

# *Diaphorina citri*

Identificación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en los cultivos de cítricos de Colombia: una herramienta para implementar un sistema piloto de seguimiento de poblaciones del insecto vector del HLB.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA  
SEDE MEDELLÍN





UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA  
SEDE MEDELLÍN



Instituto Colombiano Agropecuario




Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria



Asociación Hortifructícola de Colombia  
Administradora del Fondo Nacional  
de Fomento Hortifructícola



FONDO NACIONAL DE  
FOMENTO HORTIFRUCTÍCOLA



Identificación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en los cultivos de cítricos de Colombia: una herramienta para implementar un sistema piloto de seguimiento de poblaciones del insecto vector del HLB.

Esta publicación se realizó con recursos del proyecto de investigación "Identificación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en los cultivos de cítricos de Colombia: una herramienta para implementar un sistema piloto de seguimiento de poblaciones del insecto vector del HLB" (IV 403). Financiado por la Asociación Hortofrutícola de Colombia - Asohofrucol.

Reservados todos los derechos:

Autores: Verónica Botero, Ph.D.<sup>1</sup> F., Andrés Ochoa, Ph.D.<sup>2</sup>, Joan Gastón Zamora, Ph.D.<sup>3</sup>, Adriana Ortiz Reyes, DCs Biología<sup>4</sup>, Sonia Maribel Fiel Tobar<sup>5</sup>, Estefany Moná Florez<sup>6</sup>, Lina Marcela Mejía<sup>5</sup>, Juan Humberto Guarín, Ph.D.<sup>7</sup>, Javier Orlando Orduz-Rodríguez, Ph.D.<sup>8</sup>, Hans Nicolás Chaparro-Zambrano<sup>9</sup>, Emilio Arévalo Peñaranda, M.Sc.<sup>10</sup>

- 1 Profesora Asociada, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- 2 Profesor Asociado, Departamento de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- 3 Profesor Asociado, Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- 4 Profesora Asociada, Escuela de Biociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- 5 Ingeniera Agrónoma, Estudiante de la Maestría Ciencias-Entomología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- 6 Ingeniera Forestal, Estudiante de la Maestría en Bosques y Conservación Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- 7 Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador Corpoica Centro de investigación La Selva.
- 8 Ingeniero Agrónomo Ph.D., Investigador Corpoica Centro de investigación La Libertad.
- 9 Ingeniero Agrónomo, Investigador Corpoica.
- 10 Director Técnico Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA.

**Agradecimientos:** A las fincas y empresas productoras de cítricos: Túnez, La Beltrán, Costa Azul, El Pedregal, Villa Claudia, La Paz, El Palmar, La Cabaña, Gibraltar, Segobia, La Saborita, Buena Vista, El Porvenir, San Mateo, Juan Se, Villa Rocío, La Casita, La Ceiba y Las Lajas. También a Ana María Betancourt, Juan Camilo Cifuentes, Nancy Aidé Cardona, Laura Botero, Hernán Darío Rojas, Jairo Yovani Morales y Yilver Bello, Luis Jorge Sierra, Álvaro Jaramillo, Jorge Palacino, Alejandro Martínez Osorio, Germán Poveda, Ligia Stela Urrego, Clara Susana Arias, Isabel Cristina Ceballos, Laboratorio de Biología y Sistemática de Insectos-UNALMED y Consejo Nacional Citrícola.

Dirección. **Universidad Nacional de Colombia**  
Calle 59A No 63 - 20 Medellín, Colombia - Núcleo El Volador  
Medellín – Colombia.  
Edición, Adriana Ortiz Reyes  
Correo electrónico: adortizr@unal.edu.co

Fotografías y figuras: Las fotografías fueron obtenidas en el proyecto y cedidas por el Ingeniero Agrónomo Jorge Hernán Palacino - ICA y Allan Smith-Pardo, USDA-APHIS.

Diseño y diagramación: Alba Zuluaga Ramírez  
Impresión: PuntoAparte. Medellín Colombia

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, sin el permiso previo y por escrito de la Universidad Nacional de Colombia.

# CONTENIDO

<b>1. Biología de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama</b>	<b>7</b>
1.1. Introducción	8
1.1.1. Identidad	10
1.1.2. Hospedantes	10
1.1.3. Caracterización morfológica del insecto	11
Huevos	11
Ninfas	11
Adulto	12
1.2. Metodología	13
1.2.1. Ciclo Biológico del Psílido en tres plantas hospederas	13
1.2.2. Ciclo Biológico del Psílido en tres temperaturas	13
1.3. Resultados	15
1.3.1. Determinación del ciclo de vida de <i>Diaphorina citri</i> en tres plantas hospederas	13
1.3.2. Efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo de <i>Diaphorina citri</i>	16
1.3.3. Capacidad reproductiva en <i>Diaphorina citri</i>	17
1.4. Conclusiones	18
<b>2. Relación de la brotación de las plantas <i>Citrus sinensis</i>, <i>Citrus latifolia</i> y <i>Swinglea glutinosa</i> con la precipitación en diferentes regiones productoras de cítricos en Colombia</b>	<b>19</b>
<b>3. Dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama</b>	<b>27</b>
3.1. Introducción	28
3.2. Metodología	30
3.3. Resultados	30
3.3.1. Dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama ( <i>Citrus sinensis</i> y <i>Sitrus latifolia</i> )	32
Departamento de Antioquia	32
Departamento de Caldas	34
Departamento de Córdoba	36
Departamento de Cundinamarca	38
Departamento del Meta	40
Departamento de Santander	42
Departamento del Tolima	44
Departamento del Valle del Cauca	46
3.3.2. Dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama ( <i>Swinglea glutinosa</i> )	48

# CONTENIDO

Departamento de Antioquia	46
Departamento de Caldas	50
Departamento de Córdoba	52
Departamento de Cundinamarca	54
Departamento del Meta	56
Departamento de Santander	58
Departamento del Tolima	60
Departamento del Valle del Cauca	62
3.4. Discusión	64
<b>4. Distribución espacio temporal de <i>Diaphorina citri</i></b>	<b>67</b>
4.1. Introducción	68
4.2. Distribución potencial de cítricos.	68
4.3. Modelo conceptual de dinámica poblacional de <i>Diaphorina citri</i>	74
4.3.1. Influencia de la temperatura en la dinámica poblacional de <i>Diaphorina citri</i>	75
4.3.2. La variación espacial y temporal de la temperatura media diaria en Colombia	76
4.4. Simulación de la dinámica poblacional de <i>Diaphorina citri</i> en Colombia	78
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>83</b>

# Presentación

---

En los últimos años, la citricultura mundial y en particular la del hemisferio occidental ha estado amenazada por el arribo, dispersión y establecimiento de un Psílido procedente de la región asiática: *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), que provoca cuantiosos daños en plantas de la familia Rutaceae, debido a que las ninfas y adultos extraen grandes cantidades de savia durante el proceso de alimentación, lo que propicia la formación de fumagina en la superficie de las hojas. Además de los daños directos que este insecto causa, representa también una grave amenaza para la industria cítrica en general, debido a que es vector de la bacteria restringida al floema *Candidatus Liberibacter* spp., causante del “Huanglongbing” o dragón amarillo de los cítricos, una enfermedad muy devastadora, incluso en mayor grado a la causada por el Virus de la Tristeza de los Cítricos. Diversos han sido los mecanismos de lucha y erradicación tanto del huésped como del hospedero, que van desde el uso de antibióticos para el combate del agente causal *Candidatus Liberibacter asiaticus*, la aplicación de plaguicidas de origen químico contra el vector, el control biológico, hasta la erradicación de las plantas con síntomas característicos o que hayan sido diagnosticadas como positivas a la enfermedad. Pero lo cierto es que ninguna de ellas ha brindado una solución eficaz hasta el momento y los países con más experiencia en el manejo de la misma han optado por convivir con ella y obtener frutos durante un tercio de la vida útil de las plantas.

Actualmente, la enfermedad está distribuida en varios países productores de cítricos donde ocasiona severos daños a los árboles y cuantiosas pérdidas económicas. En los árboles infectados por el patógeno, los frutos se deforman completamente y resultan inaceptables en el mercado. Desde 1998 se ha reconocido la presencia de esta enfermedad en los Estados Unidos, Cuba y otros países del Caribe, en México desde el 2002 y en Brasil desde el 2004, lo que ha puesto en estado de alerta a la región.

En tal sentido, este proyecto “Identificación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en los cultivos de cítricos de Colombia: una herramienta para implementar un sistema piloto de seguimiento de poblaciones del insecto vector del HLB”, constituye hasta el momento la iniciativa más extensa coordinada para desarrollar alternativas para el manejo del complejo HLB- *D. citri*; ya que durante la ejecución del mismo, se pretende ofrecer una panorámica nacional (general) sobre la problemática de *D. citri* y el agente causal de la enfermedad, dispersión y establecimiento en nuevas áreas, medidas de control adoptadas, entre otros aspectos, que sirvan de complemento para establecer un plan rector de manejo, control y erradicación de esta plaga liderado por el ICA.



# 1

## Biología de *Diaphorina citri* Kuwayama

Adriana Ortiz Reyes M.Sc., DCs., Sonia Maribel Fúel M.Sc (c), Lina Marcela Mejía M.Sc (c),  
Juan Humberto Guarín M.Sc., Ph.D., Emilio Arévalo Peñaranda M.Sc.





El ciclo de vida del insecto está fuertemente asociado a plantas de la familia Rutaceae, especialmente las especies de los géneros *Murraya* y *Citrus* (Halbert y Manjunath, 2004). El área de distribución de este insecto es amplia, su origen es Asia, pero en la actualidad se encuentra en la India, América, Centroamérica y Suramérica (Alemán et al., 2007). En Colombia, esta especie fue reportada oficialmente por el ICA en un huerto de Lima cv. Tahití en la vereda Agua Blanca en el Espinal Tolima en el año 2007 (King et al., 2008). Para el año 2013 el insecto se encuentra establecido en casi toda la zona cítrica de Colombia (Figura 1-1). Los adultos y estados inmaduros son herbívoros y cuando las poblaciones son altas, especialmente las ninfas, pueden generar daños a los brotes por ser el sitio de preferencia para la alimentación o propiciar interacciones con hormigas que se ven atraídas por la producción de secreciones azucaradas por parte de las ninfas (Fonseca et al., 2007). El principal daño que causa *D. citri* se relaciona con la participación del insecto como vector de la bacteria limitada al floema (*Candidatus Liberibacter* spp.), responsable de la enfermedad Huanglongbing (HLB), considerada como una enfermedad catastrófica para los cítricos (Halbert y Manjunath 2004; Alemán et al., 2007; Fonseca et al., 2007; Hall, 2008).

El ciclo de vida del insecto ha sido estudiado por diferentes autores que señalan la importancia de la temperatura y la humedad en la duración del ciclo, el cual puede variar de 14 a 50 días (Liu y Tsai, 2000; Cabrera-Mireles et al., 2011). Sobre la influencia de la humedad relativa McFarland y Hoy (2001) señalan que la supervivencia del insecto aumenta con el incremento de la humedad relativa pero disminuye con el incremento de la temperatura.

El principal objetivo de este trabajo fue determinar el ciclo de vida del Psílido en tres plantas hospederas: *Citrus sinensis* Osbeck, *Murraya paniculata* (L.) Jack. y *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. Para seleccionar la planta más adecuada para el mantenimiento de la colonia y evaluar los efectos potenciales que se producen sobre algunas características de la historia de vida de la *Diaphorina citri* como resultado de los cambios de temperatura.

### 1.1.1. IDENTIDAD

**Nombre científico:** *Diaphorina citri* Kuwayama

**Posición taxonómica:**

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Psylloidea

Familia: Liviidae

Subfamilia: Euphyllurinae

Tribu: Diaphorinini

Género: *Diaphorina*

Especie: *Diaphorina citri*

Sinonimia: *Euphalerus citri*

**Nombres comunes:**

Psílido asiático, Psílido asiático de los cítricos, chicharritas.



### 1.1.2. HOSPEDANTES

Las plantas preferidas del insecto se restringen a especies de la familia Rutaceae, por lo que es un problema para las especies de cítricos.

Para el desarrollo de este trabajo se evaluaron:

Limón tahiti - *Citrus latifolia* Tanaka

Naranja valencia - *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

Limón ornamental, limoncillo o swinglea - *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr.

Mirto o Flor de Azahar - *Murraya paniculata* (L.) Jack



**A** *Citrus latifolia*  
(Limón Tahiti)



**B** *Citrus sinensis*  
(Naranja)



**C** *Swinglea glutinosa*  
(limoncillo o swinglea)



**D** *Murraya paniculata*  
(Mirto o Azahar de la India)

**Figura 1-2.** Plantas evaluadas

### 1.1.3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL INSECTO

#### ■ Huevos

Los huevos presentan una forma ovoide con una prolongación alargada hacia una de las puntas. Recién colocados son de color amarillo claro, tornándose anaranjados próximos a eclosionar. Son colocados verticalmente en los ápices de los cogollos o en los primordios. Una hembra puede llegar a ovipositar más de 800 huevecillos. Tienen un periodo de incubación de 2 a 3 días a 27°C. (Figura 1-3)



Figura 1-3. Huevos de *Diaphorina citri*

#### ■ Ninfas

Este insecto pasa por cinco instares ninfales (Figura 1-4), que varían en tamaño y características morfológicas después de cada muda. Las ninfas tienen forma de escama, son amarillentas, tienen los ojos rojos bien definidos; excretan filamentos cerosos, llegándose a observar a estos filamentos con forma de espirales largas que salen del extremo abdominal (Halbert y Manjunath, 2004). Es posible que se establezcan asociaciones con hormigas atraídas por estas secreciones como fuente de alimento.

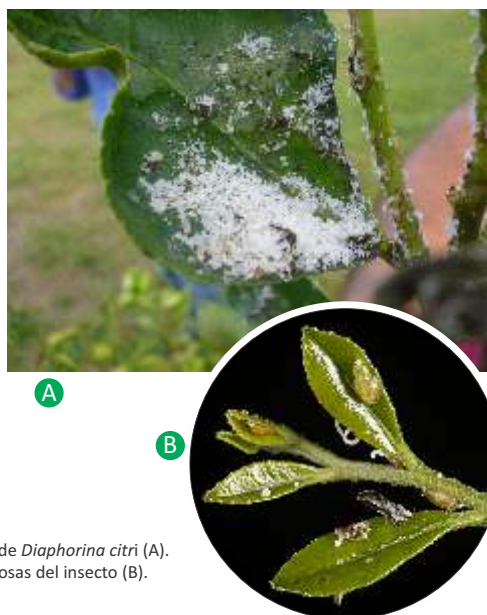


Figura 1-4. Ninfas de *Diaphorina citri* (A). Excreciones cerosas del insecto (B).

Las ninfas presentan una forma aplanada dorso-ventralmente, cuerpo de forma oval, cabeza y tórax fusionados, ojos compuestos de color rojo. Se caracterizan por presentar un color anaranjado-amarillo. Presentan setas a lo largo del abdomen, el número de filamentos varía de acuerdo al instar en el que se encuentren. Los primordios de las alas son conspicuos, especialmente en el quinto instar (Figura 1-5). Las ninfas se alimentan de tejidos tiernos y presentan poca movilidad en los primeros estados de desarrollo, el tamaño varía de acuerdo al instar y a la temperatura en la que se desarrollen (Yang, 1984).

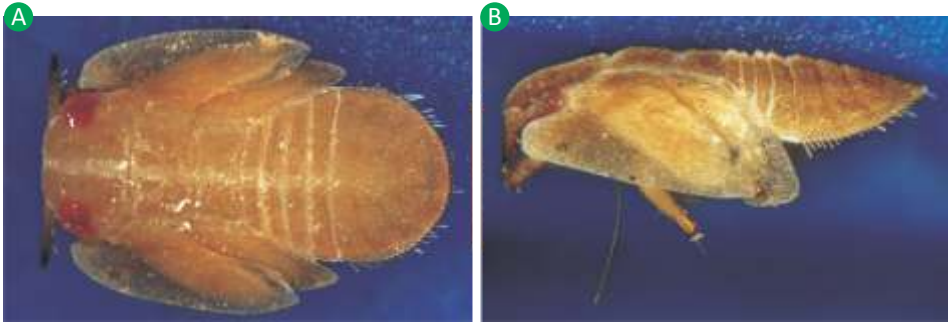


Figura 1-5. Ninfa V *D. citri*, cuerpo ovalado, se observan los primordios alares bien desarrollados, vista frontal (A). Cuerpo aplanado dorso ventralmente. Color generalmente amarillo a marrón. La longitud del cuerpo: 1,45-1,58 mm, vista lateral (B).

## ■ Adultos

Generalmente de color marrón. Cabeza ligeramente más estrecha que el tórax, la posición de los adultos durante el reposo es una característica, con la cabeza prácticamente pegada al sustrato y la punta del abdomen hacia arriba en un ángulo de 30° aproximadamente. Las alas anteriores hialinas, las anteriores son más largas que las posteriores. Su coloración va de verde cuando son recién emergidos a marrón cuando alcanzan su madurez (Figura 1-6). El macho es levemente más pequeño que las hembras, presenta placa subgenital corta y redondeada. La hembra presenta una terminalia alargada y también hay presencia de setas (Yang, 1984).



Figura 1-6. Adulto *Diaphorina citri*

## 1.2. Metodología

### 1.2.1. Ciclo Biológico del Psílido en tres plantas hospederas

Los primeros adultos se coleccionaron en el jardín de *Murraya paniculata* (Azahar de la India) en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Se colectaron hembras grávidas, posteriormente fueron ubicadas de forma individual en recipientes plásticos de 12 onzas, y a su vez, selladas con tapas perforadas y cubiertas con lino. Al interior de cada vaso se ubicó un brote de cada especie a analizar (*Murraya paniculata*, *Swinglea glutinosa*, *Citrus sinensis*), éste a su vez fue introducido sobre otro vaso plástico, el cual contenía una lámina de agua adicionada con elementos de efecto nutricional y fungicida, el propósito permitir que la parte basal del brote estuviera en contacto permanente con la lámina de agua (Figura 1-7).

