

Distribución espacio-temporal de adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama en *Citrus latifolia* en Nayarit, México: implicaciones para su manejo regional

Spatio-temporal distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama adults on *Citrus latifolia* in Nayarit, Mexico: Implications for regional management

 LUIS MARTÍN HERNÁNDEZ-FUENTES^{1*}  NESTOR ISIODIA-AQUINO²
 MARIO ALFONSO URIAS-LÓPEZ¹  GREGORIO LUNA-ESQUIVEL²
 JOSÉ JOAQUÍN VELÁZQUEZ-MONREAL¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Nayarit, México. hernandez.luismartin@inifap.gob.mx, urias.marioalfonso@inifap.gob.mx, velazquez.joaquin@inifap.gob.mx

² Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México. nisiordia@gmail.com, gregorio.luna@uan.edu.mx

* Autor de correspondencia

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 6, entronque a Santiago Ixcuintla, Carretera Internacional México-Nogales, Nayarit, México. C. P. 63300. hernandez.luismartin@inifap.gob.mx

Citación sugerida

HERNÁNDEZ-FUENTES, L. M.; ISIODIA-AQUINO, N.; URIAS-LÓPEZ, M. A.; LUNA-ESQUIVEL, G.; VELÁZQUEZ-MONREAL, J. J. 2022. Distribución espacio-temporal de adultos de *Diaphorina citri* Kuwayama en *Citrus latifolia* en Nayarit, México: implicaciones para su manejo regional. Revista Colombiana de Entomología 48 (2): e11550. <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i2.11550>

Recibido: 30-Ago-2021

Aceptado: 22-Ago-2022

Publicado: 14-Dic-2022

Revista Colombiana de Entomología

ISSN (Print): 0120-0488

ISSN (On Line): 2665-4385

<https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co>

Open access



BY-NC-SA 4.0
creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Publishers: Sociedad Colombiana de Entomología
SOCOLEN (Bogotá, D. C., Colombia)
<https://www.socolen.org.co>
Universidad del Valle (Cali, Colombia)
<https://www.univalle.edu.co>

Resumen: La enfermedad de los cítricos conocida como *Huanglongbing* (HLB) es una de las más importantes a nivel mundial. Desde 2009 hasta la actualidad, México realiza el monitoreo poblacional y control del insecto vector de esta enfermedad, el psílido asiático *Diaphorina citri*, mediante el uso de insecticidas y enemigos naturales. El objetivo de esta investigación fue estimar la distribución espacio-temporal de las poblaciones de *D. citri* en lima persa *Citrus latifolia* bajo un esquema de manejo regional en Nayarit, México. El estudio se llevó a cabo de agosto de 2018 a Julio de 2020 en dos ambientes: cálido subhúmedo y en semicálido subhúmedo. Se estimó la fluctuación temporal y distribución espacial mediante la captura de adultos del psílido en huertos de las dos zonas climáticas. Se utilizaron 2.041 trampas amarillas distribuidas en 1.100 hectáreas, las cuales se revisaron quincenalmente. Se realizaron análisis de varianza del número de adultos entre localidades, por zona climática y entre meses del año. Se estimaron correlaciones entre la población y la temperatura y la precipitación pluvial. La población de adultos de *D. citri* fue estadísticamente similar entre huertos de una misma zona climática, por lo que se justifica un manejo similar por zona climática. En ambos climas se detectó diferencia significativa de poblaciones de *D. citri* entre los meses del año. En clima cálido subhúmedo, las poblaciones más altas de adultos de *D. citri* se registraron en julio-agosto y en clima semicálido subhúmedo, ocurrieron en febrero-marzo y agosto por lo que se requeriría aplicar una medida de control en estos periodos. En este estudio no se detectó correlación significativa entre poblaciones de *D. citri* con la temperatura ni con la precipitación pluvial. El control de *D. citri* puede ser regional, diferenciado en cada zona climática y de acuerdo con los meses del año con mayor población.

Palabras clave: Cítricos, control, fluctuación, Huanglongbing, lima persa, psílido asiático.

Abstract: The citrus disease known as Huanglongbing (HLB) is one of the most important worldwide. Present in Mexico since 2009, its current management is carried out mainly through population monitoring and control of its insect vector, *Diaphorina citri* with the use of insecticides and natural enemies. The objective of this research was to estimate the spatio-temporal distribution of *Diaphorina citri* populations in Persian lime *Citrus latifolia* with a regional management scheme in Nayarit, Mexico. The study was conducted in 2018-2020 in two environments: warm subhumid and semi-warm subhumid. Temporal fluctuation and spatial distribution were obtained by capturing psyllid adults in orchards in both climatic zones with 2,041 yellow traps, which were reviewed biweekly. Analysis of variance of the number of adults was carried out between localities, by climatic zone and between months of the year. Correlations between populations and temperature and rainfall were estimated. The adult population of *D. citri* was statistically similar between orchards in the same climatic zone, for which the same management by climatic zone is justified. In both climates, a significant difference in populations of *D. citri* was detected between the months of the year. In warm subhumid climate, the highest adult populations of *D. citri* were recorded in July and August, so it would be necessary to apply a control measure in this period. In semi-warm subhumid climates, the highest adult populations of the psyllid occurred in February-March and August, in this period is recommended to apply a control measure. In this study, no significant correlation was detected between populations of *D. citri* with temperature or rainfall. Control of *D. citri* can be regional, differentiated in each climatic zone and according to the months of the year with the largest population.

Keywords: Asian citrus psyllid, citrus, control, fluctuation, Huanglongbing, Persian lime.

