movimiento sigue la dirección del viento.

Otros autores constataron la escasa dispersión de los individuos de esta especie (36). A la escala considerada en este estudio, la sincronía entre las variaciones numéricas de adultos se debería a una elevada correlación en el patrón de brotación entre árboles y la existencia de cortinas de árboles en la periferia de los lotes que disminuyen la velocidad del viento dentro de los mismos.

Las variaciones entre años, se debería a las frecuentes aplicaciones de abamectina realizadas para el control del minador de hojas. El efecto de una aplicación de abamectina a varias concentraciones sobre ninfas y adultos de *D. citri* fue analizada en experimentos de laboratorio por Srinivasan *et al.* (2008). Estos autores encontraron que para la concentración utilizada en este estudio la supervivencia fue significativamente menor que en el testigo: sólo 12% en las ninfas y 87% en los adultos. De igual manera, el efecto negativo del pesticida sobre el parasitoide *T. radiata* y la baja densidad de su hospedero explicarían el muy escaso número de capturas realizadas de este ectoparasitoide en el segundo y tercer año.

Respecto de la interacción *D. citri-T. radiata*, en el primer año el número total de capturas de ambas especies en los diferentes árboles estuvieron correlacionadas positivamente, lo que sugiere que habría una mayor agregación de parasitoides en aquellos árboles con mayor densidad de *D. citri*, posiblemente por una menor tasa de emigración y/o una mayor respuesta numérica. La interacción *D. citri-T. radiata* se pone de manifiesto por las variaciones numéricas de ambas poblaciones locales (al menos en dos árboles), que siguen un enrollamiento contrario a las agujas del reloj durante nueve quincenas sucesivas. El número total capturado de parasitoides fue equivalente a sólo 1,15% del número total de adultos de *D. citri*. Sin embargo, la agregación de *T. radiata* en parches del hábitat con mayor densidad relativa de huéspedes es una característica de este parasitoide que como sugieren Beddington *et al.* (1978) lo hace un buen candidato para ser evaluado en planes de control biológico aumentativos.

CONCLUSIONES

La existencia de inviernos benignos permitió una brotación temprana de los cítricos en dicha estación.

Coincidentemente con otras investigaciones, se evidenció la asociación entre la densidad media de *D. citri* a lo largo del año y la magnitud de la brotación de los cítricos.

La existencia de brotación temprana y una relativamente elevada densidad de adultos en dicha brotación serían indicadores de alerta ya que estarían relacionados con un pico poblacional importante durante la brotación principal de primavera.

Espacialmente, la población de *D. citri* puede considerarse como un conjunto de poblaciones locales (una en cada árbol) con una dinámica temporal similar, y cuya abundancia no estuvo asociada con la distancia métrica entre ellos. Esta interpretación es aceptable si la dispersión del insecto fuera de relativamente baja magnitud.