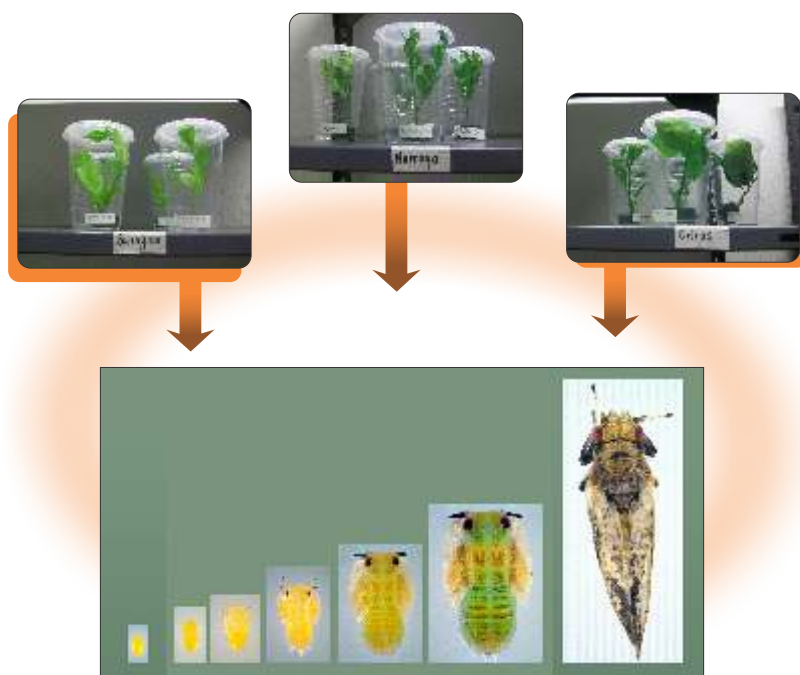


Figura 1-7. Evaluación del ciclo biológico de *D. citri* en tres plantas hospederas, *Swinglea glutinosa*, *Citrus sinensis*, *Murraya paniculata*.

### 1.2.2. Ciclo Biológico del Psílido en tres temperaturas

Los experimentos para evaluar el ciclo biológico del insecto se realizaron a partir de la primera generación, se seleccionó para cada tratamiento 600 huevos de 6-8 horas de edad. Los individuos fueron criados en una cámara climatizada con temperaturas constantes (17°C, 27°C, 31 °C), humedad relativa del 60-70%, fotoperiodo 14 horas luz y 10 horas oscuridad, las ninfas fueron individualizadas después de la eclosión y del ciclo (Figura 11). Obtenidas las posturas, se inició seguimiento y se individualizaron las ninfas. A partir del primer instar, se tomaron registros diarios de novedades morfológicas con auxilio de estereoscopio y verificadas con muda de exuvias, las que fueron retiradas

para establecer el número de huevos que puede ovipositar una sola hembra en condiciones controladas, se dispuso de diez machos y diez hembras en las jaulas de apareamiento. La fecundidad fue expresada como el número total de huevos puestos durante la vida de la hembra, dividido por los días de vida después de la cópula (Figura 1-8).

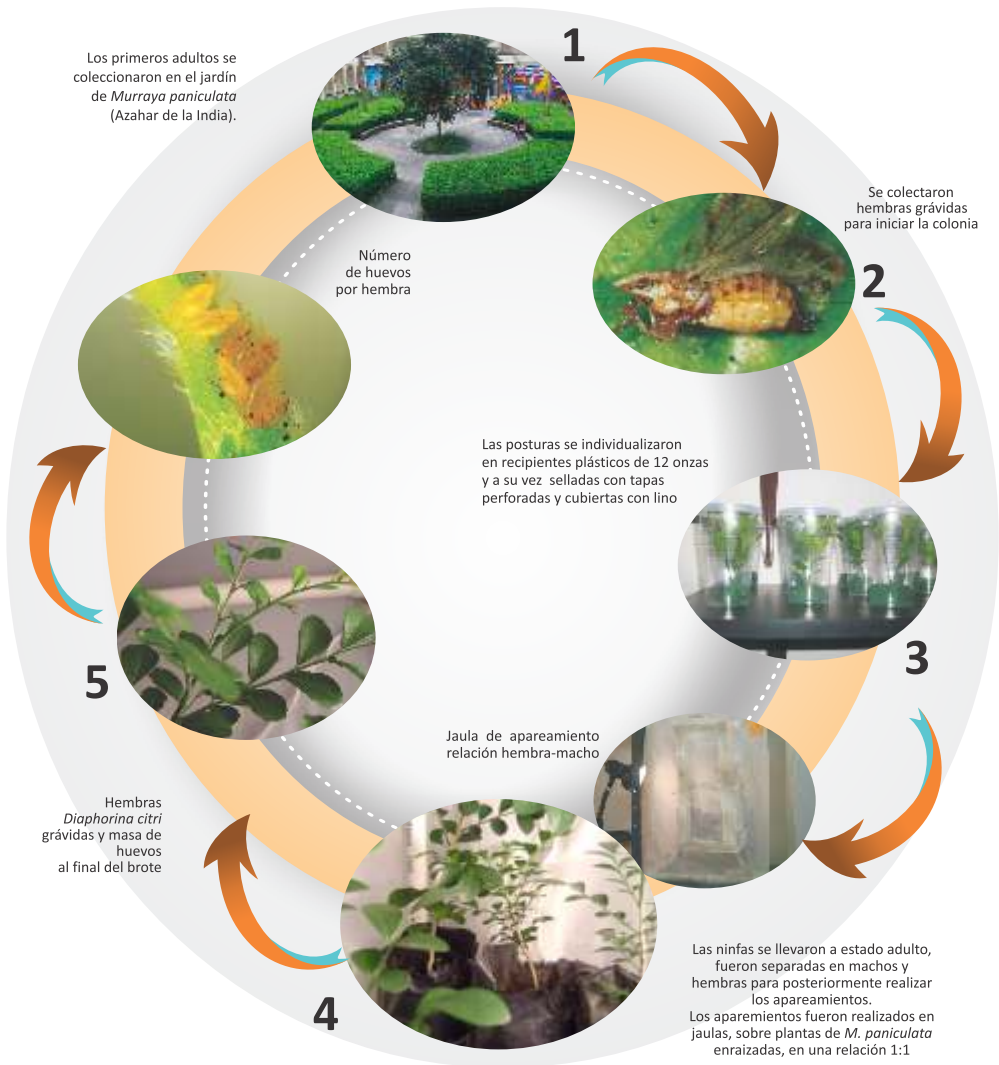


Figura 1-8. Esquema de la metodología utilizada para la prueba de fecundidad de las hembras de *D. citri* utilizando 3 temperaturas (17,27 y 31°C)

## 1.3. Resultados

### 1.3.1. Determinación del ciclo de vida de *Diaphorina citri* en tres plantas hospederas

La duración del ciclo de desarrollo de *Diaphorina citri* en los tres hospederos evaluados (*M. paniculata*, *S. glutinosa* y *Citrus sinensis*), estadísticamente no presenta diferencias significativas, mostrando valores de 23,36 , 21,8 y 22,59 días respectivamente, considerando que se manejó bajo las mismas condiciones ambientales con temperatura promedio de  $23,85^{\circ}\text{C} \pm 0,91^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa  $68\% \pm 2\%$  y fotoperiodo 12:12 (horas luz: oscuridad). Prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ). (Tabla 1-1 y Tabla 1-2).

El resultado de este trabajo coincide con Tsai y Liu (2000); Nava et al. (2007) y Fonseca et al. (2007) porque no se encuentran diferencias significativas en el tiempo total del ciclo entre las tres plantas hospederas. Con relación a los estados inmaduros, se encontraron diferencias en el tiempo de desarrollo para los instares I y III cuando la planta hospedante fue *Swinglea glutinosa* con temperatura promedio de  $23,85^{\circ}\text{C} \pm 0,91^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa  $68\% \pm 2\%$  y fotoperiodo 12:12 (Tabla 1-1). Tsai y Liu (2000) señalan que la duración del quinto instar fue significativamente superior sobre *C. jambhiri* y menor sobre *C. paradisi* a  $25^{\circ}\text{C}$  de temperatura, 75-80% H.R. y fotoperiodo 13:11. El trabajo realizado por Fonseca et al. (2007) reporta la misma tendencia en los resultados, los menores tiempos de desarrollo de los instares II, III y IV cuando la planta hospederas utilizada para la cría fue *C. grandis*. Estas diferencias pueden obedecer a diferencias en las plantas hospederas, la temperatura o el sistema de cría del insecto.

**Tabla 1-1.** Resultados de la duración del ciclo de vida de *Diaphorina citri* en tres hospederos

Hospedero	n	Duración [Días]							
		Huevo H	I	II	Ninfa III	IV	V	Ninfal	H-N
<i>Murraya paniculata</i>	25	6,04	3,48	3,28	2,96	3,04	4,56	17,32	23,36
		$\pm 1.31$	$\pm 0.87$	$\pm 1.21$	$\pm 0.73$	$\pm 0.68$	$\pm 1.29$	$\pm 1.18$	$\pm 2.18$
<i>Swinglea glutinosa</i>	25	4,88	2,80	2,96	2,92	3,28	4,96	16,92	21,80
		$\pm 0.97$	$\pm 0.82$	$\pm 0.54$	$\pm 0.70$	$\pm 0.79$	$\pm 1.02$	$\pm 1.68$	$\pm 2.40$
<i>Citrus sinensis</i>	25	5,52	3,11	2,89	3,44	3,56	4,07	17,07	22,59
		$\pm 0.98$	$\pm 1.01$	$\pm 0.51$	$\pm 1.12$	$\pm 0.93$	$\pm 0.92$	$\pm 1.09$	$\pm 2.62$

T°  $23.85^{\circ}\text{C} \pm 0.91^{\circ}\text{C}$ , Humedad Relativa  $68\% \pm 2\%$ , fotoperiodo 12:12 (horas luz: oscuridad).

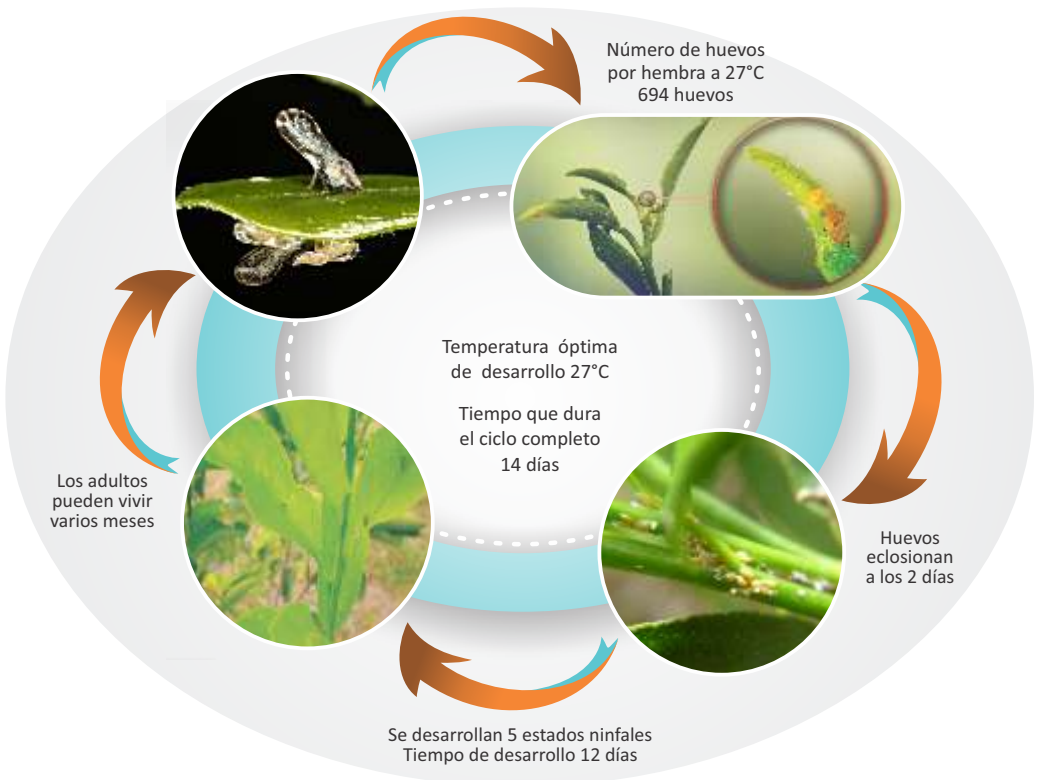
### 1.3.2. Efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo de *Diaphorina citri*

La duración del ciclo de desarrollo de *Diaphorina citri* en las tres temperaturas evaluadas (17, 27, 31 °C), mostraron valores de 30, 14 y 12 días respectivamente, humedad relativa 60 - 70% y fotoperiodo 14L: 10D (horas luz: oscuridad) (Tabla 1-2). El resultado de este trabajo coincide con Liu y Tsai (2000) y Nava et al. (2007), coincidiendo con la duración en tiempo para el ciclo de desarrollo en las temperaturas de 28°C (14.06 ± 0.21) y (15.4 ± 0.16 días) respectivamente. En este estudio, el ciclo biológico duró 14 días en una temperatura de 27°C. (Figura 1-9). Estos resultados coinciden con otros autores, en concluir un rango óptimo de desarrollo para *D. citri* entre 25 a 28°C. También es congruente con las otras temperaturas evaluadas, donde se observa que el ciclo se afecta cuando las temperaturas están por debajo de 17°C, en el caso de este estudio o cuando son superiores a 31°C.

**Tabla 1-2.** Ciclo de vida de *D. citri* bajo tres condiciones de temperatura.

Temperatura	Duración por instar (día)						
	Huevo	Ninfa I	Ninfa II	Ninfa III	Ninfa IV	Ninfa V	Total
17°C	5,3 ± 0,6 A	3,5 ± 1,1 A	3,8 ± 0,6 A	5,7 ± 0,7 A	4,6 ± 1,0 A	7,1 ± 1,9 A	30,0 ± 3,9 A
27°C	2,3 ± 0,3 B	2,0 ± 0,1 B	1,9 ± 0,3 B	2,0 ± 0,3 B	2,0 ± 0,2 B	3,7 ± 0,4 B	14,0 ± 1,2 B
31°C	1,9 ± 0,2 C	2,0 ± 0,4 B	1,0 ± 0,0 C	2,0 ± 0,1 B	2,0 ± 0,1 B	3,0 ± 0,5 B	12,0 ± 1,0 B

Valores seguidos por la misma letra en la columna no son diferentes en la prueba de Tukey (P<0.05)



**Figura 1-9.** Esquema de ciclo de vida de *Diaphorina citri* con una temperatura de 27°C y humedad relativa entre 45-60%

### 1.3.3. Capacidad reproductiva en *Diaphorina citri*

En *Diaphorina citri* la temperatura tuvo un efecto significativo sobre la fecundidad de las hembras (Figura 1-10). Sin embargo, en ninguna de las temperaturas a las cuales se mantuvieron los parentales inhibió la reproducción. No obstante, la temperatura de 17°C afectó la producción de huevos en comparación con los tratamientos 27 y 31°C que produjeron 99 y 34% más huevos.

La fecundidad fue de 23, 694 y 240 huevos por hembra a 17, 27 y 31°C, respectivamente. Estos resultados muestran el efecto de la temperatura sobre la fecundidad de las hembras. Los resultados presentan diferencias con el trabajo reportado por Liu y Tsai (2000), a una temperatura de 15°C el número de huevos puestos por la hembra fue de  $171 \pm 25,1$ , comparado con el resultado de este trabajo que a una temperatura de 17°C el número de huevos fue de 23. La segunda temperatura fue de 28°C y la postura de las hembras fue de  $748 \pm 34,7$  huevos, mientras que en el ensayo de este trabajo a una temperatura de 27°C la postura fue de 694 huevos. En la temperatura más alta, los autores obtuvieron  $316 \pm 30,9$  huevos a 30°C y en este ensayo a 31°C se obtuvieron 240 huevos. A pesar de la diferencia, se observa que existe la misma tendencia y dentro de las temperaturas óptimas de desarrollo del insecto (25-28°C), se observa un incremento importante en la producción de huevos.

La variación observada para esta variable puede estar relacionada a varios factores externos que pueden influir en el proceso completo de la ovogénesis. Dentro de los más importantes se han mencionado la temperatura, el fotoperiodo, la humedad, la cantidad y la calidad del alimento, la disponibilidad de hospedero y la cópula, entre otros (Engelmann, 1970). En este sentido, el hospedero fue el mismo y es difícil evaluar la calidad nutricional de la planta, pero hubo diferencias en el fotoperiodo y la humedad relativa utilizada.

En el estudio realizado por Pappas et al. (2008), los autores reportan como la humedad relativa afecta significativamente la longevidad y producción media de huevos en *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae). Aunque esta especie pertenece a un orden diferente, el efecto fisiológico es semejante afectando la fecundidad. En el trabajo realizado la humedad estuvo en un rango de 60 a 70% HR. Mientras que en los trabajos reportados por otros autores estuvo por encima de 70 a 80% (Liu y Tsai, 2000; Nava et al., 2007).