Introducción

La investigación mundial sobre la enfermedad de los cítricos conocida como *Huanglongbing* (HLB) y su vector *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) ha estado en constante evolución en la última década, se ha adquirido gran experiencia en su manejo dada la cantidad de referencias encontradas en la literatura técnica-científica; no obstante, sigue siendo una amenaza para la citricultura y permanecen aún los retos para su manejo efectivo (Ferrarezi *et al.* 2020). El agente causal de HLB es una bacteria gram-negativa cuya clasificación taxonómica actual es aún indefinida, se le conoce como *Candidatus Liberibacter asiaticus*. Se cree que también otras dos especies de bacterias se asocian a síntomas de HLB, siendo estas *Candidatus Liberibacter africanus* y *Candidatus Liberibacter americanus* (NAS 2018). El insecto vector de HLB es el psílido asiático de los cítricos (PAC), originario de India y otras regiones de Asia. Ha estado presente en América desde hace varios años y su distribución incluye desde el sur de Estados Unidos (de Este a Oeste), Islas Hawaianas, México, Centro América, Sudamérica e Islas del Caribe (Halbert y Manjunath 2004; Halbert y Núñez 2004). De amplia distribución y adaptación, *D. citri* se alimenta de especies de cítricos nativos en áreas urbanas y cultivadas y en raras ocasiones llega a ser considerada una plaga de importancia si se consideran los daños directos al hospedante; la importancia de esta especie radica en su capacidad de transmitir de forma persistente diferentes especies de bacterias asociadas a HLB-*Ca. Liberibacter* spp. (Yang *et al.* 2006).

El manejo actual de HLB se realiza principalmente mediante el control de su vector *D. citri* con el uso de insecticidas (Hernández *et al.* 2012). Ante la detección de HLB en México en 2009, la presencia previa del psílido en el país (López *et al.* 2009; SENASICA 2009) y los riesgos que esto implica para la citricultura, se implementó a partir de entonces un programa de manejo sanitario para contener el avance de la enfermedad y manejo de su vector (DOF 2010). En México, la citricultura representa una actividad agrícola importante, actualmente se cultivan alrededor de 590 mil hectáreas, con una producción de 8,1 millones de toneladas, cuyo valor asciende a 29,3 billones de pesos mexicanos (SIAP 2019). En un estudio realizado en México sobre el impacto potencial del HLB, Salcedo *et al.* (2010) señalan que las pérdidas, en un escenario moderado y con una distribución amplia de HLB, podrían ser de 2,35 millones de toneladas (29% del rendimiento nacional). En Nayarit, México, donde se detectó el HLB en 2009, se cultivan 2.959 ha de cítricos, con una producción de 24.937 t, y un valor anual de 121,4 millones de pesos; del total de la superficie cultivada, el 96 % son de lima persa (*C. latifolia*) y se cultivan principalmente en la región centro-sur del estado (SIAP 2019).

Una de las actividades principales en el manejo de *D. citri* consiste en monitorear su fluctuación poblacional para decidir implementar alguna medida de control con base en un umbral (número de adultos *D. citri*/trampa), la recomendación de control con la aplicación de insecticidas puede ser regional, local o “control de focos de infestación” según las recomendaciones del Manual Operativo de la Campaña Contra HLB (SENASICA 2016). El control regional o en grandes áreas (a nivel estatal o regiones geográficas con condiciones climáticas similares) contrasta con el control a nivel parcelario básicamente en la superficie y en la sincronía de las acciones implementadas considerando la fluctuación estacional de la plaga objetivo, lo anterior es con la premisa de que este

control regional es más efectivo con un esfuerzo coordinado (Knipling 1978; Knipling y Stadelbacker 1983). La fluctuación estacional y espacial de insectos está influenciada por factores bióticos y abióticos que afectan su crecimiento y tasa de desarrollo (Southwood 1978). Hernández *et al.* (2014) reportaron la fluctuación estacional a nivel parcelario de *D. citri* con diferencias importantes en cada área de estudio en Nayarit. El objetivo de esta investigación fue conocer la distribución espacial y poblacional de *D. citri* bajo el programa de manejo regional implementado en los últimos 10 años en lima persa en Nayarit y estimar su relación con temperatura y precipitación pluvial para contar con información que ayude a lograr un manejo más eficiente de este insecto y la enfermedad que trasmite.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el estado de Nayarit, región Occidente de México, donde el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Nayarit (CESAVENAY) tiene implementado un Programa de manejo fitosanitario contra el HLB en 1,100 hectáreas de lima persa, distribuidas en dos tipos de clima de acuerdo con García (2004) e INEGI (2000): cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw_1 que corresponde a los municipios de San Blas, Santiago Ixcuintla y Rosa Morada, y semicálido subhúmedo con lluvias en verano $A(C)w_1$ en los municipios de Tepic, San Pedro Lagunillas, Amatlán de Cañas y Santa María del Oro (Tablas 1 y 2). El periodo de trabajo fue agosto de 2018 a julio de 2020.

Fluctuación temporal y distribución espacial de adultos de *D. citri*. Se utilizaron las rutas y sitios de trapeo definidas por el CESAVENAY con base en el Manual Operativo de la Campaña Contra HLB (SENASICA 2016). Este manual también se usó para determinar el número de trampas a partir de la superficie de lima persa en cada municipio. En total se utilizaron 2.041 trampas (Tabla 1) de color amarillo (L*C*h: 92,08*81,69*99,62) (Chroma Meter CR-400. Konica Minolta®), cuyas dimensiones son: 14 x 21 cm, impregnadas con pegamento Stikem (goma de poliisobuteno) para la captura del insecto, se colocaron en la parte media del lado norte de la copa del árbol. Las trampas se revisaron cada 15 días y se anotó el número de adultos de *D. citri* observados en cada una de ellas. Los datos presentados en este estudio resultan de promediar los meses correspondientes de cada año durante el periodo de observación; es decir, agosto de 2018 con agosto de 2019, septiembre de 2018 con septiembre de 2019, y así sucesivamente.

El análisis de distribución espacial se realizó a nivel municipal para obtener los valores mensuales promedio. También se hizo una comparación de la distribución temporal de adultos de *D. citri* entre las zonas climáticas muestreadas. Se obtuvo análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de adultos del psílido con Tukey ($\alpha = 0,05$) para cada municipio. En la comparación del promedio de adultos entre las dos zonas climáticas (Tabla 1) se utilizó una prueba entre dos medias con *t-test* mediante el programa SAS versión 9.3 (2010). Antes del ANOVA, debido a que hubo fechas con cero insectos capturados, los datos de cada muestreo fueron transformados con la siguiente fórmula: $x = \sqrt{y + 0,5}$; donde y = valor medio observado en cada fecha de muestreo, para normalizar esos datos e independizar la varianza de la media de acuerdo con lo sugerido por Little y Hills (2008).