En la interacción *D. citri*-*T. radiata*, el parasitoide exhibió mayor agregación en aquellos árboles con mayor densidad de *D. citri*, posiblemente por una menor tasa de emigración y/o una mayor respuesta numérica. Ésta, es una característica que lo hace un buen candidato para ser evaluado en planes de control biológico aumentativos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aubert, B.; Grisoni, M.; Villemin, M.; Rossolin, G. 1996. A case study of huanglongbing (greening) control in Reunion in: Proc. of the 13th Conf. Intl. Organ. Citrus Virol. J. V. da Graça, P. Moreno, and R. K. Yokomi, eds. IOCV, Riverside CA. p. 276-278.
2. Beddington, J. C.; Free, C. A.; Lawton, J. H. 1978. Modeling biological control: on the characteristics of successful natural enemies. *Nature*. 273: 513-519.
3. Burckhardt, D. 1994. Geneic key to Chilean jumping plant-lice (Homoptera: Psylloidea) with inclusion of potential exotic pest. *Revista Chilena de Entomología*. 21: 57-67.
4. 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: 8-15.
5. Cáceres, S.; Aguirre, M. R. A. 2005. Presencia de *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide del psílido asiático *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en cultivos cítricos de Corrientes. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 64: 348-349.
6. Chen, Ch. 1998. Ecology of insect vectors of citrus systemic diseases and their control in Taiwan. *Managing banana and citrus diseases. Proceedings of Disease Management of banana of citrus through the use of disease-free planting materials*. Davao City, Philippines. p. 62-66.
7. Childers, C. C.; Rogers, M. E. 2005. Chemical control and management approaches of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Florida citrus. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 118: 49-53.
8. Etienne, J.; Aubert, B. 1980. Biological control of psyllid vectors of greening disease in Reunion Island in: Proc. of the 8th Conf. Intl. Organ. Citrus Virologists. E. C. Calavan, S. M. Garnsey; L. W. Timmer, eds. IOCV, Riverside, CA. p. 118-121.
9. Felipe, M. R.; Uehara-Carmo, A.; Rugno, G. R.; Coelho, J. H.; Ximenes, N. L.; Garbin, L. F.; Yamamoto, P. T. 2006. Influência de las armadilhas adesivas amarelas na flutuação populacional de insetos vetores da CVC e HLB (Hemiptera: Cicadellidae e Psyllidae) na bordure e área central de pomar cítrico. *Huanglongbing Greening Workshop International*. Riberão Preto, SP, Brazil. p. 100.
10. García Darderes, C.S.; C. Benzo; Y. Outi; P. Horak; M. Pallares; G. Gastaminza; L. Augier; M. Eliondo; E. Willink; O. de Coll; S. Tapia; G. Segade; C. Peralta; S. Cáceres; A. Aguirre; J.P.R. Bouvet; M.J. Marinich. 2010. Distribución de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Argentina. *Actas del VI Congreso Argentino de Citricultura*, Tucumán, Argentina. Pp 88.
11. García-Luis, A.; Guardiola, J. L. 2000. Influence of citrus tree internal factors and climatic effects on flowering. *Proceedings of the International Society of Citriculture*. Vol I: 292-295.
12. Garrán, S. M.; Anderson, C.; Garín, R. O. 2005. Metodología para el registro de observaciones fenológicas en cítricos. *V Congreso Argentino de Citricultura*. Concordia, Entre Ríos, Argentina. p. 2.

13. Gravena, S. 2006. Huanglongbing - o controle biológico do vetor no Estado de São Paulo, Brasil. Huanglongbing Greening Workshop International. Riberão Preto, SP, Brazil. p. 54.
14. Guajará, M.; de Carvalho, A. G.; Santos, W.; Gonçalves, K. 2004. Resposta de *Euphalerus clitoriae* (Hemiptera: Psyllidae) a armadilhas adesivas de diferentes cores. Revista Árvore. 28: 117-120.
15. Halbert, S. E.; Manjunath, K. L. 2004. Asian citrus psyllid (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist. 87: 330-352.
16. Hall, D. G.; Albrigo, L. G. 2007. Estimating the relative abundance of flush shoots in citrus with implications on monitoring insects associated with flush. HortScience. 42: 364-368.
17. Hall, D. G.; Henzt, M. G.; Adair, R. C. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. Environmental Entomology. 37: 914-924.
18. Hammer, Ø.; Harper, D. A. T.; Ryan, P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9 p. Disponible en: http://paleo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (fecha de consulta 2 de octubre 2013).
19. INTA Estación Experimental Agropecuaria Paraná. 2007. Carta de suelos de la República Argentina: Departamento Federación, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa de Suelos. Gobierno de Entre Ríos. Subsecretaría de Asuntos Agrarios. Dirección de Producción Vegetal y Recursos Naturales.
20. 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.
21. Lizondo, M. J.; Gastaminza, G.; Costa, V. A.; Augier, L.; Torres, M. L. G.; Willink, E.; Parra, J. R. P. 2007. Records of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Northwestern Argentina. Revista industrial y agrícola de Tucumán. 84: 21-22.
22. McFarland, C. D.; Hoy, M. A. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperatures regimes. Florida Entomology. 84: 227-233.
23. Mead, F. W. 1977. The asiatic citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Entomology Circular N° 180. Fla. Dept. Agric. & Consumer Serv., Division of Plant Industry. p 4.
24. Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. Biological Control. 29: 260-269.
25. Mills, N. 2005. Selecting effective parasitoids for biological control introductions: Codling moth as a case study. Biological Control 34: 274-282.
26. Nakata, T. 2006. Temperature-dependent development of the citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psylloidea), and the predicted limit of its spread based on overwintering in the nymphal stage in temperate regions of Japan. Applied Journal of Entomology and Zoology. 41: 383-387.
27. Nava, D. E.; Torres, M. L. G.; Rodriguez, M. D. L.; Bento, J. M. S.; Parra, J. R. P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) on different host and different temperatures. Journal of Applied Entomology. 131: 709-715.
28. Pluke, R. W. H.; Qureshi, J. A.; Stansly, P. A. 2008. Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. Florida Entomologist. 91: 36-42.
29. Qureshi, J. A.; Rogers, M. E.; Hall, D. G.; Stansly, P. A. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. Journal of Economic Entomology. 102: 247-256.
30. Rivadeneira, M. F. 2012. Grados días acumulados en naranjas y mandarinas sobre pie trifolio en la zona de Concordia (Entre Ríos). Horticultura Argentina. 31: 24-27.
31. Rogers, M. E. 2006. Programas de manejo integrado para control do psilídeo asiático do citros na Florida. Huanglongbing Greening Workshop International. Riberão Preto, SP, Brazil. p. 58.
32. Sétamou, M.; Flores, D.; French, J. V.; Hall, D. C. 2008. Dispersion patterns and sampling plans for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. Journal of Economic Entomology. 101: 1478-1487.
33. Shivankar, V. J.; Rao, C. N.; Singh, S. 2000. Studies on citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama: A review. Agricultural Review. 21: 199-204.
34. Sokal, R. R.; Rohlf, F. J. 1995. Biometry. WH Freeman & Co. p. 813-818.
35. Tolley, I. S. 1990. The relation of nursery production with orchard planning and management in B. Aubert, S. Tontyaporn, and D. Buangsuwon [eds.], Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region. Proc. Asia Pacific International Conference on Citriculture, Chiang Mai, Thailand, 4-10 February 1990. UNDP-FAO, Rome. p. 77-82.