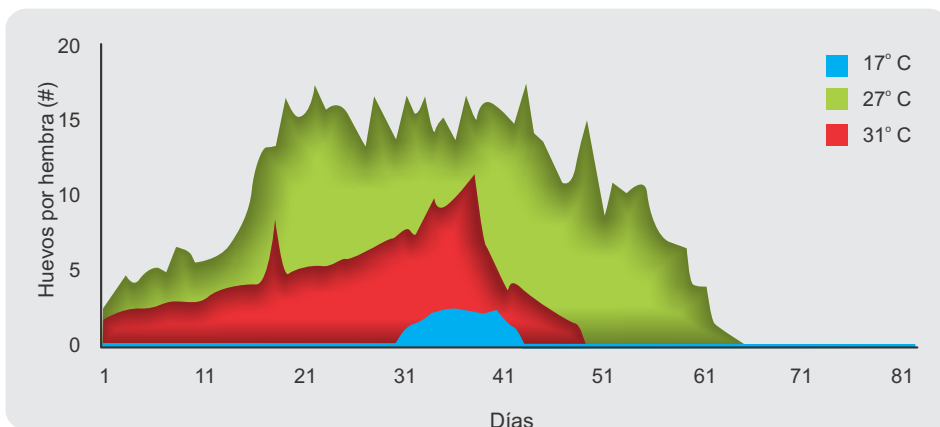


Figura 1-10. Efecto de la temperatura sobre la fecundidad (número de huevos por hembra) en *D. citri*.




## 1.4. Conclusiones

---

- La duración del ciclo de vida de *Diaphorina citri* en *Murraya paniculata*, *Swinglea glutinosa* y *Citrus sinensis* no presenta diferencias significativas. Considerando que las pruebas se llevaron a cabo bajo las mismas condiciones de temperatura, humedad relativa y fotoperiodo.
- *Murraya paniculata* y *Swinglea glutinosa* pueden jugar un papel importante en la expansión del insecto *D. citri* vector del HLB. Ambas especies son introducidas y se encuentran ampliamente distribuidas en áreas urbanas, la primera como planta de jardín o utilizada para adornos florales y la segunda se utiliza como cerco vivo de fincas y cerramientos residenciales. Ambas especies pueden producir brotes continuamente por el tipo de manejo al que son sometidas. Esto podría servir como un hospedero alternativo y mantener poblaciones de *D. citri* durante el periodo cuando los brotes jóvenes de cítricos no están disponibles en los cultivos comerciales.
- La temperatura es uno de los factores más importantes que afecta el crecimiento de los artrópodos. Los resultados muestran el efecto de la temperatura sobre el desarrollo, supervivencia, longevidad y reproducción de *D. citri*. La temperatura óptima de desarrollo en este estudio fue 27°C, resultado que coincide con otros estudios realizados en condiciones de laboratorio.

# 2



**Relación de la brotación de las plantas  
*Citrus sinensis*, *Citrus latifolia*  
y *Swinglea glutinosa* con la precipitación  
en diferentes regiones productoras  
de cítricos en Colombia**

Hans Nicolás Chaparro-Zambrano I.A., Javier Orlando Orduz-Rodríguez Ph.D.



La fenología reúne información sobre el inicio, la culminación y la duración de cada etapa de desarrollo en plantas y correlaciona esta información con los factores y elementos ambientales (Heuveldop et. al., 1986).

En las regiones productoras del subtrópico, los ciclos anuales de crecimiento y desarrollo de las plantas cítricas están regulados por las modificaciones climáticas de las estaciones. El régimen térmico tiene influencia directa sobre la duración de cada fase fenológica. En condiciones tropicales cerca del ecuador geográfico, los climas son isotérmicos y sólo en las regiones del trópico alto, las temperaturas limitan la producción comercial de los cítricos (Orduz, 2007). Dado que la temperatura es relativamente constante y solo varía de acuerdo a la altitud sobre el nivel del mar, el crecimiento vegetativo y floral está determinado principalmente por la precipitación.

En cítricos y hospederos susceptibles a la ocurrencia de la infección conocida como Huanglongbing (HLB), es necesaria la expresión de su agente causal, la bacteria *Candidatus Liberibacter americanus* (Teixeira et al., 2005), y la del vector el Psilido Asiático de los Cítricos (PAC) *Diaphorina citri*, (Tirtawidjaja et al., 1965). El ciclo de vida del vector se desarrolla principalmente en brotes de la planta, donde la hembra puede ovopositar hasta 800 huevos durante toda su vida (Mead y Fasulo, 2007). Los huevos tardan tres días para su incubación y el desarrollo ninfal se cumple en 12 días a 25°C (Catling, 1968).

Se determinaron los principales estadios fenológicos jóvenes de las plantas del género *Citrus* (*Citrus latifolia* o *Citrus sinensis*) y de *Swinglea glutinosa* utilizando la escala de Garran et al. (1993), la cual permite cuantificar el número de brotes vegetativos y reproductivos que se encuentran en crecimiento de cada región. Estas etapas van desde brotes iniciales hasta hojas, alcanzando su tamaño final tiernas (B1, B2, B3 y B4), de las plantas de *Citrus latifolia* y *Citrus sinensis* dependiendo de la región y de *Swinglea glutinosa*, en cada una de las regiones.



Planta de lima Tahiti (*C. latifolia*) estadio fenológico B3 con ninfas de *Diaphorina citri*. Corpoica, C.I La Libertad, . Foto, David Hernández.

Las mediciones fenológicas se realizaron en 10 árboles del género *Citrus* en sistemas de producción localizados en los departamentos de Antioquia, Caldas, Córdoba, Cundinamarca, Meta, Santander, Tolima y Valle del Cauca. El crecimiento de *S. glutinosa* se evaluó en 10 plantas en los ocho departamentos. Para el caso de *C. sinensis*, el monitoreo se llevó a cabo únicamente en los departamentos de Antioquia, Córdoba y Meta. Para *C. latifolia* se hizo solamente en Caldas, Cundinamarca, Santander, Tolima y Valle del Cauca. Se utilizó la información de precipitación pluviométrica obtenida de las estaciones climáticas del IDEAM ubicadas en los ocho departamentos de Colombia en los siguientes periodos de tiempo: Antioquia (agosto 2012-agosto 2013), Caldas (octubre 2012-octubre 2013), Córdoba (septiembre 2012- julio 2013), Cundinamarca (septiembre 2012-julio 2013), Meta (enero 2013- noviembre 2013), Santander (septiembre 2012- julio 2013), Tolima (septiembre 2012- julio 2013) y Valle del Cauca (septiembre 2012 – julio 2013).

Los picos de precipitación pluviométrica se presentaron entre los meses de abril y junio de 2013 para todas las regiones, excepto Santander donde el valor más alto se registró en noviembre-diciembre de 2012. Los meses de abril-mayo de 2013 presentaron un pico de precipitación menor (Figura 2-6).

En las evaluaciones del género *Citrus*, se observó una correlación entre el crecimiento de nuevos brotes y los valores de precipitación para cada región, por tanto los picos de crecimiento vegetativo fueron así:

En las condiciones del departamento de Antioquia, la principal brotación de *C. sinensis* se presentó en febrero-marzo de 2013, las secundarias ocurrieron en septiembre-octubre de 2012 y junio 2013 (Figura 2-1). Para las condiciones ambientales de Caldas, el mayor número de brotes vegetativos se presentaron en febrero de 2013 para *C. latifolia* y hubo tres crecimientos menores en diciembre de 2012, junio y septiembre de 2013 (Figura 2-2). La principal brotación de *C. sinensis* en las condiciones del departamento de Córdoba, se presentó en abril de 2013 (Figura 2-3). Para las condiciones de Cundinamarca, el mayor número de brotes vegetativos de *C. latifolia* se presentaron en octubre de 2012 y unas brotaciones vegetativas secundarias en febrero de 2013 y entre abril y mayo del mismo año (Figura 2-4). En el departamento del Meta, la naranja (*C. sinensis*) tuvo su principal brotación en los meses de febrero-marzo de 2013 y uno secundario en junio de 2013 (Figura 2-5). Para las condiciones de Santander, la mayor brotación *C. latifolia* ocurrió en el mes de febrero de 2013 (Figura 2-6). Las evaluaciones realizadas en el departamento del Tolima presentaron los mayores brotes vegetativos de *C. latifolia* en el mes de enero y mayo de 2013 (Figura 2-7). En las condiciones del departamento del Valle del Cauca la época de mayor brotación para *C. latifolia* se presentó en mayo de 2013 (Figura 2-8).



## ANTIOQUIA

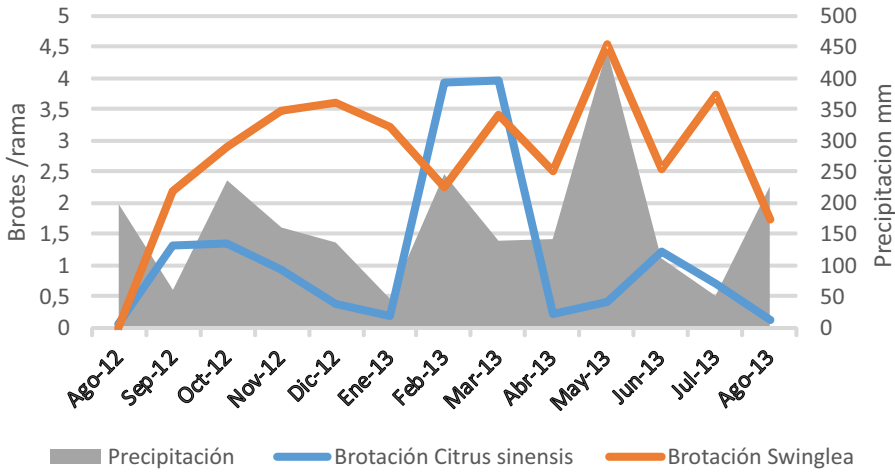


Figura 2-1. Número promedio de brotaciones vegetativas por rama de *C. sinensis*, *S. glutinosa* y precipitación para las fincas evaluadas en el departamento de Antioquia, Agosto 2012 – Agosto 2013 .

## CALDAS

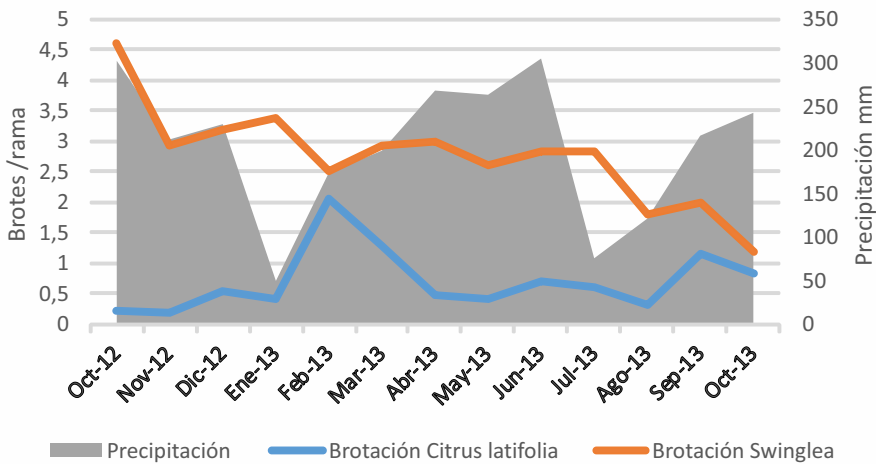
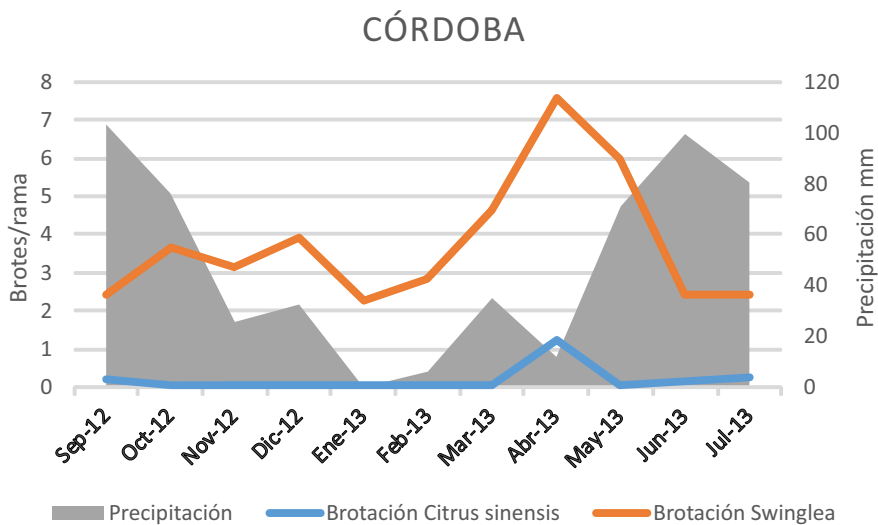
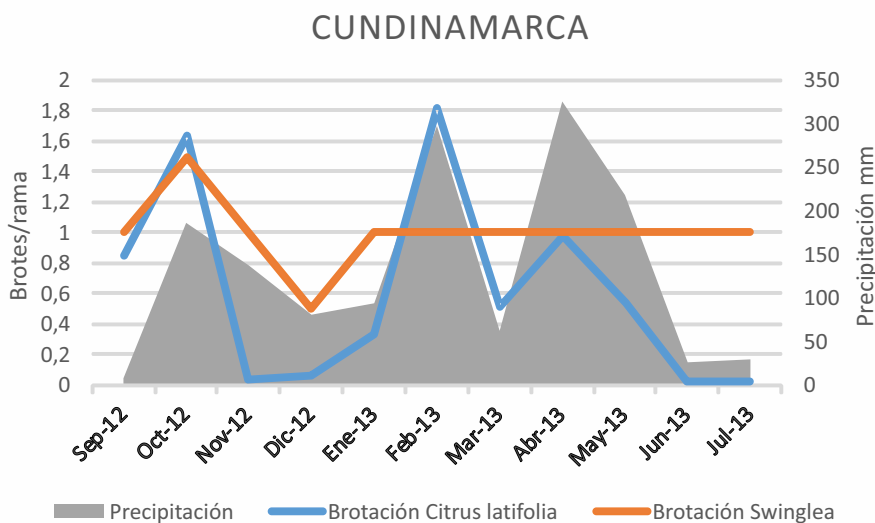


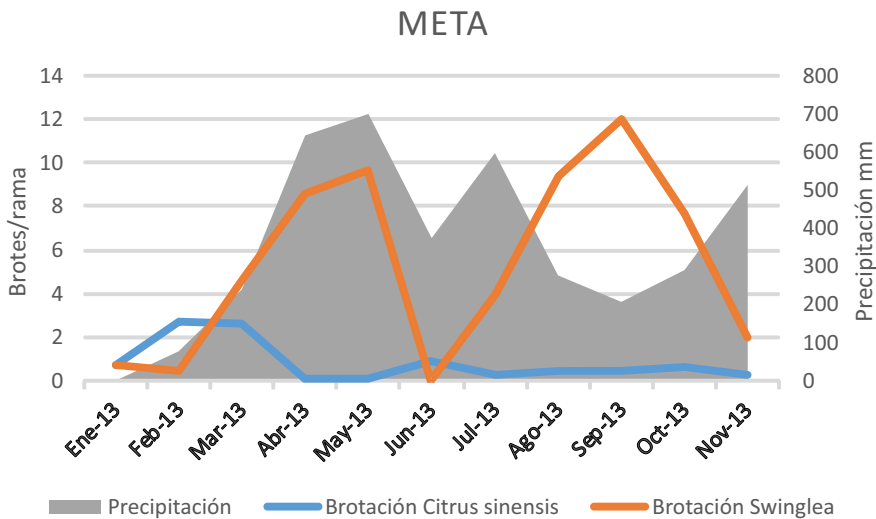
Figura 2-2. Número de brotaciones vegetativas por rama de *C. latifolia*, *S. glutinosa* y precipitación para las fincas evaluadas en el departamento de Caldas, octubre 2012- octubre 2013.



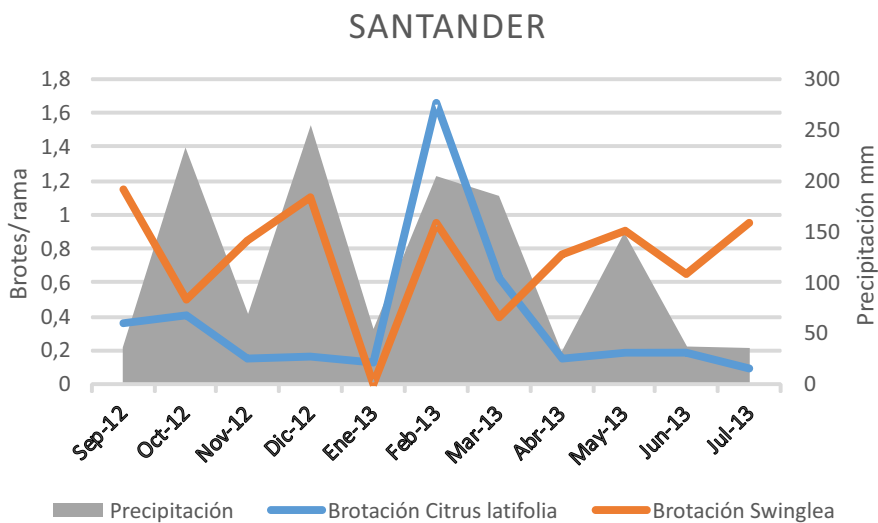
**Figura 2-3.** Número de brotaciones vegetativas por rama de *C. sinensis*, *S. glutinosa* y precipitación para las fincas evaluadas en el departamento de Córdoba, septiembre 2012- julio 2013.



**Figura 2-4.** Número de brotaciones vegetativas por rama de *C. latifolia*, *S. glutinosa* y precipitación para las fincas evaluadas en el departamento de Cundinamarca, septiembre 2012- julio 2013.



**Figura 2-5.** Número de brotaciones vegetativas por rama de *C. sinensis*, *S. glutinosa* y precipitación para las fincas evaluadas en el departamento de Meta, enero 2013- noviembre 2013.