Tabla 1. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo de adultos de *D. citri* en lima persa.

Ambiente	Municipio	Coordenadas geográficas		Altitud (msnm)	Número de trampas	
		Latitud Norte	Longitud Oeste			
Cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw_t	San Blas	21,47865	-105,124	547	120	
		21,48908	-105,116	585		
		21,49305	-105,126	578		
	Santiago Ixcuintla	21,85301	-105,031	42	80	
		21,72551	-105,011	41		
	Rosamorada	22,04368	-105,279	11	40	
		22,05071	-105,269	9		
	Semicálido subhúmedo con lluvias en verano $A(C)w_t$	Tepic	21,56605	-104,979	697	961
			21,50645	-104,854	944	
			21,5571	-104,856	819	
21,59905			-104,996	581		
21,55779			-104,854	794		
21,51825			-104,969	1072		
21,55663			-104,966	809		
San Pedro Lagunillas		21,20506	-104,771	1281	200	
		21,18296	-104,673	1003		
		21,19163	-104,653	888		
Amatlán de Cañas	21,18438	-104,648	869	80		
	20,83816	-104,441	845			
Santa María del Oro	20,87924	-104,502	787	560		
	21,33489	-104,67	1145			
	21,18473	-104,632	864			
	21,358	-104,625	991			
	21,24794	-104,644	1210			
	21,34239	-104,527	764			
	21,17568	-104,616	891			
	21,36958	-104,724	1063			

Fluctuación temporal de *D. citri* y su relación con temperatura (*t*) y precipitación pluvial (*P.P.*). Los datos de humedad relativa, temperatura y precipitación pluvial durante el periodo de muestreo del insecto (Promedio de los meses comunes del periodo agosto de 2018 a julio de 2020) fueron obtenidos de la red de estaciones meteorológicas de la Comisión Nacional de Agua-Servicio Meteorológico Nacional (CNA-SMN) (Tabla 2) (<https://smn.conagua.gob.mx/es/>). El coeficiente de regresión (β) y el índice de correlación de Pearson (r) se calcularon con el modelo de regresión lineal simple (Daniel 2011). El método de mínimos cuadrados se utilizó para determinar la relación de la fluctuación poblacional de *D. citri* (variable dependiente aleatoria) entre la temperatura (*temp.*), precipitación pluvial (*P. P.*) (variables independientes aleatorias) y la interacción de éstas (*Temp*P. P.*) (Daniel 2011). Para determinar la significancia estadística de la linealidad (r) entre la variable observada, se realizó la prueba estadística Fisher (F) para comprobar $H_0: \beta = 0$, $H_A: \beta \neq 0$ con $\alpha = 0,05$ (Martínez 1988; Daniel 2011). El programa de análisis estadístico utilizado fue SAS® versión 9.3 (2010). La ruta de trampeo, así como la ubicación de los sitios de muestreo y estaciones climáticas se presentan en la Figura 1.

Tabla 2. Ubicación geográfica de estaciones climáticas.

Clasificación climática (García 2004) de la región de muestreo	Coordenadas geográficas	
	Latitud Norte	Longitud Oeste
Cálido subhúmedo (Aw_t)	21°49'52"	-105°06'45"
	22°07'11"	-105°12'42"
	22°13'16"	-105°19'50"
Semicálido subhúmedo ($A(C)w_t$)	21°29'22"	-104°53'31"
	21°29'21"	-104°53'35"
	21°24'58"	-104°36'36"

Resultados

Fluctuación temporal y distribución espacial. En los municipios que comprenden el clima cálido subhúmedo, la captura de adultos fue mayor durante los meses de junio a septiembre (Tabla 3). Los valores promedio no mostraron diferencias significativas entre municipios ($F = 0,1979$, $gl = 33$, $P \leq 0,05$) (Tabla 3). Así como tampoco las hubo entre los municipios localizados en el clima semicálido subhúmedo ($F = 0,2644$, $gl = 99$, $P < 0,05$) (Tabla 4).