36. Toorawa, P. 1998. La maladie du huanglongbing (greening) des agrumes a l.île Maurice. Detection de "*Candidatus Liberobacter asiaticum*" et "*Candidatus Liberobacter africanum*" dans les agrumes et les insects vecteurs. Doctoral Thesis, L.Université de Bordeaux. 186 p.
37. Tsagkarakis, A. E.; Rogers, M. E. 2008. Effects of host plant on fitness of de Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. International Research Conference on Huanglongbing. Orlando, Florida. Proceedings of de Meeting. p. 212.
38. Tsai, J. H.; Wang, J. J.; Liu, Y. H. 2000. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange jessamine in Southern Florida. Florida Entomologist, 83: 446-459.
39. 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.
40. Vaccaro, N. C. 1994. Comportamiento y difusión de la "Chicharrita de los Citrus", *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Diaphoridae) en la zona cítrica de Entre Ríos. Carpeta cítrica: Guía de Enfermedades y Plagas y su control. N° 27. p. 3.
41. Vaccaro, N. C.; Bouvet, J. P. R. 2005. Registro de un enemigo natural de la chicharrita de los cítricos en Entre Ríos. V Congreso Argentino de Citricultura. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
42. Varley G. C.; Gradwell, G. R.; Hassell, M. P. 1975. Insect Population Ecology. An analytical Approach. University of California Press. 212 p.
43. Yamamoto, P. T. 2006. Controle químico de *Diaphorina citri* no Brasil. Huanglongbing Greening Workshop International. Riberão Preto, SP, Brazil. p. 56.
44. Yamamoto, P. T.; Paiva, P. E. B.; Gravena, S. 2001. Flutuação Populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em Pomares de Citros na Região Norte do Estado de São Paulo. Neotropical Entomology. 30: 165-170.
45. Yang, Y. 1989. Influence of light, temperature and humidity on the development, reproduction and survival of citrus psylla (*Diaphorina citri* Kuwayama). Acta Ecologica Sinica, 9: 348-354.

Agradecimientos

Al personal de FRUTIC y a dos árbitros anónimos por sus acertadas correcciones y sugerencias.