**Figura 2-6.** Número de brotaciones vegetativas por rama de *C. latifolia*, *S. glutinosa* y precipitación para las fincas evaluadas en el departamento de Santander, septiembre 2012- julio 2013.

## TOLIMA

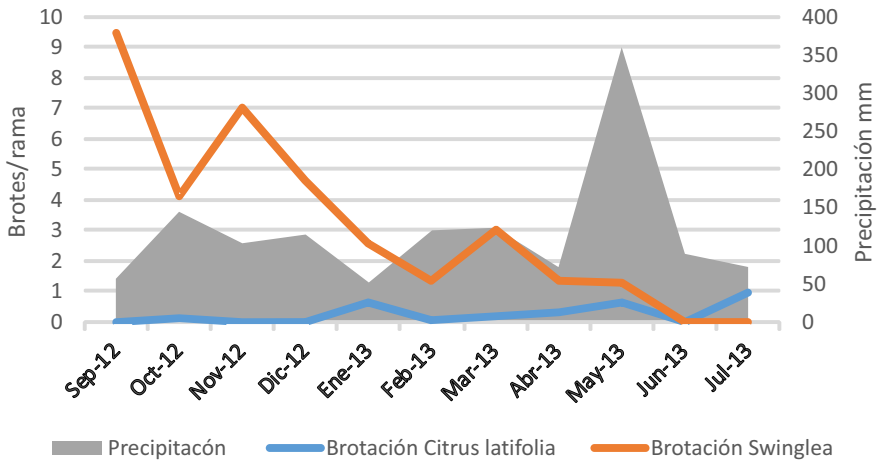


Figura 2-7. Número de brotaciones vegetativas por rama de *C. latifolia*, *S. glutinosa* y precipitación para las fincas evaluadas en el departamento de Tolima, septiembre 2012- julio 2013.

## VALLE DEL CAUCA

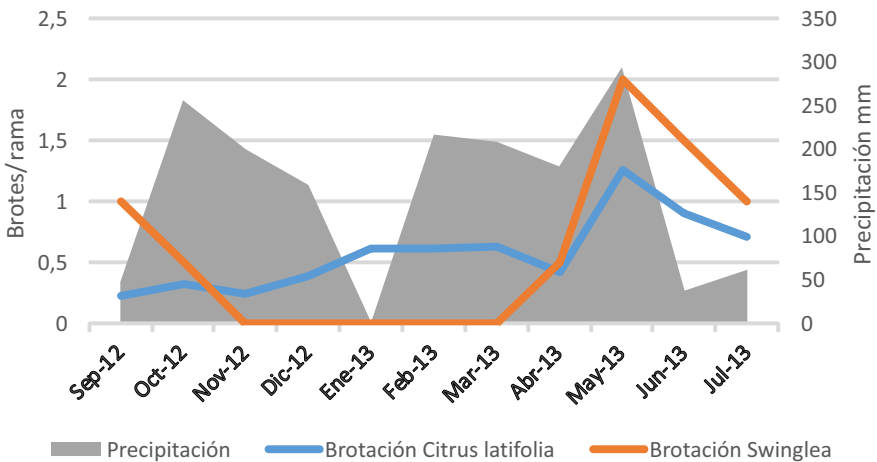


Figura 2-8. Número de brotaciones vegetativas por rama de *C. latifolia*, *S. glutinosa* y precipitación para las fincas evaluadas en el departamento de Valle del Cauca, septiembre 2012- julio 2013.



Los mayores valores de nuevos brotes observados en *S. glutinosa* se deben a que gran parte de la población de plantas evaluadas eran cercas vivas que son podadas y cuentan con arquitectura propia y suministro constante de agua.

La información presentada corresponde a un solo periodo de evaluación, donde se tuvieron determinadas condiciones climáticas. Estas condiciones varían todos los años, y por lo tanto, la respuesta de las plantas y su relación con *D. citri* puede ser diferente en cada ciclo productivo. Si bien se tenían establecidas unas condiciones de manejo del cultivo, las variaciones climáticas incidirán en la programación y ejecución de las distintas labores de manejo. Por esta razón, la evaluación de brotación vegetativa es una importante aproximación para relacionar la oferta ambiental con la variación de estados de desarrollo y crecimiento de la planta en cada región.





3

**Dinámica poblacional  
del Psílido asiático  
de los cítricos  
*Diaphorina citri* Kuwayama**

Joan Gastón Zamora Abrego Ph.D., Sonia Maribel Fuel M.Sc (c).

### 3.1. Introducción

El estudio de la dinámica de la población de *Diaphorina citri* resulta fundamental para entender la biología, la conducta y la ecología del insecto, permitiendo implementar estrategias para su control y manejo. En este sentido, los estudios demográficos proveen información básica para evaluar el estado y la dinámica de poblaciones naturales, estudiando los cambios numéricos al interior de las poblaciones y los factores que influyen directamente sobre el tamaño de las mismas (Caswell, 2000).

Los modelos de matrices poblacionales han sido usados para dirigir diferentes aspectos de la biología y ecología de poblaciones, incluyendo procesos evolutivos (Franco y Silvertown, 1996), patrones demográficos (Golubov et al., 1999) y conservación (Crouse et al., 1987; Contreras y Valverde, 2002). Debido a su amplio potencial de aplicación, los modelos matriciales son comúnmente usados en una amplia variedad de plantas (Esparza-Olguín et al., 2002; Franco y Silvertown, 2004) y animales (Govindarajulu et al., 2005; Ripley y Caswell, 2006). Aunque la historia de vida y la dinámica poblacional de algunas especies de insectos, sobre todo plagas, han sido recientemente bien documentadas (Carey, 1982; 1993; Pilkington y Hoddle, 2007; Polanco et al., 2011), estudios que apliquen los análisis demográficos para evaluar diferentes mecanismos de control de plagas de insectos son todavía escasos.

El principal objetivo de este trabajo, fue identificar la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* en Colombia. Con énfasis en la variabilidad ambiental de cada una de las zonas cítrícolas del país, los sistemas de producción cítrícola, así como las fases fenológicas de dichos cultivos.



## 3.2. Metodología

Área de Estudio: las zonas de trabajo se concentraron en diversas fincas productoras cítricas en los departamentos de Antioquia, Caldas, Córdoba, Cundinamarca, Meta, Santander, Tolima y Valle del Cauca (Figura 3-1).

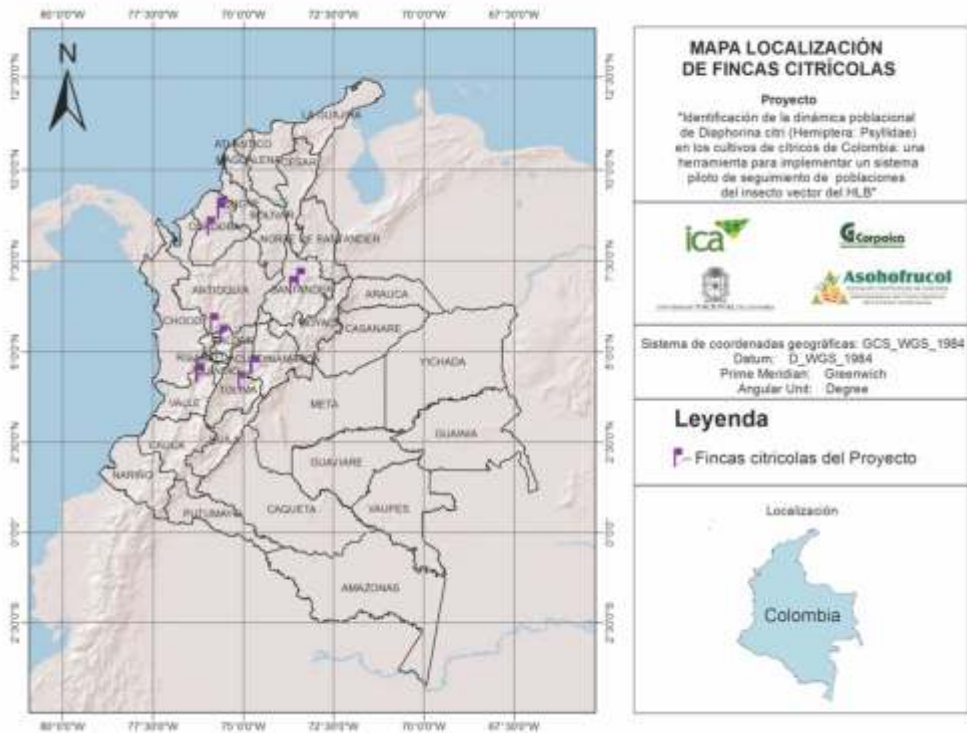


Figura 3-1. Ubicación espacial de las fincas cítricas en los diferentes Departamentos estudiados.

En cada finca se tomaron muestras semanalmente, se eligieron 30 árboles de cítricos (la especie más abundante). De cada árbol se seleccionaron ramas al azar y se cortaron tres ramas de 10 cm de largo, en tres momentos diferentes a las (7:00, 11:00 y 15:00 horas) para un total de 9 brotes por día. Con esta metodología se colectaron huevos, ninfas y adultos sobre las ramas. La metodología fue similar para la planta *Swinglea* (Figura 3-2).

Los adultos fueron colectados utilizando trampas amarillas, se seleccionaron 30 árboles, los mismos donde se colectaron los estados inmaduros. Se colocó una trampa amarilla a una altura de 1.0 a 1.5 m de altura, en cada especie bajo muestreo (cítrico y *Swinglea*). Las trampas se dejaron por 24 horas (Figura 3-3).

Los registros de población del PAC se correlacionaron con la información climática, la temperatura media, la humedad relativa y la precipitación de cada localidad.



Figura 3-2. Esquema de la metodología para coleccionar estados inmaduros de *D. citri*.

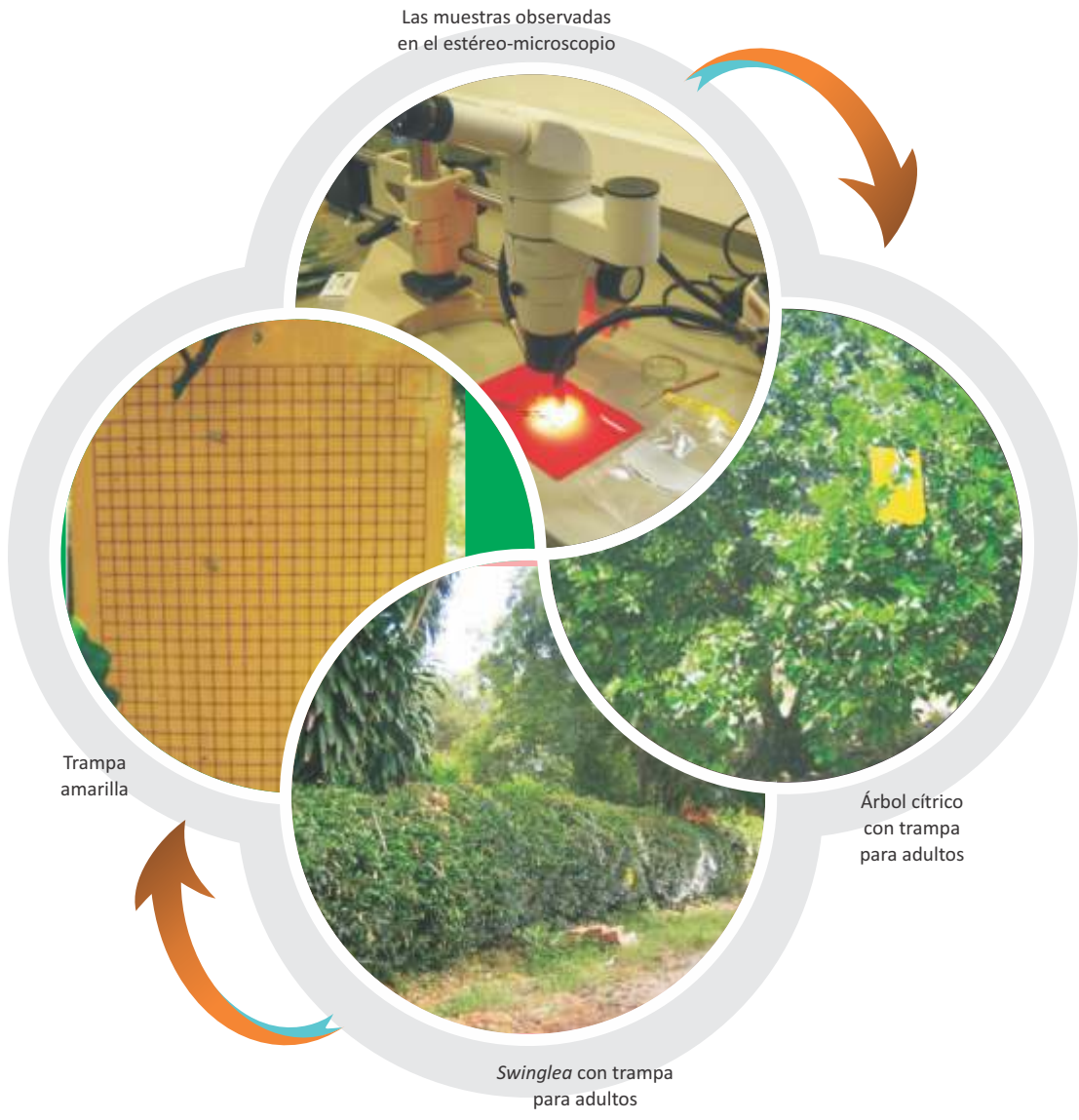


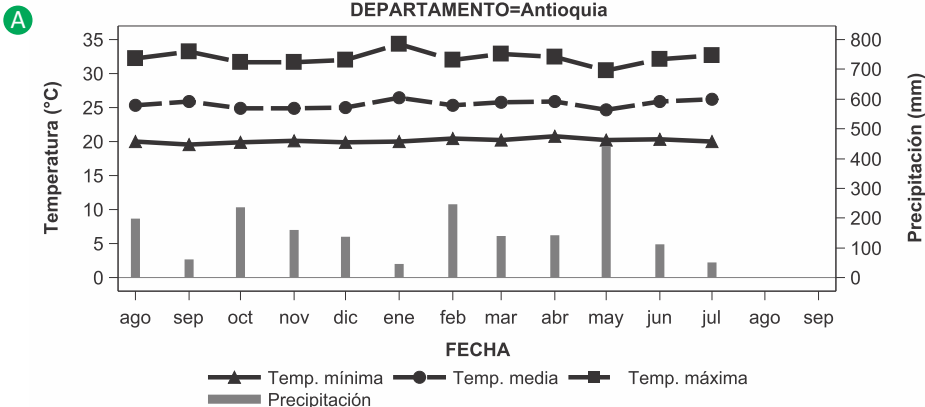
Figura 3-3. Esquema de la metodología para coleccionar adultos de *D. citri*.

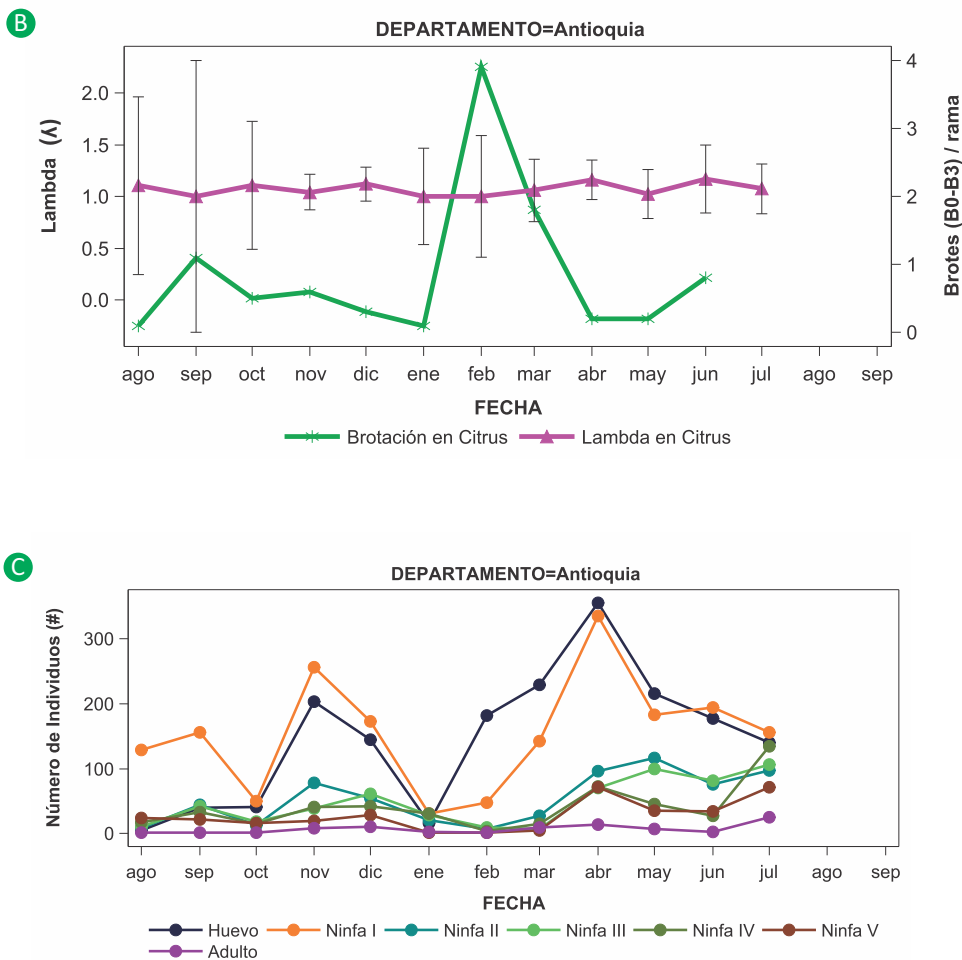
### 3.3. Resultados

#### 3.3.1. Dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (*Citrus latifolia*, *Citri sinensis*)

##### DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

- **Variación climática.**- en la zona de estudio finca Túnez, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de mayo del 2013, con un acumulado total de 447 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 47 mm totales (Figura 3-4A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 1980 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 25°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 34°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 20°C para el mes de julio del 2013 (Figura 3-1A).
- **Brotación.**- el número de brotes por rama fue visiblemente mayor en los meses de febrero y marzo del 2013 con 3,92 y 1,79 brotes/rama en promedio respectivamente. Sin embargo, durante la mayor parte del estudio los niveles de brotación fueron relativamente bajos (Figura 3-4B).
- **Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.**- el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo con un incremento entre el 5 y 20%, tuvo tres picos importantes en los meses de diciembre del 2012, abril y junio del 2013 (Figura 3-4B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de marzo y abril con 230 y 356 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1 en el mes de abril con 336; ninfas N2 en el mes mayo con 117; ninfas N3 y N4 en el mes de julio con 106 y 135 respectivamente; y ninfas N5 durante el mes de abril con 72 (Figura 3-4C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el año, pero con una máxima presencia durante los meses de abril y julio del 2013 con 14 y 25 respectivamente (Figura 3-4C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 2:1 con una máxima presencia durante el mes de julio.