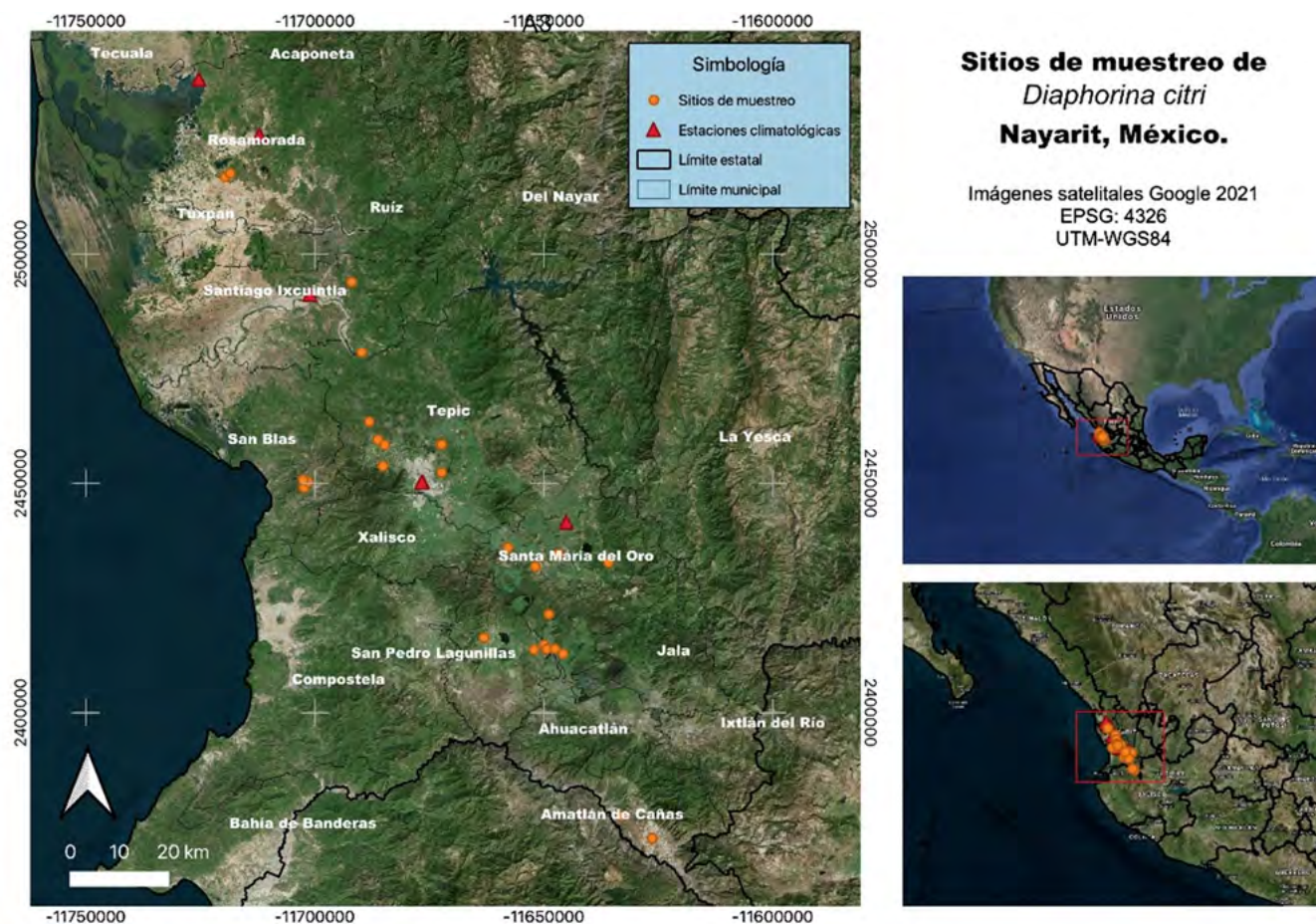


Figura 1. Ruta de trapeo de *D. citri* y ubicación de los sitios de muestreo y estaciones climáticas en Nayarit, México.

Tabla 3. Fluctuación temporal y distribución espacial de adultos de *D. citri*. Clima cálido subhúmedo. Nayarit, México. Promedio de los meses comunes entre agosto de 2018 a julio de 2020.

Municipio	Adultos de <i>D. citri</i> /trampa*												Media anual ± EE*
	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
Rosamorada	7,44	1,3	0,12	0,08	0,15	0,35	1,24	0,4	0,05	0,06	0,06	0,93	1,04±0,62 a
Santiago Ixcuintla	1,28	0,43	0,34	0,11	0,29	0,04	0,39	0,14	0,09	0,22	0,36	1,98	0,5±0,16 a
San Blas	0,14	0,63	0,2	0,04	0,06	0,07	0,16	0,23	0,05	0,12	0,19	0,20	0,2±0,04 a

*Valores de la media con la misma letra no son significativamente diferentes. EE = error estándar. Tukey, $\alpha = 0,05$; $Pr > F = 0,1979$.

Sin embargo, el análisis de varianza de los datos promedio mensual de todos los huertos localizados en cada una de las zonas climáticas mostró diferencias significativas en la captura de adultos del psílido; ocurriendo el mayor registro en julio y agosto en el clima cálido subhúmedo, en tanto que en el clima semicálido subhúmedo sucedió en febrero-marzo y agosto (Tabla 5). Por otra parte, numéricamente fue mayor la población de adultos del PAC en la zona climática cálida en comparación con la zona semicálida, pero las diferencias no fueron estadísticamente diferentes ($t = 0,88$, $Pr > t = 0,3951$) (Tabla 5).

Poblaciones de adultos de *D. citri* y su asociación con precipitación pluvial (P. P.). En los huertos establecidos en los municipios de la zona climática cálida subhúmeda, contrastan

los meses de julio a octubre con alta precipitación pluvial, mientras que en el resto de los meses no hubo lluvias o éstas fueron escasas (Tabla 5). En ésta misma zona climática se detectó una relación lineal positiva y significativa entre adultos del insecto por trampa y cantidad de lluvia ($F = 0,0006$, $P \leq 0,05$, $\beta = 0,71$). El coeficiente de correlación de Pearson en este caso fue, $r = 0,84$ (Fig. 4) siendo una correlación fuerte de acuerdo con los rangos de la magnitud de correlación (Hernández *et al.* 2018). En los huertos ubicados en la zona climática semicálida subhúmeda, se obtuvo una relación lineal positiva no significativa entre adultos por trampa y la precipitación pluvial, con valores de $F = 0,3116$, $P \leq 0,05$, $\beta = 0,10$. El coeficiente de correlación de Pearson $r = 0,31$ (Fig. 5), resultado débil de acuerdo con los rangos de la magnitud de correlación (Hernández *et al.* 2018).

Correlación entre temperatura (*temp.*) y precipitación pluvial (P. P.). En clima cálido subhúmedo, se detectó correlación positiva, no significativa entre temperatura y precipitación pluvial, con valores de $F = 0,5956$, $P \leq 0,05$, y de $\beta = 0,74$. También en clima semicálido subhúmedo, la interacción fue positiva, no significativa entre ambas variables. Los valores fueron: $F = 0,07266$, $P \leq 0,05$ y un valor de $\beta = 0,27$.

Poblaciones de adultos de *D. citri* y su asociación con temperatura (*temp.*). El promedio de temperatura en clima cálido subhúmedo, fue superior a 25 °C de abril a noviembre, mientras que, en clima semicálido subhúmedo, ocurrió de junio a septiembre (Tabla 5). En los huertos con clima cálido subhúmedo, resultó una relación lineal positiva y no

significativa entre captura de adultos del psílido por trampa y la temperatura, con valores de $F = 0,1325$, $P \leq 0,05$, $\beta = 0,21$ y un coeficiente de correlación de Pearson de $r = 0,46$ (Fig. 2), lo cual confirma una correlación más bien moderada de acuerdo con los rangos de la magnitud de correlación (Hernández *et al.* 2018). En los huertos ubicados en clima semicálido subhúmedo, se obtuvo una relación lineal negativa no significativa entre captura de adultos por trampa y la temperatura ($F = 0,7914$, $P \leq 0,05$, $\beta = 0,0079$). El coeficiente de correlación de Pearson $r = -0,08$ (Fig. 3), lo cual indica una correlación nula de acuerdo con los rangos de la magnitud de correlación. Una situación similar de no correlación significativa de *D. citri* en lima persa con la temperatura observaron Moreno *et al.* (2008).