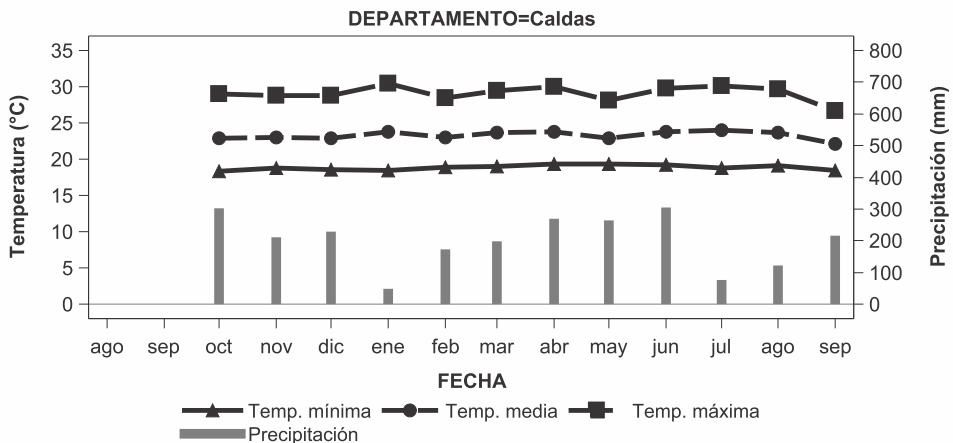


**Figura 3-4.** Análisis ambiental de brotación de cítricos y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama en el departamento de Antioquia. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

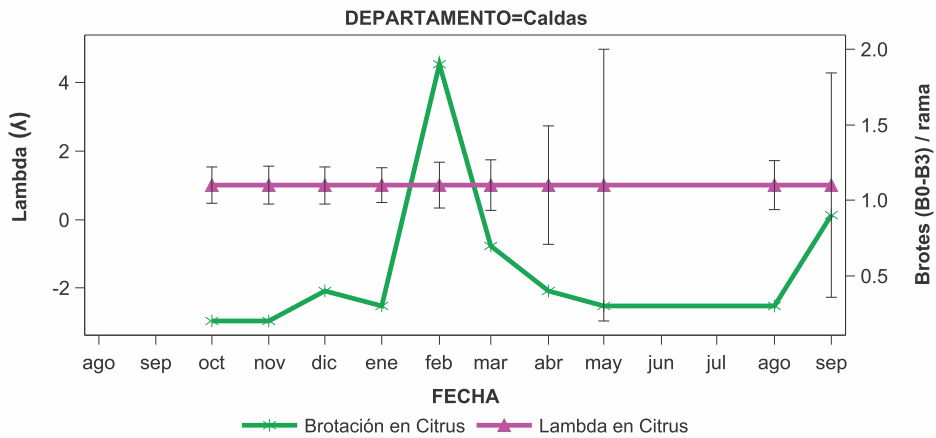
## DEPARTAMENTO DE CALDAS

- **Variación climática.-** en la zona de estudio finca Beltrán, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante los meses de octubre del 2012 y junio del 2013, con un acumulado total de 303 y 305 mm respectivamente. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 50 mm totales (Figura 3-5A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 2421 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 23°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 30°C reportada durante el mes de abril y una mínima de 18°C para el mes de enero del 2013 (Figura 3-5A).
- **Brotación.-** el número de brotes por rama fue visiblemente mayor entre los meses de febrero y marzo del 2013 con 1,87 y 0,65 brotes/rama en promedio respectivamente. Sin embargo, durante la mayor parte del estudio los niveles de brotación fueron relativamente bajos (Figura 3-5B).
- **Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo constante durante todo el periodo de investigación con una estabilidad poblacional ( $\lambda=1.0$ ) (Figura 3-5B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de abril y agosto con 10 y 9 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de las ninfas N1, N3 y N5 en el mes de abril, con 30, 26 y 18 respectivamente (Figura 3-5C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el año, pero con una mínima presencia durante el periodo de estudio con 1 adulto (Figura 3-5C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:1. Los análisis descriptivos sugieren que la precipitación presente en el mes de enero (50 mm), sea la responsable de los niveles bajos de brotación observados en este mes. Sin embargo, cuando los niveles de lluvia aumentaron, como en el caso de febrero y marzo, el número de brotes por árbol se incrementó

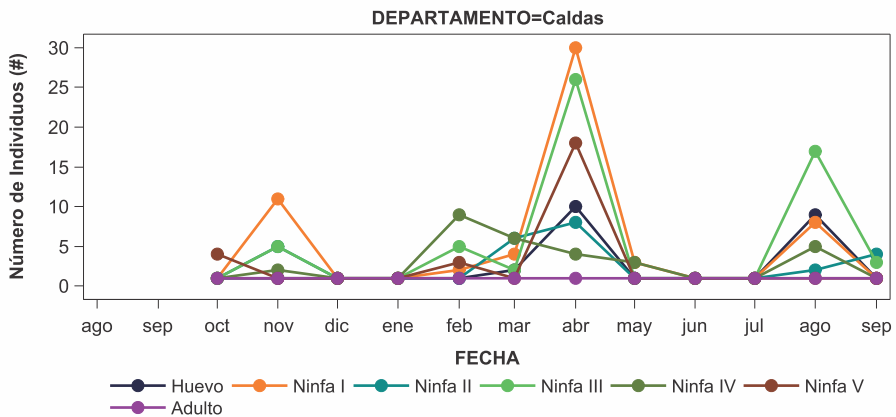
A



B



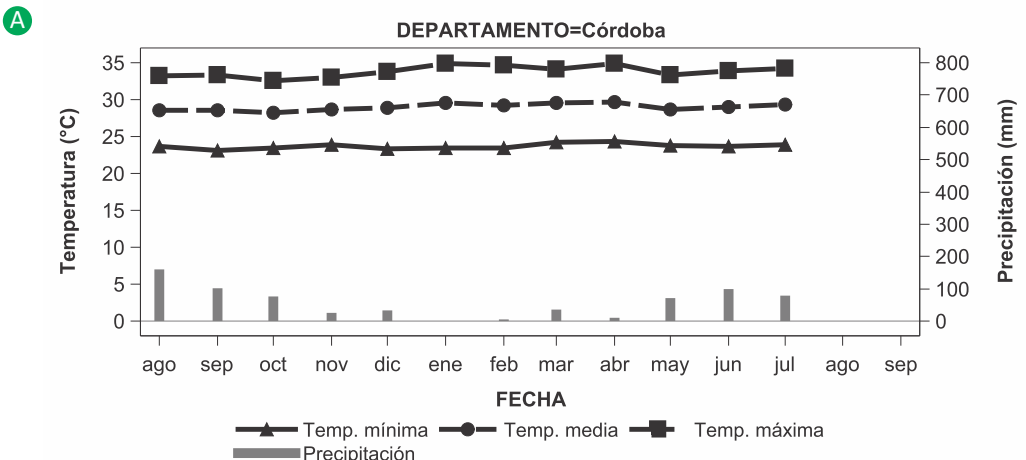
C



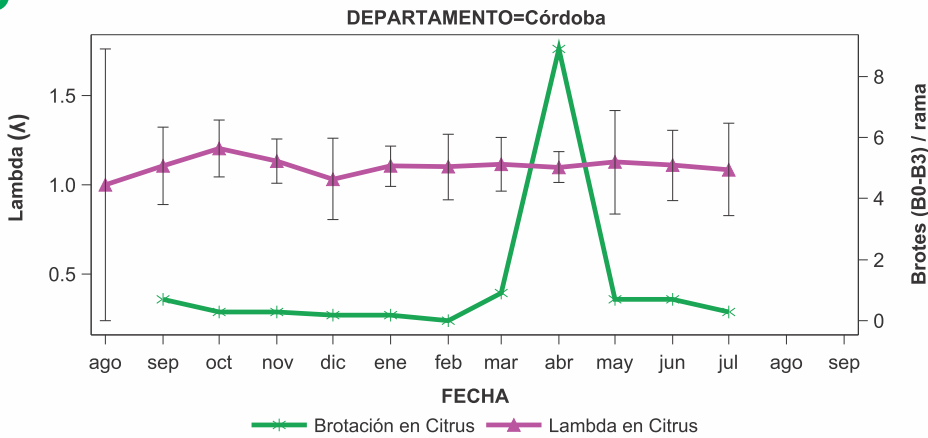
**Figura 3-5.** Análisis ambiental de brotación de cítricos y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama en el departamento de Caldas. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

## DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

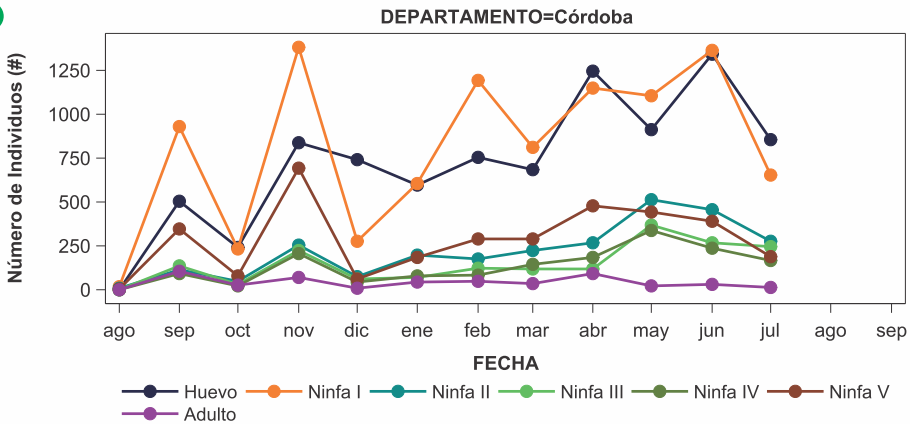
- Variación climática.-** en la zona de estudio fincas (Santa Lucía, Costa Azul, Villa Paula, La Jarana, La Lechería y La Niña Pao), la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de Agosto del 2012 con un acumulado total de 162 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 0,0 mm totales (Figura 3-6A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 703 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 29°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 35°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 23°C para el mes de febrero del 2013 (Figura 3-6A).
- Brotación.-** el crecimiento de brotes por rama fue visiblemente mayor en los meses de marzo y abril del 2013 con 0,9 y 8,85 brotes/rama en promedio respectivamente. Sin embargo, durante la mayor parte del estudio los niveles de brotación fueron relativamente bajos (Figura 3-6B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo con un incremento entre el 3 y 20 % (Figura 3-6B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de abril y junio del 2013 con 1247 y 1345 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de las ninfas N1 y N5 en el mes de noviembre con 1384 y 695; y de ninfas N2, N3 y N4 durante el mes de mayo con 513, 368 y 338 respectivamente (Figura 3-6C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el año, pero con una máxima presencia durante los meses de septiembre del 2012 y abril del 2013 con 105 y 95 respectivamente (Figura 3-6C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:1 con una máxima presencia durante el mes septiembre. Los análisis descriptivos sugieren que la baja cantidad de lluvia presente en casi todo el periodo de estudio, sea la responsable de los bajos niveles de brotación. Sin embargo, el numero de brotes presentes en el mes de abril favorecieron un incremento en el número de huevos observados por brote.



B



C



**Figura 3-6.** Análisis ambiental de brotación de cítricos y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama en el departamento de Córdoba. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

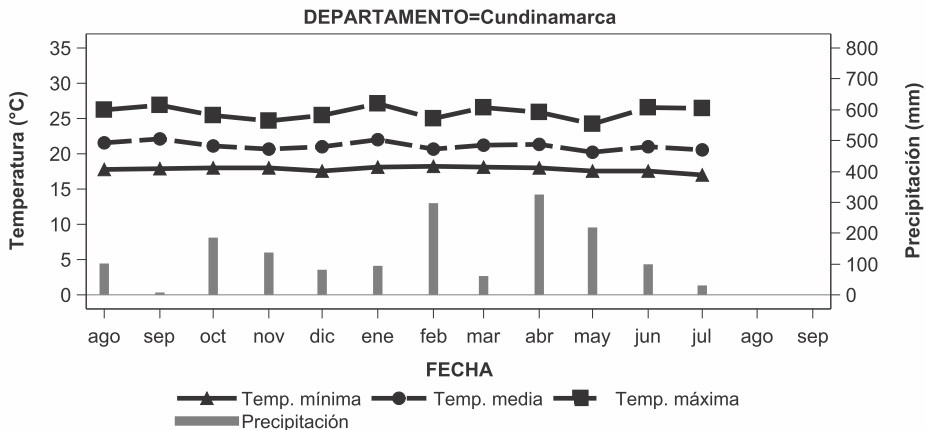
## DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

■ **Variación climática.**- en la zona de estudio fincas (La Saborita, El Palmar, El Pedregal, Gibraltar, La Cabaña, La Paz, Segobia y Villa Claudia), la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de abril del 2013 con un acumulado total de 326 mm. En contraste, el mes de septiembre presentó su valor más bajo con 8,0 mm totales (Figura 3-7A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 1643 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 21°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 27°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 17°C para el mes de julio del 2013 (Figura 3-7A).

■ **Brotación.**- el crecimiento de brotes por rama fue visiblemente mayor entre los meses de octubre del 2012 y abril del 2013 con 1,35 y 0,81 brotes/rama en promedio respectivamente. Sin embargo, durante la mayor parte del estudio los niveles de brotación fueron relativamente bajos (Figura 3-7B).

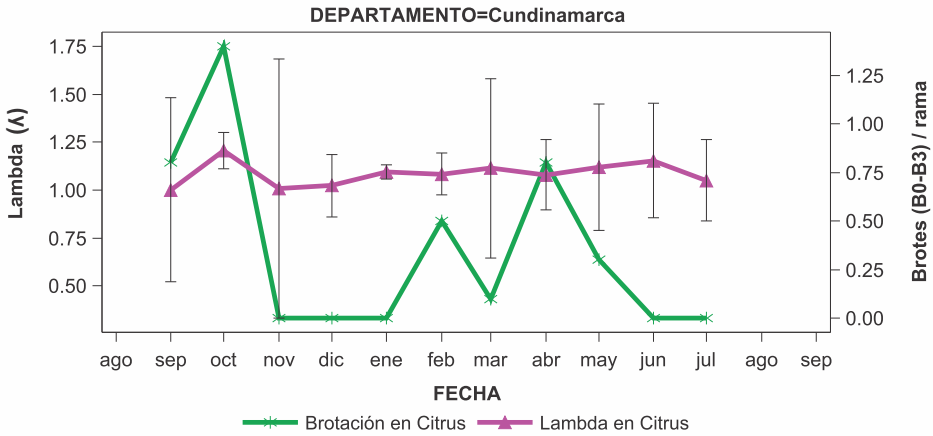
■ **Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.**- el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo con un incremento entre el 2 y 20%, tuvo dos picos importantes en los meses de octubre del 2012 y junio del 2013 (Figura 3-7B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de enero y abril con 10084 y 3810 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de las ninfas N1, N2, N3, N4 y N5 en el mes de enero con 1242, 646, 400, 382 y 265 respectivamente (Figura 3-7C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el año, pero con una máxima presencia durante los meses de enero y marzo del 2013 con 183 y 92 (Figura 3-8C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:1 con una máxima presencia durante el mes de enero. Los análisis descriptivos sugieren que la baja cantidad de lluvia presente en casi todo el periodo de estudio, fue la responsable de los niveles bajos de brotación. Sin embargo, la precipitación presentada durante los meses de octubre, febrero y abril, sea la causa de una mayor cantidad de brotes en los meses de octubre y febrero.

A

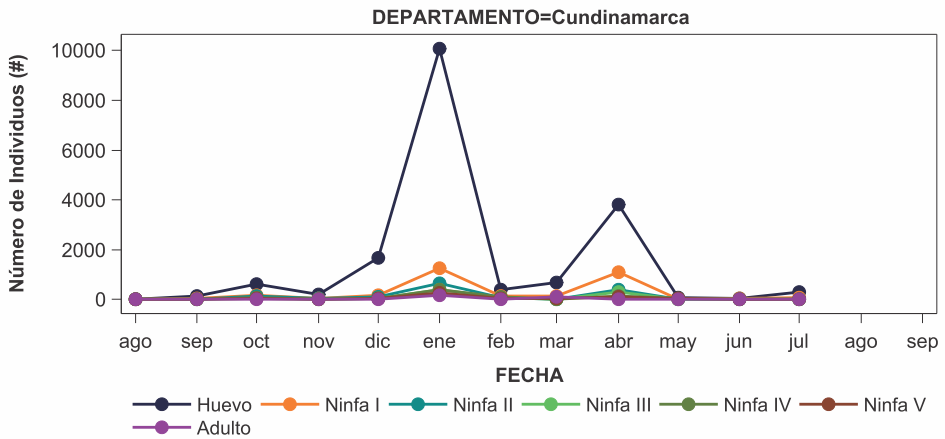




**B**



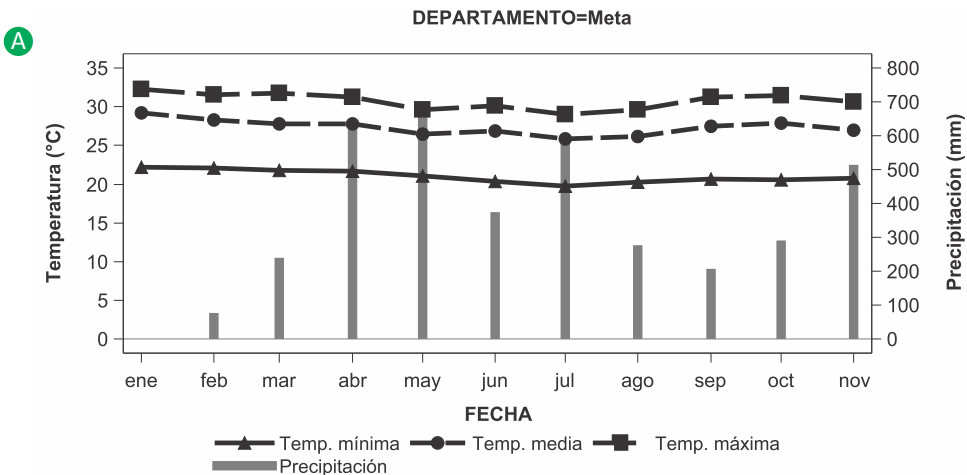
**C**



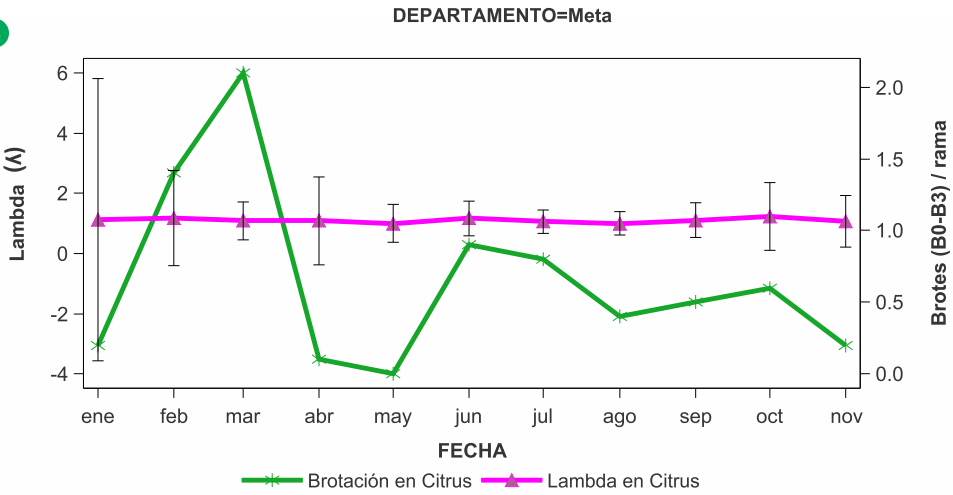
**Figura 3-8.** Análisis ambiental de brotación de cítricos y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama en el departamento de Cundinamarca. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

## DEPARTAMENTO DEL META

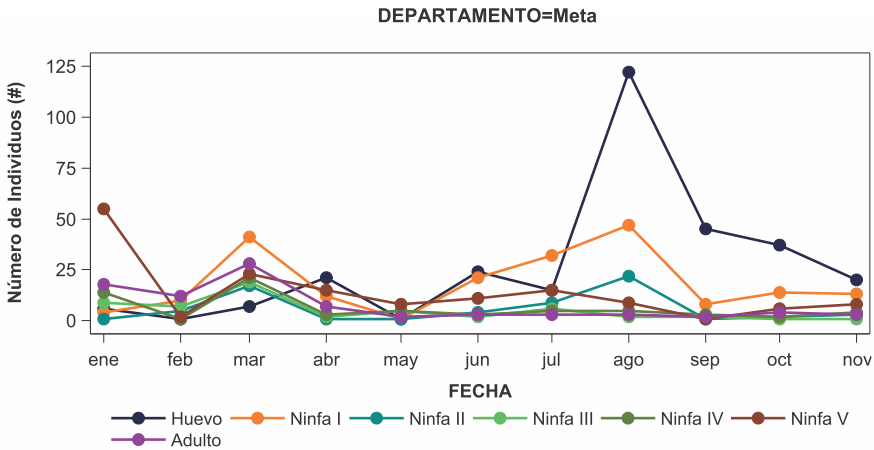
- **Variación climática.-** en la zona de estudio finca El Porvenir, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de mayo del 2013 con un acumulado total de 700 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 0,0 mm totales (Figura 3-9A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 4093 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 27°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 32°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 20°C para el mes de julio del 2013 (Figura 3-9A).
- **Brotación.-** el crecimiento de brotes por rama fue visiblemente mayor entre los meses de febrero y marzo del 2013 con 1,39 y 2,08 brotes/rama en promedio respectivamente. En contraste, el mes de mayo del 2013 presentó su valor más bajo, 0,04 brotes/rama en promedio (Figura 3-9B).
- **Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo con un incremento entre el 1 y 22%, tuvo tres valores importantes de crecimiento en los meses de febrero, junio y octubre del 2013 (Figura 3-9B). La mayor cantidad de huevos fue reportada en el mes de abril con 122. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1 y N2 en el mes de agosto con 47 y 22 respectivamente; ninfas N3 y N4 en el mes de marzo con 19 y 21; y N5 en el mes de enero con 55 (Figura 3-9C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el año, pero con una máxima presencia durante los meses de enero y marzo del 2013 con 18 y 28 respectivamente (Figura 3-9C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:1 con una máxima presencia de hembras y machos durante el mes de marzo.



B



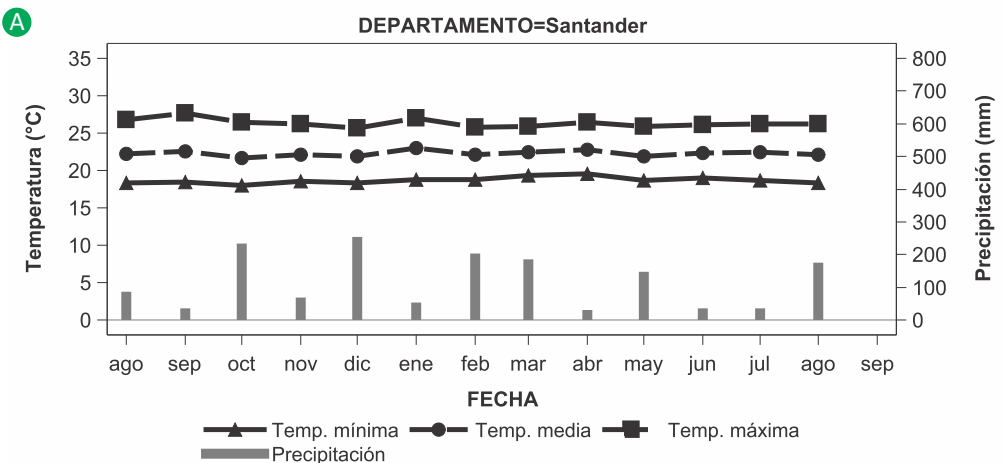
C

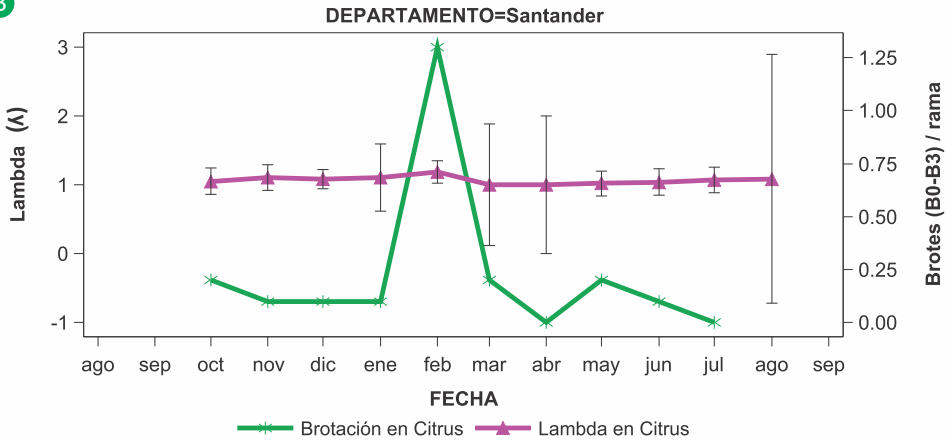
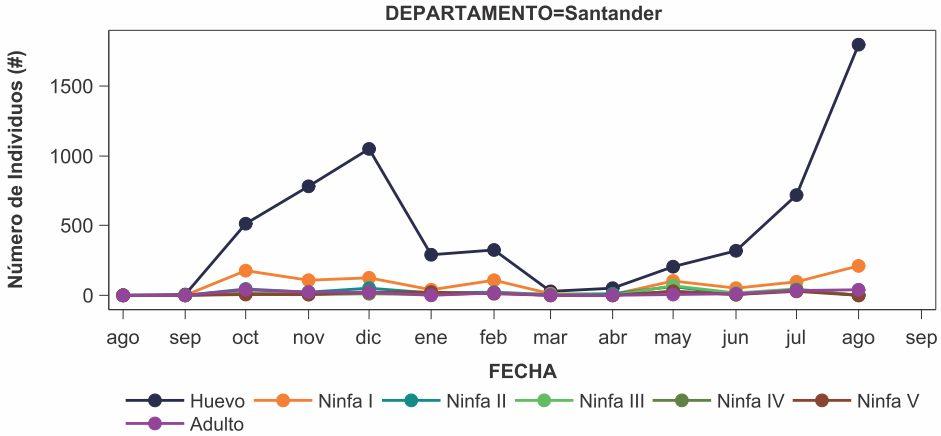


**Figura 3-9.** Análisis ambiental de brotación de cítricos y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama en el departamento del Meta. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante el año 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\Lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

## DEPARTAMENTO DE SANTANDER

- Variación climática.-** en la zona de estudio fincas (Juan Se, La Casita y Villa Rocío), la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de diciembre del 2012 con un acumulado total de 255 mm. En contraste, el mes de abril presentó su valor más bajo, con 32 mm totales (Figura 3-10A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 1551 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 22°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 28°C reportada durante el mes de septiembre y una mínima de 18°C para el mes de diciembre del 2012 (Figura 3-10A).
- Brotación.-** el crecimiento de brotes por rama fue visiblemente mayor en el mes de febrero 2013 con 1,34 brotes/rama en promedio. Sin embargo, durante la mayor parte del estudio los niveles de brotación fueron relativamente muy bajos (Figura 3-10B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo con un incremento entre el 1 y 20%, tuvo dos valores importantes de crecimiento en los meses de noviembre del 2012 y febrero del 2013 (Figura 3-10B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de diciembre del 2012 y agosto del 2013, con 1047 y 1795 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1 en el mes de agosto del 2013 con 212; ninfas N2 y N3 en el mes de mayo con 63 y 68; ninfas N4 y N5 en el mes de julio con 42 y 33 respectivamente (Figura 3-10C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el año, pero con una máxima presencia durante los meses de octubre del 2012 y agosto del 2013 con 39 y 42 (Figura 3-10C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 2:1, la máxima presencia de hembras se dio en el mes de octubre del 2012 y de machos en el mes de agosto del 2013. Los análisis descriptivos sugieren que la baja cantidad de lluvia presente en casi todo el periodo de estudio, sea la responsable de los niveles bajos de brotación.



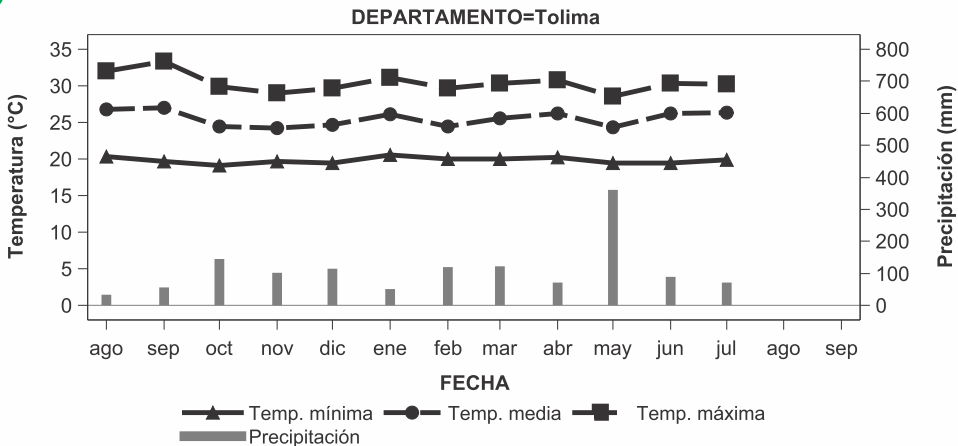
**B****C**

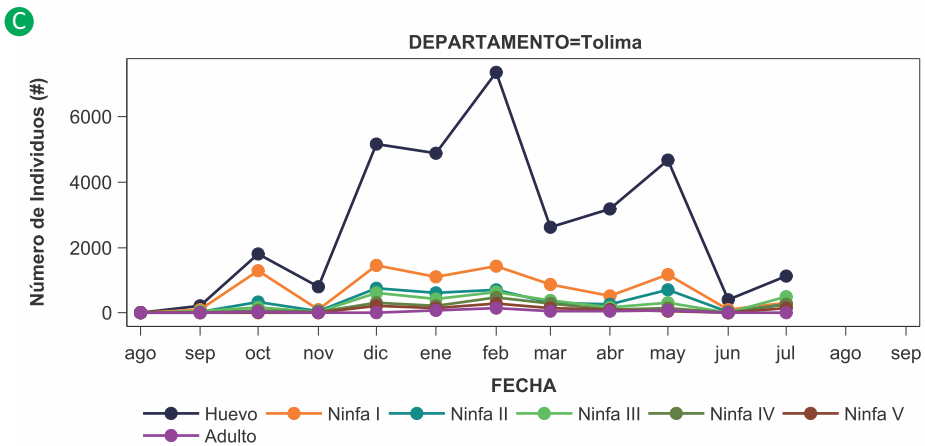
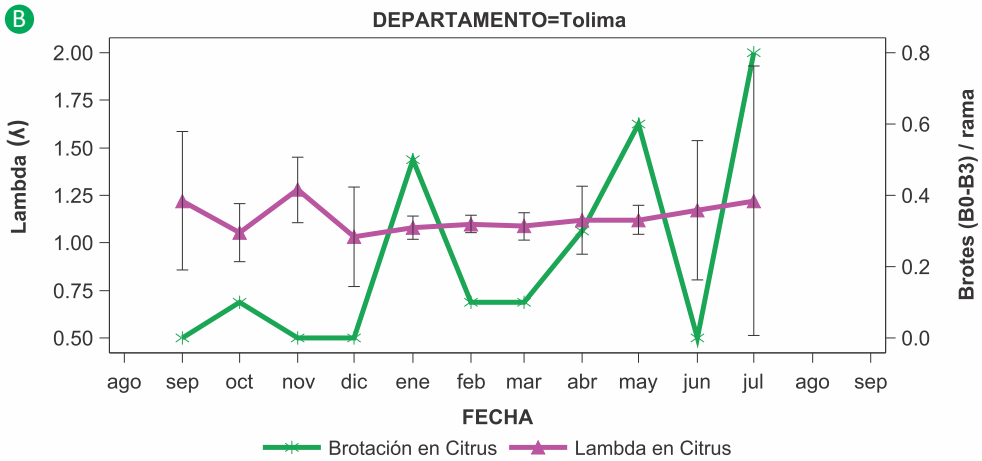
**Figura 3-10.** Análisis ambiental de brotación de cítricos y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama en el departamento de Santander. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítricos por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

## DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

- Variación climática.-** en la zona de estudio finca La Ceiba, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de mayo del 2013 con un acumulado total de 360 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 52 mm totales (Figura 3-11A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 1344 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 26°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 33°C reportada durante el mes de septiembre y una mínima de 19°C para el mes de octubre del 2013 (Figura 3-11A).
- Brotación.-** el crecimiento de brotes por rama fue visiblemente mayor entre los meses de mayo y julio del 2013 con 0,58 y 0,81 brotes/rama en promedio. Sin embargo, durante la mayor parte del estudio los niveles de brotación fueron relativamente bajos (Figura 3-11B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo con un incremento entre el 3 y 28%, tuvo tres picos importantes de crecimiento entre los meses de septiembre, noviembre del 2012, y julio del 2013 (Figura 3-11B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de diciembre del 2012, enero y febrero del 2013 con 5719, 4887 y 7366 huevos respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1 y N2 en el mes de diciembre del 2012 con 1459 y 745 ; y de ninfas N3, N4 y N5 durante el mes de febrero con 629, 473 y 296 respectivamente (Figura 3-11C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el año, pero con una máxima presencia durante el mes de febrero del 2013 con 155 (Figura 3-11C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:1 con una máxima presencia durante el mes de febrero. Los análisis descriptivos sugieren que la baja cantidad de lluvia presente en casi todo el periodo de estudio, sea la responsable de los bajos niveles de brotación.