Tabla 4. Fluctuación temporal y distribución espacial de adultos de *D. citri*. Clima semicálido subhúmedo. Nayarit, México. Promedio de los meses comunes entre agosto de 2018 a julio de 2020.

Municipio	Adultos <i>D. citri</i> /trampa*.												Media anual±EE*
	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	
Tepic	1,20	0,29	0,29	0,34	0,21	0,47	0,5	0,42	0,17	0,23	0,29	0,46	0,4±0,07 a
San Pedro Lagunillas	0,27	0,34	0,24	0,23	0,12	0,09	0,39	0,44	0,19	0,2	0,22	0,41	0,3±0,03 a
Amatlán de Cañas	0,3	0,43	0,33	0,04	0,1	0,19	1,06	1,08	0,11	0,2	0,29	0,42	0,4±0,09 a
Santa María del Oro	0,23	0,26	0,18	0,16	0,14	0,55	0,52	0,31	0,06	0,09	0,13	0,35	0,4±0,04 a

* Valores de la media con la misma letra no son significativamente diferentes. EE = error estándar. Tukey, $\alpha = 0,05$; $Pr > F = 0,2644$.

Tabla 5. Temperatura (*temp.*), Precipitación pluvial (P.P.) mensual y capturas de adultos de *D. citri* en dos zonas climáticas. Nayarit, México. Promedio de los meses comunes entre agosto de 2018 a julio de 2020.

Mes	Cálido subhúmedo			Semicálido subhúmedo		
	Temp. (°C)	P. P. (mm)	Adultos/trampa	Temp. (°C)	P. P. (mm)	Adultos/trampa
Ago	28,9	418,4	3,05±1,93 a	25,9	311,7	0,50±0,23 abc
Sept	28,8	338,0	0,79±0,21 b	25,5	304,0	0,33±0,04 abcd
Oct	28,2	192,1	0,22±0,05 b	24,9	150,4	0,26±0,03 dc
Nov	26,3	9,7	0,08±0,02 b	22,9	45,5	0,19±0,06 d
Dic	24,4	1,4	0,17±0,05 b	21,6	7,5	0,14±0,02 d
Ene	23,2	17,0	0,15±0,08 b	20,8	29,0	0,33±0,11 bcd
Feb	23,5	15,2	0,60±0,27 b	20,9	40,8	0,62±0,15 a
Mar	24,5	0,0	0,26±0,06 b	22,6	0,2	0,56±0,17 ab
Abr	25,3	0,0	0,06±0,01 b	23,2	0,0	0,13±0,03 d
May	26,7	0,7	0,13±0,04 b	24,5	12,6	0,18±0,03 d
Jun	29,6	6,6	0,20±0,07 b	26,8	68,9	0,23±0,04 dc
Jul	29,9	307,9	1,04±0,42 ab	26,2	263,8	0,41±0,02 abcd
Media anual*	26,6	108,9	0,56±0,24 a*	23,8	102,9	0,32±0,04 a*

Valores verticales por mes con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0,05).

*Valores de la media anual de adultos de *D. citri* por zona climática con la misma letra no son significativamente diferentes (t -student = 0,88, $Pr > t = 0,3951$).

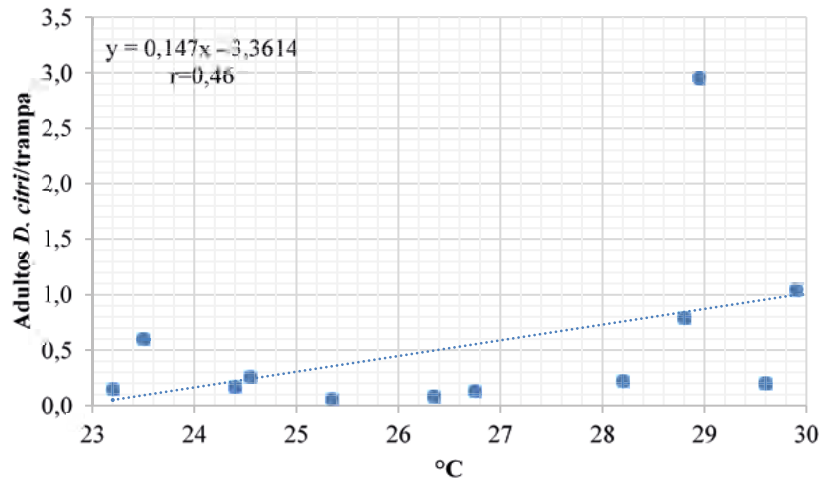


Figura 2. Poblaciones de adultos de *D. citri* en relación con temperatura en zona de clima cálido subhúmedo. Nayarit, México. Promedio de los meses comunes entre agosto de 2018 a julio de 2020.

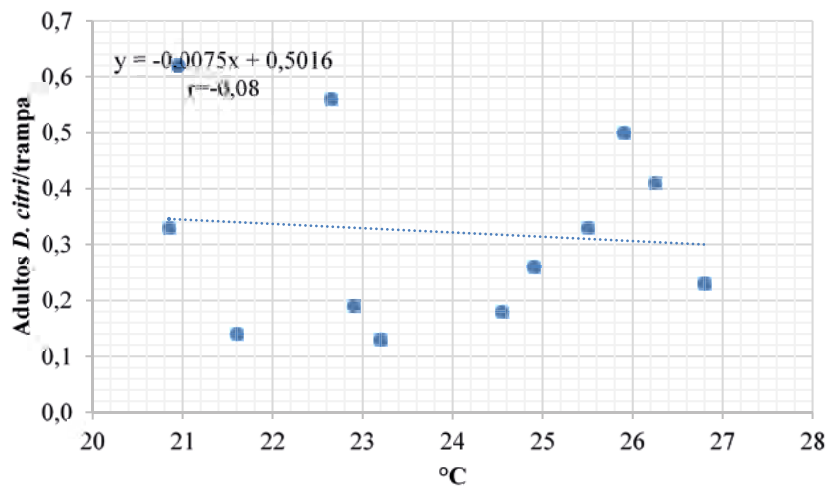


Figura 3. Poblaciones de adultos de *D. citri* en relación con temperatura en zona de clima semicálido subhúmedo. Nayarit, México. Promedio de los meses comunes entre agosto de 2018 a julio de 2020.