A



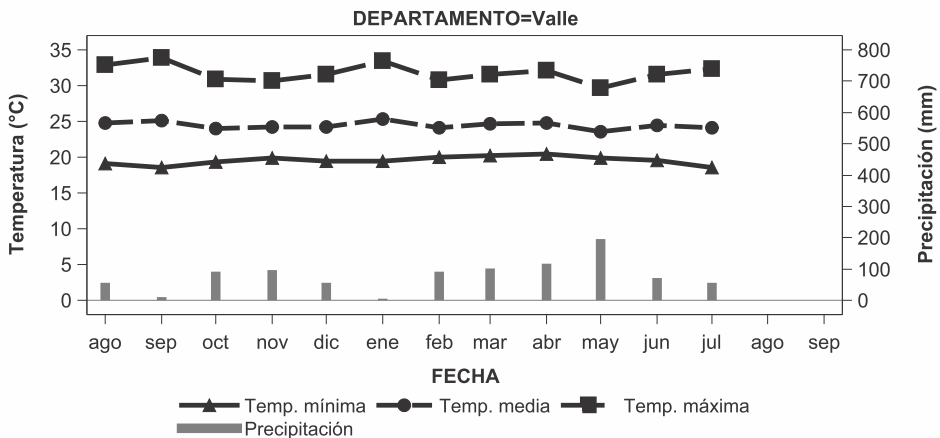


**Figura 3-11.** Análisis ambiental de brotación de cítricos y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama en el departamento del Tolima. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

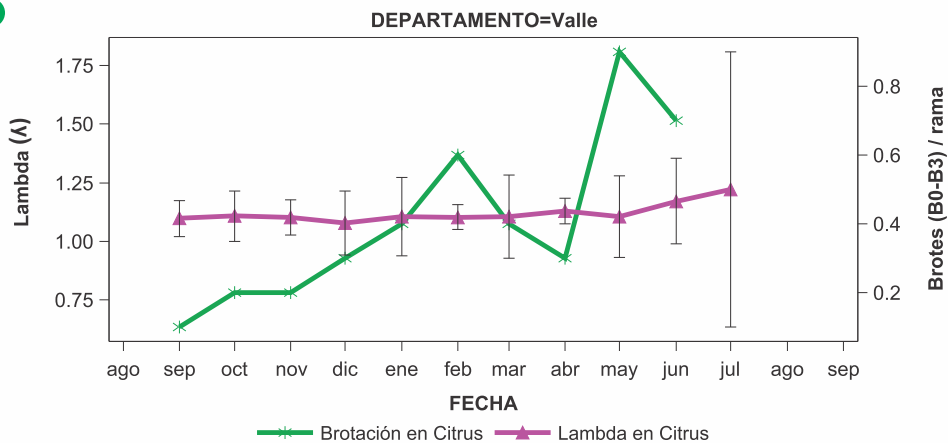
## DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

- Variación climática.-** en la zona de estudio finca Las Lajas, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de mayo del 2013 con un acumulado total de 197 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 5,0 mm totales (Figura 3-12A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 955 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 24°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 33°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 19°C para el mes de julio del 2013 (Figura 3-12A).
- Brotación.-** el crecimiento de brotes por rama fue visiblemente mayor entre los meses de mayo y junio del 2013 con 0,94 y 0,74 brotes/rama en promedio. Sin embargo, durante la mayor parte del estudio los niveles de brotación fueron relativamente bajos (Figura 3-12B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo con un incremento entre el 8 y 22%, tuvo un valor importante en el mes de julio del 2013 (Figura 3-12B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de febrero y abril con 13160 y 7362 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de las ninfas N1 en el mes de febrero con 3233; ninfas N2 en el mes de noviembre con 1095; y ninfas N3, N4 y N5 en el mes de octubre con 884, 520 y 497 respectivamente (Figura 3-12C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el año, pero con una máxima presencia durante el mes febrero del 2013 con 148 adultos (Figura 3-12C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:1 con una máxima presencia durante el mes de febrero. Los análisis descriptivos sugieren que la baja cantidad de lluvia presente en casi todo el periodo de estudio, sea la responsable de los bajos niveles de brotación.

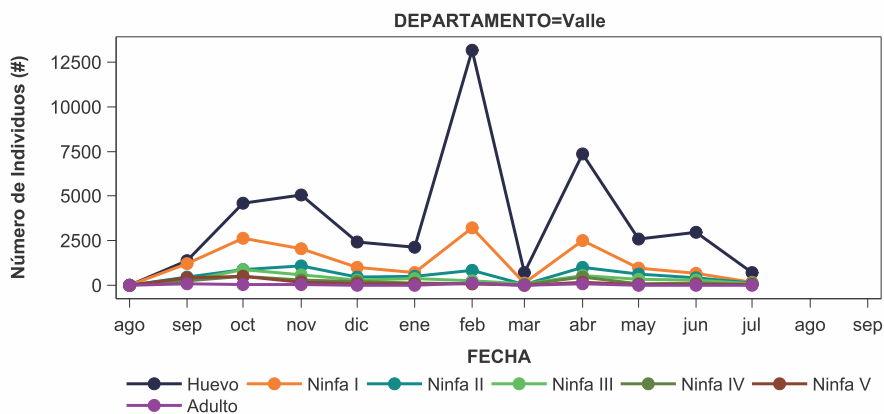
A



B



C



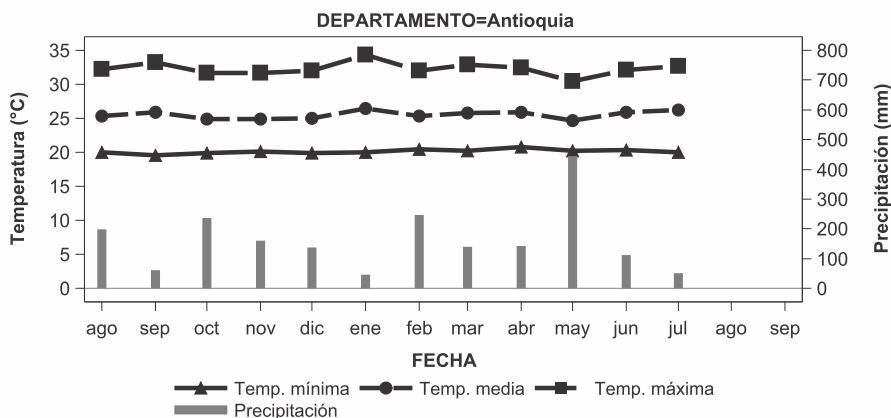
**Figura 3-12.** Análisis ambiental de brotación de cítricos y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento del Valle del Cauca. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

### 3.3.2. Dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (*Swinglea glutinosa*)

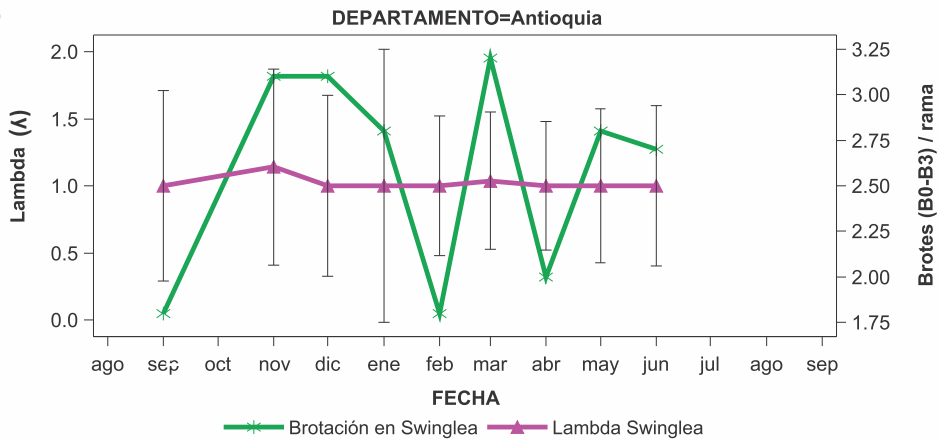
#### DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

- Variación climática.-** en la zona de estudio finca Túnez, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de mayo del 2013 con un acumulado total de 447 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 47 mm totales (Figura 3-13A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 1980 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 25°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 34°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 20°C para el mes de julio del 2013 (Figura 3-13A).
- Brotación.-** el número de brotes por rama de *Swinglea* incrementó entre los meses de noviembre y diciembre del 2012 (Figura 1B). A partir del mes de diciembre, se observó un descenso de los brotes, siendo febrero el mes con menor valor 1,83 de brotes/rama en promedio. Sin embargo, es posible observar un aumento de brotes por rama, con una máxima incidencia durante el mes de marzo con 3,18 brotes por rama en promedio (Figura 3-13B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo entre el 4 y 15%, tuvo un máximo incremento durante el mes de noviembre del 2012 (Figura 3-13B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante el mes de marzo del 2013 con 173 huevos. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1 durante los meses de diciembre del 2012 y abril del 2013 con 14 y 11 respectivamente (Figura 3-13C). Las fluctuaciones mensuales de las ninfas N2, N3, N4 y N5 se mantuvieron prácticamente bajas durante el muestreo de campo (entre 1 y 10 ninfas). Los adultos estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, el máximo valor se dio en los meses de noviembre del 2012 y marzo del 2013 con 5 y 13 adultos respectivamente (Figura 3-13C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 3:1 con una máxima presencia durante el mes marzo.

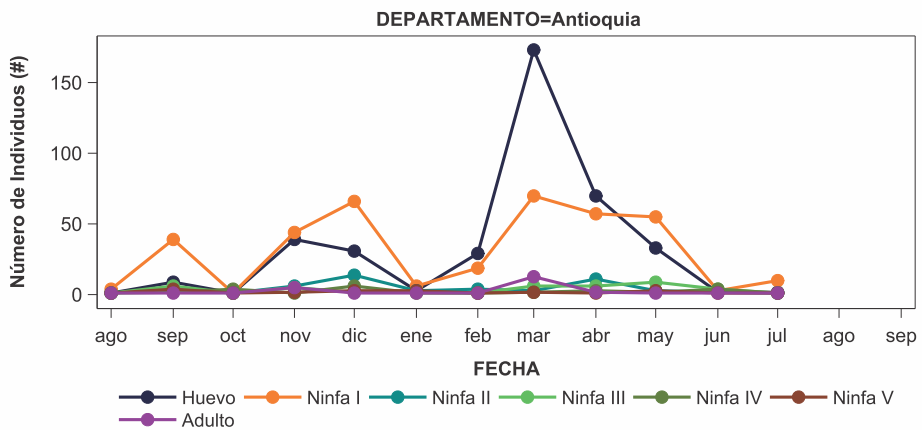
A



B



C

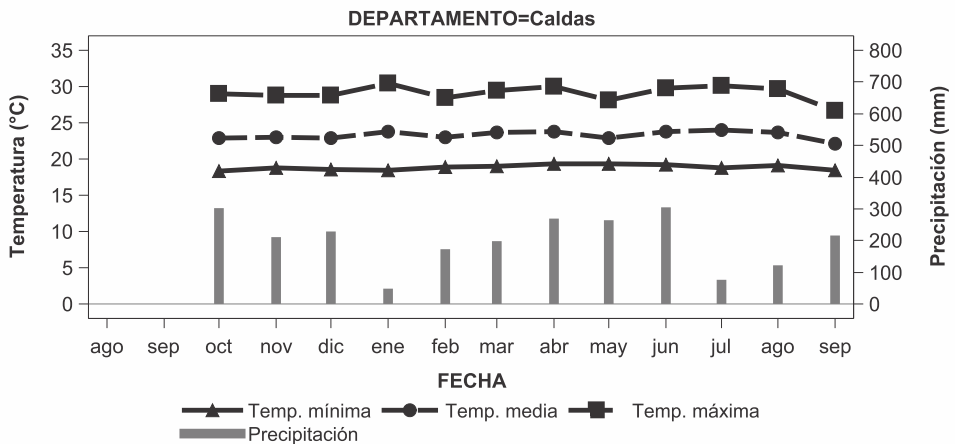


**Figura 3-13.** Análisis ambiental de brotación de *Swinglea* y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento de Antioquia. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

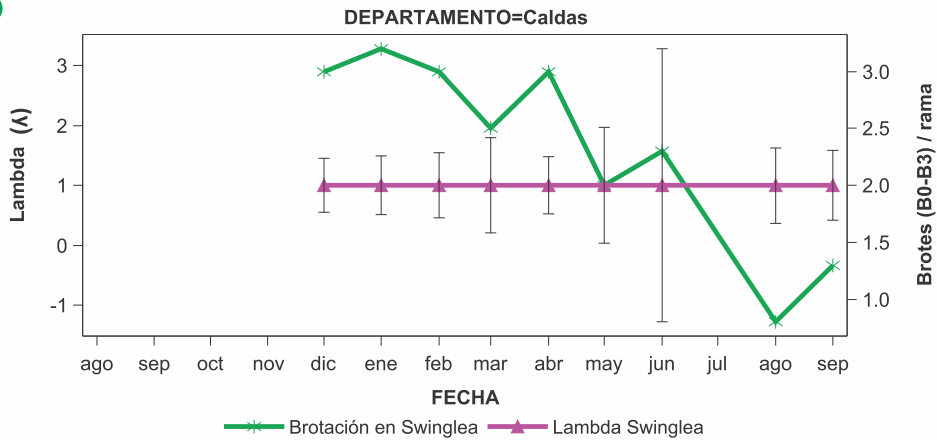
## DEPARTAMENTO DE CALDAS

- Variación climática.-** en la zona de estudio finca Beltrán, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de junio del 2013 con un acumulado total de 305 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 50 mm totales (Figura 3-14A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 2421 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 23°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 30°C reportada durante el mes de abril y una mínima de 18°C para el mes de enero del 2013 (Figura 3-14A).
- Brotación.-** el número de brotes por rama de *Swinglea* fue relativamente bajo durante todo el periodo de estudio. Sin embargo, se presentó un incremento de los brotes por rama en el mes de enero con un valor de 3.3 brotes/rama. (Figura 3-14B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo constante con una estabilidad poblacional ( $\lambda=1.0$ ) durante todo el periodo de estudio (Figura 3-14B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante el mes de abril del 2013 con 79 huevos. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1 durante el mes de mayo y agosto del 2013 con 37 y 38 respectivamente; y ninfas N2, N3, N4 y N5 con una máxima incidencia en el mes de abril con 21, 16, 12 y 8 respectivamente. (Figura 3-14C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio con un solo adulto por mes (Figura 3-14C). Adicionalmente, la proporción de machos y hembras fue de 1:1.

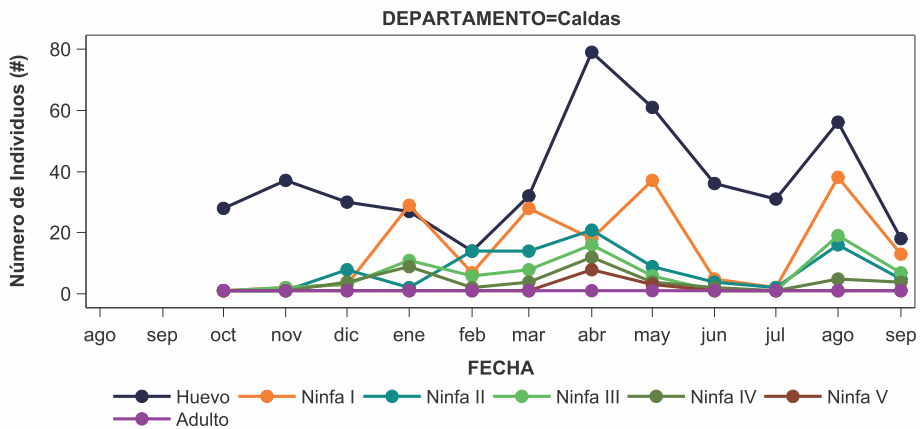
A



B



C

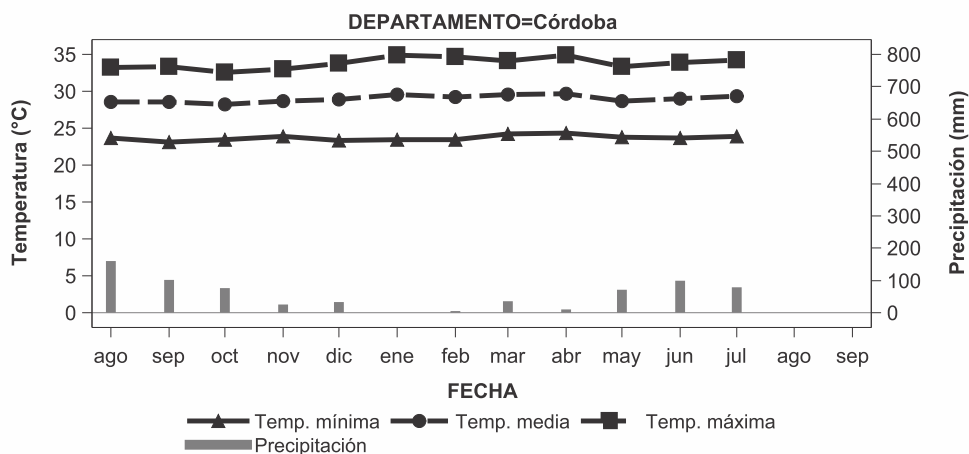


**Figura 3-14.** Análisis ambiental de brotación de *Swinglea* y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento de Caldas. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

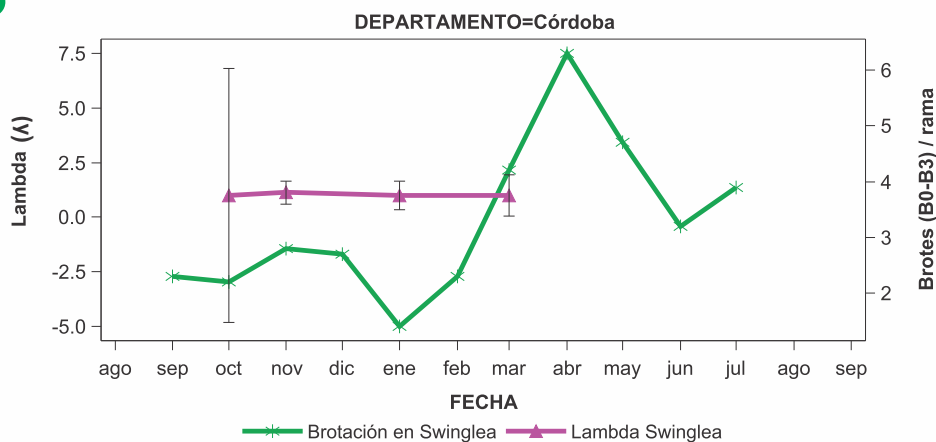
## DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

- Variación climática.-** en la zona de estudio fincas (Santa Lucía, Costa Azul, Villa Paula, La Jarana, La Lechería y La Niña Pao), la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de Agosto del 2012 con un acumulado total de 162 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 0,0 mm totales (Figura 3-15A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 703 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 29°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 35°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 23°C para el mes de febrero del 2013 (Figura 3-15A).
- Brotación.-** el número de brotes por rama de *Swinglea* presentó los valores mas altos en los meses de abril y mayo 2013 con 6,33 y 4,70 brotes/rama en promedio respectivamente (Figura 3-15B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo entre 1 y 13% con un máximo incremento en el mes noviembre del 2012 (Figura 3-15B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante el mes de noviembre del 2012 con 255 huevos. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1, N2, N3, N4 y N5 durante el mes de noviembre del 2012 con 371, 64, 6, 14 y 51 respectivamente (Figura 3-15C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, la máxima presencia de ellos se dio durante el mes de septiembre del 2012 con 11 (Figura 3-15C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:2 con una máxima presencia durante el mes de febrero.