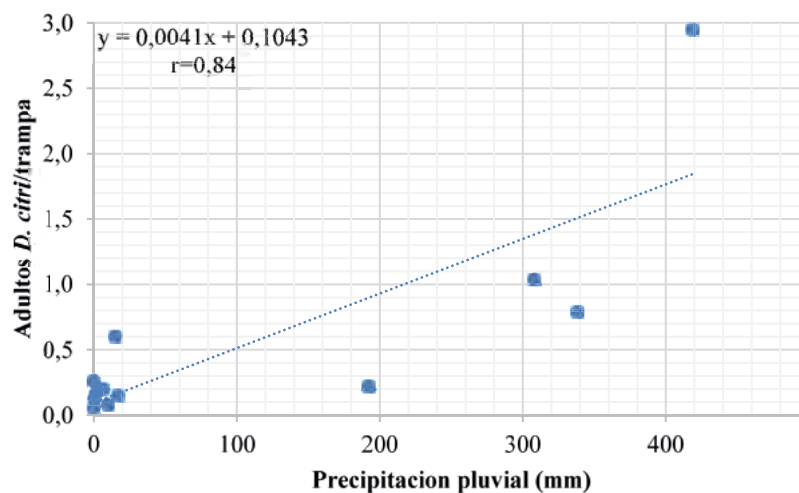


Figura 4. Poblaciones de adultos de *D. citri* en relación con precipitación pluvial en zona de clima cálido subhúmedo. Nayarit, México. Promedio de los meses comunes entre agosto de 2018 a julio de 2020.

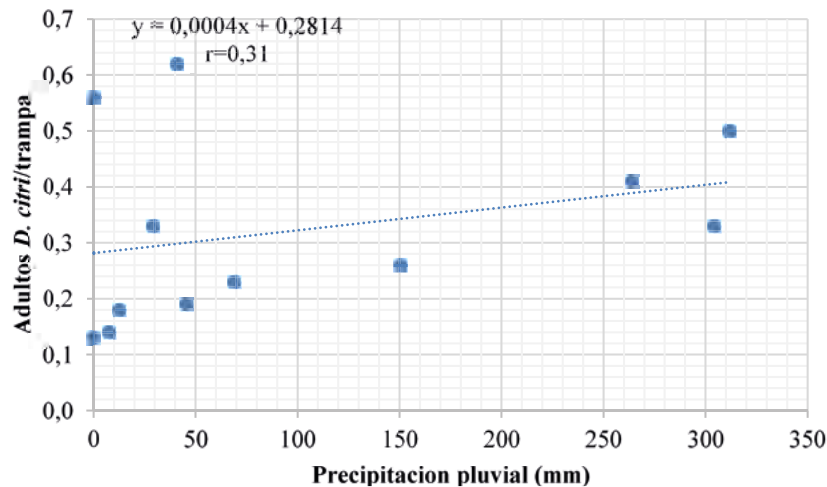


Figura 5. Poblaciones de adultos de *D. citri* en relación con la precipitación pluvial en zona de clima semicálido subhúmedo. Nayarit, México. Promedio de los meses comunes entre agosto de 2018 a julio de 2020.

Discusión

Con base en el análisis del promedio de psílicos de todos los huertos en clima cálido subhúmedo y considerando el criterio de capturas promedio de 0,5 adultos/trampa utilizada en la campaña para el manejo de *D. citri* por parte del CESAVERNAY, se requeriría controlar a este insecto en el periodo de julio a noviembre. Por otra parte, en el clima semicálido subhúmedo, se necesitaría aplicar medidas de control del psílido durante los meses de febrero, marzo y agosto, si se considera el criterio de CESAVERNAY. En ambos casos esta recomendación no se debe tomar como definitiva, sino considerarla como una alerta para los meses de mayor riesgo, esto es porque que las condiciones bióticas y abióticas pueden variar año con año, por lo que el criterio para adoptar medidas de control del psílido debe corroborarse y con base en el resultado del muestreo que se hace cada año para tal fin. Las diferencias que se obtuvieron en este estudio en la presencia anual de adultos del PAC podrían ser por las variaciones de temperatura y la de brotes vegetativos tiernos del cultivo durante el año, esto es porque se ha observado que las altas poblaciones del psílido son normalmente mayores cuando existen temperaturas elevadas (Cabrera *et al.* 2010; Ortega *et al.* 2013) y presencia de brotes vegetativos nuevos (Cortés *et al.* 2010; Urías *et al.* 2011; Velázquez *et al.* 2011; Ortega *et al.* 2013) que son indispensables para la reproducción y desarrollo del insecto.

Otro factor para considerar es el manejo agronómico del cultivo como poda, riego, nutrición y aplicación de plaguicidas entre cada uno de los municipios y ambientes de muestreo, el cual incidirá directamente en la emisión de brotes vegetativos y presencia de *D. citri*. La distribución de éste a nivel de huerto y en grandes áreas es en forma de agregados (Costa *et al.* 2010; Barrera *et al.* 2012; Díaz *et al.* 2021; Yzquierdo *et al.* 2021), siendo importante considerar este aspecto para establecer un programa de manejo regional. En cuanto a la población de adultos del PAC, como ocurrió en este estudio, no se esperarían diferencias significativas entre municipios de una misma zona climática, condiciones similares de temperatura y precipitación pluvial, este último factor como otro posible indicador clave en la regulación de la población (Hernández *et al.* 2014). No obstante, la diferencia estriba en la fluctua-

ción temporal del psílido, lo que tendría implicaciones para su manejo regional, es decir, éste debe ser diferenciado con base en la fluctuación poblacional, enfocándose en las acciones de control a nivel de focos o en áreas más reducidas.

Se esperaría que las poblaciones fueran más altas en el clima cálido que en el semicálido, lo anterior debido a que los resultados de la temperatura indican promedios más elevados durante el año. No obstante, el análisis de correlación indica una asociación más bien débil o nula con la temperatura, siendo influenciada la población de *D. citri* principalmente por la precipitación pluvial. Este resultado podría tener su explicación porque dentro del manejo de los huertos de clima semicálido, normalmente incluyen riegos que propician el desarrollo de brotes vegetativos nuevos que representan mayor fuente de alimento y consecuentemente contribuyen al incremento de las poblaciones del psílido, tal como lo han documentado otros investigadores (Cortés *et al.* 2010; Urías *et al.* 2011; Velázquez *et al.* 2011; Ortega *et al.* 2013). Al respecto se ha discutido que un factor determinante en la regulación de la población de *D. citri* podría tener menos impacto ante la presencia de otro factor de regulación diferente (Hernández *et al.* 2014).

En lo que respecta a la asociación de adultos de *D. citri* con la temperatura y precipitación pluvial, en varios trabajos de investigación se ha documentado la presencia de altas poblaciones del insecto durante periodos de altas temperaturas, en contraste con bajas poblaciones en periodos de escasa o nula precipitación pluvial (Ortega *et al.* 2013; Hernández *et al.* 2014). Sin embargo, en este estudio no se detectó relación positiva significativa entre poblaciones de adultos de *D. citri* con la temperatura, ni correlación negativa con mayor precipitación pluvial. Debe considerarse que, en los dos climas, las altas temperaturas coinciden con el periodo de lluvias, resultando en una relación positiva entre temperatura y precipitación pluvial. Si esto ocurrió, el efecto de ambos factores sobre las poblaciones del psílido de alguna manera se anularían, lo que podría dar lugar a que en ese momento otro factor tenga mayor importancia en la regulación de la población, como podría ser el desarrollo de brotes vegetativos tiernos del hospedero que significan alimento para la plaga, como lo sugirieron Hernández *et al.* (2014). Con una mejor precisión sobre la

distribución y fluctuación estacional del psílido asiático de los cítricos el manejo regional del mismo tendrá mayor impacto y se hará un uso más eficiente de los recursos, ya que como lo señalaron Prokopy y Lewis (1993) sin una estimación exacta de estas variables la intervención del humano en el sistema plaga-hospedante tendrá menor impacto.

Conclusiones

Las poblaciones promedio de adultos de *D. citri* fueron estadísticamente similares entre huertos de una misma zona climática. No obstante, tanto en el clima cálido subhúmedo como en el clima semicálido subhúmedo se detectó diferencia significativa de poblaciones de *D. citri* entre los meses del año, por lo que el manejo regional de este insecto debería ser diferenciado, es decir, no hacer una aplicación regional para controlarlo al mismo tiempo en toda el área muestreada sino hacerlo de acuerdo con los meses y los sitios de muestreo donde se detecte la mayor población, y con los umbrales definidos por el grupo técnico contra el psílido asiático de los cítricos.

En clima cálido subhúmedo de Nayarit, las poblaciones más altas de adultos de *D. citri* se registraron en julio y agosto, pero conforme al índice de capturas para fines de manejo en lima persa en Nayarit (0,5 adultos/trampa), la plaga requeriría de control durante los meses de julio a noviembre.

En clima semicálido subhúmedo, las poblaciones significativamente más altas de adultos del psílido ocurrieron en febrero, marzo y agosto, mismas que coinciden conforme al índice para fines de manejo.

Se detectó correlación significativa entre poblaciones de *D. citri* con la precipitación pluvial en clima cálido subhúmedo.

Agradecimientos

A los productores de lima persa en Nayarit, México por facilitar el acceso a sus huertos. Al personal del CESAVENAY encargado de la campaña contra plagas reglamentadas de los cítricos.

Literatura citada

- BARRERA, J. F.; HERRERA, J.; GÓMEZ, J.; VALLE, J. 2012. Muestreo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en brotes de limón. Memoria Científica. 3^{er} Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Veracruz, Veracruz. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental General Terán, N. L. pp. 74-82.
- CABRERA, M. H.; MURILLO, C. F. D.; VILLANUEVA, J. J. F.; DÍAZ, Z. U. A.; CEREZO, A. S. 2010. Dinámica poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en la región central de Veracruz. pp. 46-53. En: Memoria científica. 1^{er} Simposio nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Monterrey, N. L. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental General Terán, N. L.
- CORTÉS, M. E.; PÉREZ, M. J.; LÓPEZ, A. J. I.; MEDINA, M. H. M.; GONZÁLEZ, C. V. M. 2010. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama y preferencia de hospedero, en el centro del estado de Sinaloa. pp. 32-40. En: Memoria científica. 1^{er} Simposio nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Monterrey, N. L. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental General Terán, N. L.
- COSTA, M. G.; BARBOSA, P. J. C.; YAMAMOTO, T.; LEAL, R. M. 2010. Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards. Scientia Agricola 67 (5): 546-554. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500008>
- DANIEL, W. W. 2011. Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. Limusa Wiley. México, D. F. 755 p.
- DÍAZ, P. G.; LÓPEZ, A. J. I.; GUAJARDO, P. R. A.; SÁNCHEZ, C. I. 2021. Spatial distribution and development of sequential sampling plans for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Agronomy 11 (7): 1434. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071434>
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN (DOF). 2010. Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter* spp.) y su vector. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Publicado lunes 16 de agosto de 2010. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5155459&fecha=16/08/2010#gsc.tab=0 (Fecha de revisión 10 de julio de 2020).
- FERRAREZI, R. S.; VINCENT, C. I.; URBANEJA, A.; MACHADO M. A. 2020. Unravelling citrus huanglongbing disease. Frontiers in Plant Science 11: 609-655. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.609655>
- GARCÍA, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 5ta. Edición. Serie Libro Núm. 6. Instituto de Geografía. UNAM. 90 p.
- 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 (3): 401-402. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0401:DOTACP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0401:DOTACP]2.0.CO;2)
- 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 (3): 330-353. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0330:ACPSPA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0330:ACPSPA]2.0.CO;2)
- HERNÁNDEZ, F. L. M.; URIAS, L. M. A.; LÓPEZ, A. J. I.; GÓMEZ, J. R.; BAUTISTA, M. N. 2012. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en lima persa *Citrus latifolia* Tanaka. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3 (3): 427-439. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i3.1439>
- HERNÁNDEZ, F., L. M.; URIAS, L. M. A.; GÓMEZ, J. R.; LÓPEZ, A. VELÁZQUEZ, M. J. I.; OROZCO, S. M. 2014. El Huanglongbing y su vector *Diaphorina citri* en limón persa en Nayarit: Recomendaciones para su manejo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacifico Centro. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico No. 3. 74 p.
- HERNÁNDEZ, L. J. D.; ESPINOSA, C. J. F.; PEÑALOSA, T. M. E.; RODRÍGUEZ, R. E.; CHACÓN, R. J. G.; TOLOZA, S. C. A.; ARENAS, T. M. K.; CARRILLO, S. S. M.; BERMÚDEZ, P. V. J. 2018. Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definiciones, propiedades y suposiciones. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica 37 (5): 587-595. <https://www.redalyc.org/journal/559/55963207025/55963207025.pdf>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 2000. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Nayarit. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825223458/702825223458_1.pdf (Fecha de revisión: 15 de septiembre de 2020).
- LITTLE, T. M.; HILLS, J. 2008. Métodos Estadísticos para La Investigación en la Agricultura. Editorial Trillas. 270 p.
- LÓPEZ, A., J. I.; JASSO J.; REYES, M. A.; LOERA, J.; CORTÉS, M. E.; MIRANDA, M. 2009. Perspectives for biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Mexico, pp. 329-

330. En: T. R. Gottwald and J. H. Graham (Eds.), Proc. Intl. Res. Conf. Huanglongbing. 1-5 december 2008. Orlando, Florida.
- KNIPLING, E. F. 1978. Eradication of plant pests: Proadvances in technology for insect population eradication and suppression. Bulletin of the Entomological Society of America 24 (1): 44-52. <https://doi.org/10.1093/besa/24.1.44>
- KNIPLING, E. F.; STADELBACKER, E. A. 1983. The rationale for areawide management of *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae) populations. Bulletin of the Entomology Society of America 29 (4): 29-37. <https://doi.org/10.1093/besa/29.4.29>
- MARTÍNEZ, G. A. 1988. Diseños experimentales: Métodos y Elementos de Teoría. Editorial Trillas.
- MORENO, P. M.; POZO, V. E.; VALDÉS, H. R.; CÁRDENAS, M. M. 2008. Distribución espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) sobre lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka). Fitosanidad 12 (1): 33-37. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209115562006.pdf>
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. 2018. A review of the citrus greening research and development efforts supported by the citrus research and development foundation: Fighting a ravaging disease. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25026>
- ORTEGA, A. L. D.; VILLEGAS, M. A.; RAMÍREZ, R. A. J.; MENDOZA, G. E. E. 2013. Seasonal abundance of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in citrus groves in Cazonas, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana 29 (2): 317-333. <https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/1110>
- PROKOPY, R. J.; LEWIS, W. J. 1993. Application of learning to pest management. pp. 308-341. En: Papaj D. R.; Lewis, A. C. (Eds.), Insect Learning: Ecological and Evolutionary Perspectives. Chapman and Hall. 398 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2814-2_12
- SALCEDO, B. D.; HINOJOSA, R. A.; MORA, A. G.; COVARRUBIAS, G. I.; DE PAOLIS, F. J. I.; MORA, S.; CÍNTORA, L. G. C. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. IICA. México. 144 p.
- SYSTEM ANALYSIS STATISTICAL. (SAS). 2002-2010. Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASICA). 2009. Ficha Técnica HLB-Huanglongbing. <http://sinavef.senasica.gob.mx/MDF/>. (Fecha de revisión: 12 septiembre 2020).
- SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA (SENASICA). 2016. Manual Operativo de la Campaña Contra el Huanglongbing de los Cítricos. Disponible en: <http://sinavef.senasica.gob.mx/MDF/> (Fecha de revisión: 12 septiembre 2020).
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2019. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Fecha de revisión: 01 abril 2020).
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. The English Language Book Society and Chopan-Hall, London, 524 p.
- URÍAS, L. M. A.; HERNÁNDEZ, F. L. M.; LÓPEZ, A. J. I.; GARCÍA, A. N. C. 2011. Distribución temporal y densidades de población del psílido asiático de los cítricos (Hemiptera: Psyllidae) en Nayarit, México. Memoria Científica. 2^{do} Simposio nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Montecillos, Edo. de México. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental General Terán, N. L. 424 p.
- VELÁZQUEZ, M., J. J.; GONZÁLEZ, R. M. M.; MANZANILLA, R. M. A.; CARRILLO, M. S. H.; OROZCO, S. M. 2011. Dinámica poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Colima. Memoria Científica. 2^{do} Simposio nacional sobre investigación para el manejo del psílido asiático de los cítricos y el Huanglongbing en México. Montecillos, E. de México. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental General Terán, N. L. 424 p.
- YANG, Y. P., HUANG, M. D.; BEATTIE, C. G. A.; XIA, Y. L.; OUYANG, G. C.; XIONG, J. J. 2006. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for China. International Journal of Pest Management 52 (4): 343-352. <https://doi.org/10.1080/09670870600872994>
- YZQUIERDO, A. M. E.; RINCÓN, R. J. A.; LOEZA, K. E.; LÓPEZ, O. J. F.; ACEVES, N. L. A. Y ORTÍZ, G. C. F. 2021. Fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en limón persa (*Citrus latifolia*) en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco. Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie) 37 (1): 1-14. <https://doi.org/10.21829/azm.2021.3712374>

Origen y financiación

El estudio fue realizado con recursos del Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Nayarit. Con el objetivo de hacer un uso más eficiente de los recursos económicos y de personal técnico.

Contribución de los autores

Hernández-Fuentes Luis Martín. Diseño del experimento, análisis de datos y resultados.

Isordia-Aquino Néstor. Discusión y conclusiones.

Urias-López Mario Alfonso. Resultados y discusión.

Luna-Esquivel Gregorio. Discusión y conclusiones.

Velázquez-Monreal José Joaquín. Redacción y edición.

Conflictos de interés

Los autores declaramos no tener conflictos de intereses.