A



B



C

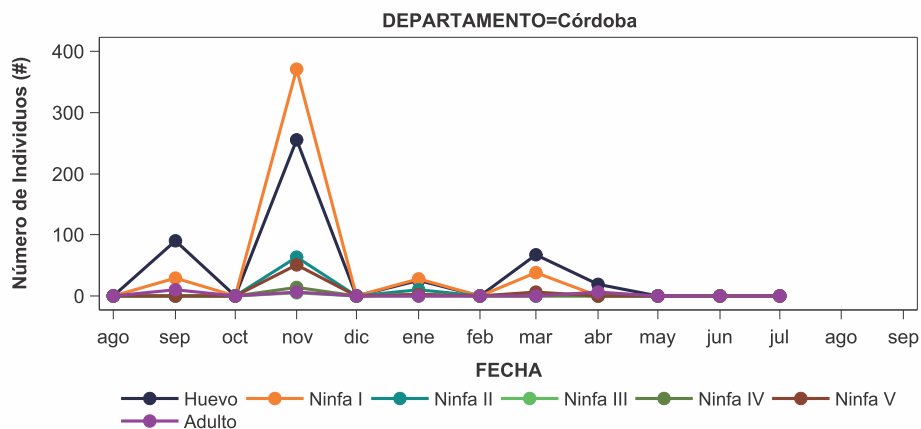
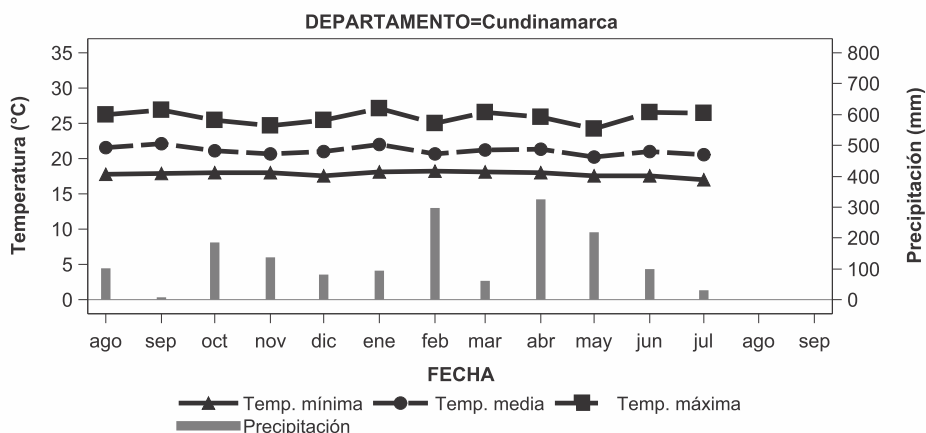


Figura 3-15. Análisis ambiental de brotación de *Swinglea* y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento de Córdoba. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

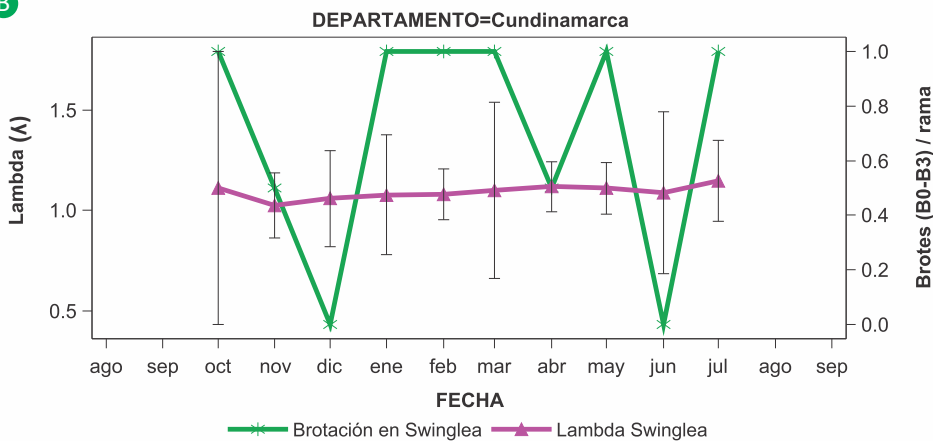
## DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

- Variación climática.-** en la zona de estudio fincas (La Saborita, El Palmar, El Pedregal, Gibraltar, La Cabaña, La Paz, Segobia y Villa Claudia), la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de abril del 2013 con un acumulado total de 326 mm. En contraste, el mes de septiembre del 2012 presentó su valor más bajo, con 8,0 mm totales (Figura 3-16A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 1643 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 21°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 27°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 17°C para el mes de julio del 2013 (Figura 3-16A).
- Brotación.-** el número de brotes por rama de *Swinglea* fue relativamente bajo durante todo el periodo de estudio con valores entre 0,5 y 1,0 brotes/rama en promedio (Figura 3-16B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo entre el 2 y 15% con un máximo incremento en el mes de julio del 2013 (Figura 3-16B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de enero y marzo del 2013 con 2872 y 2096 respectivamente. Se presentó un mayor número de ninfas N1 durante los meses de enero y febrero del 2013 con 285 y 267 ; ninfas N2 y N4 en el mes de febrero con 70 y 106; y de ninfas N3 y N5 en el mes de octubre con 67 y 172 respectivamente (Figura 3-16C). Los adultos estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, con una máxima presencia durante los meses de marzo y abril del 2013 con 78 y 64 respectivamente (Figura 3-16C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 2:1 con una máxima presencia durante el mes de marzo.

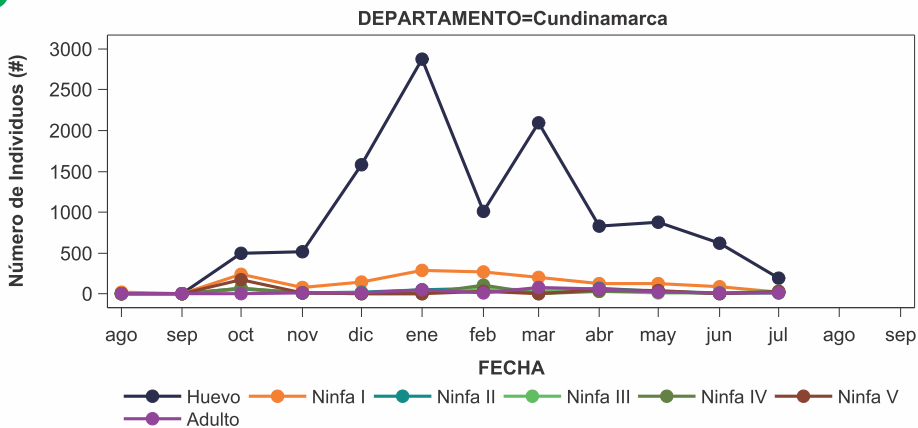
A



B



C

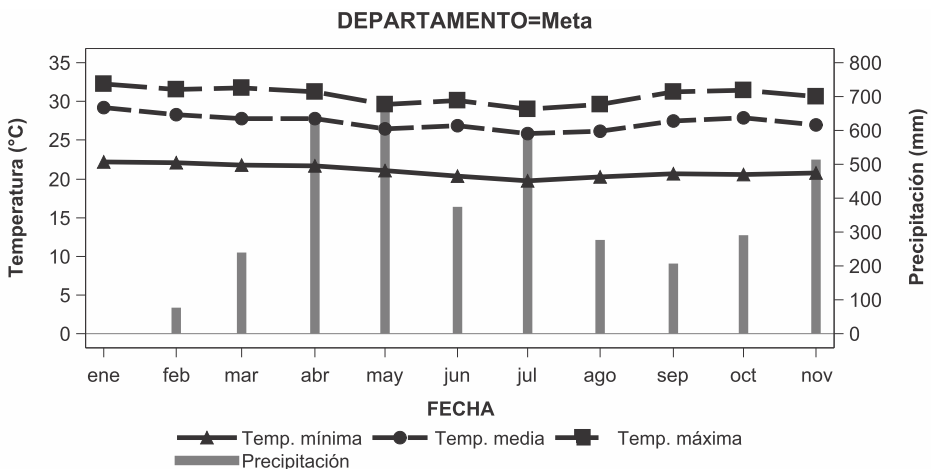


**Figura 3-16.** Análisis ambiental de brotación de *Swinglea* y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento de Cundinamarca. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional (A) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

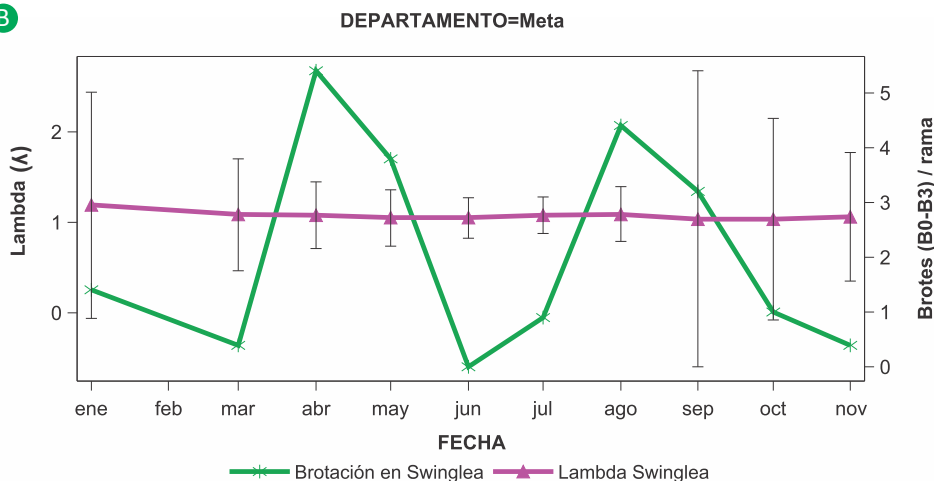
## DEPARTAMENTO DEL META

- Variación climática.-** en la zona de estudio finca El Porvenir, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de mayo del 2013 con un acumulado total de 700 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 0,0 mm totales (Figura 3-17A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 4093 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 27°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 32°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 20°C para el mes de julio del 2013 (Figura 3-17A).
- Brotación.-** el número de brotes por rama de *Swinglea* presentó su máximo valor en los meses de abril y agosto del 2013 con un valor de 5,36 y 4,40 brotes por rama respectivamente (Figura 3-17B). En contraste, el mes de junio del 2013 presentó su valor más bajo con 0,0 brotes/rama (Figura 3-17B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo entre el 3 y 19%, su mayor valor fue en el mes de enero del 2013 (Figura 3-17B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante el mes de abril del 2013 con 630. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1, N3, N4 y N5 durante el mes de abril del 2013 con 161, 35, 34 y 67 respectivamente (Figura 3-17C); y ninfas N2 durante el mes de julio con 61. Los adultos estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, su máxima presencia se dio durante los meses de marzo y abril del 2013 con 61 y 148 respectivamente (Figura 3-17C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 2:1 con una máxima presencia durante el mes de abril.

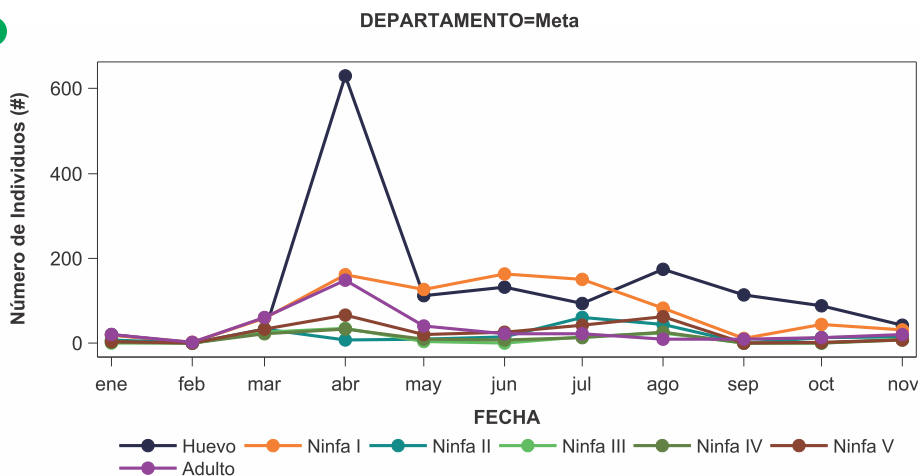
A



B



C

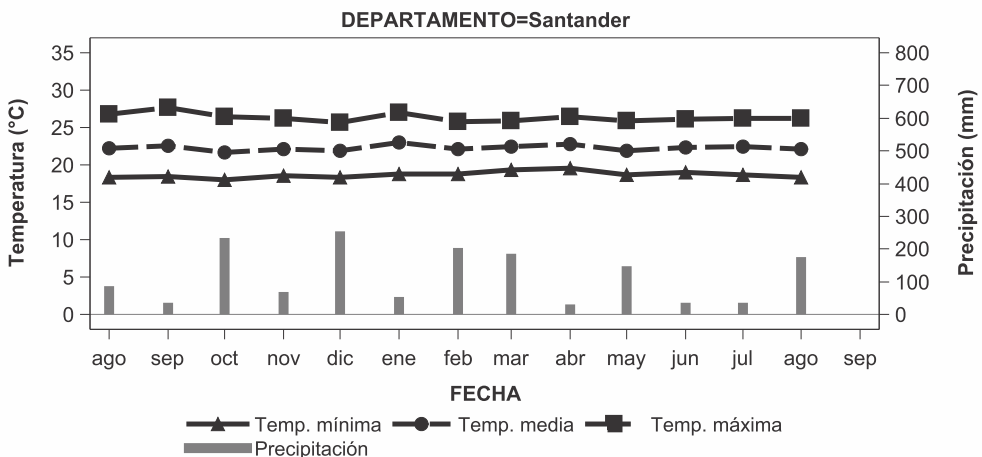


**Figura 3-17.** Análisis ambiental de brotación de *Swinglea* y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento del Meta. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante el año 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

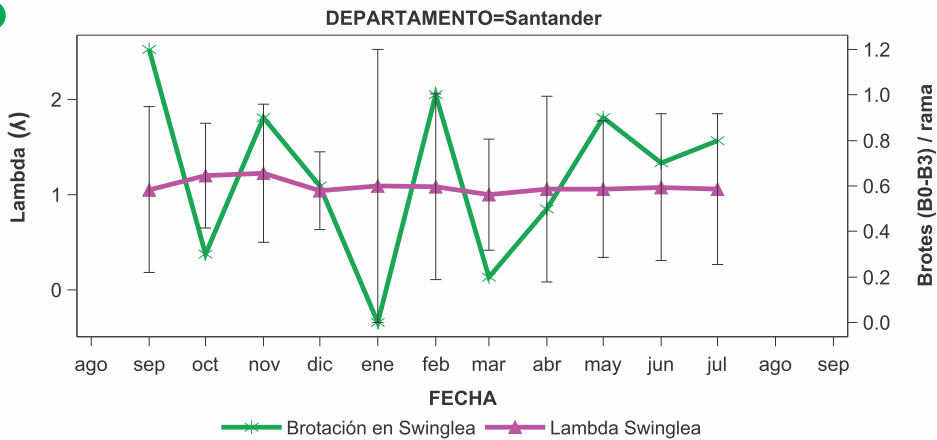
## DEPARTAMENTO DE SANTANDER

- Variación climática.-** en la zona de estudio fincas (Juan Se, La Casita y Villa Rocío), la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de diciembre del 2012 con un acumulado total de 255 mm. En contraste, el mes de abril presentó su valor más bajo, con 32 mm totales (Figura 3-18A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 1551 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 22°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 28°C reportada durante el mes de septiembre y una mínima de 18°C para el mes de diciembre del 2012 (Figura 3-18A).
- Brotación.-** el número de brotes por rama de *Swinglea* fue relativamente bajo durante todo el periodo de estudio, presentando los máximo valores en los meses de febrero y mayo con 0,95 y 0,85 brotes/rama en promedio respectivamente (Figura 3-18B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo entre 4 y 22% con un máximo incremento durante los meses de agosto y noviembre del 2012 (Figura 3-18B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de noviembre y diciembre del 2012 con 135 y 257 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1 durante el mes de diciembre del 2012 con 84 (Figura 3-18C). Las fluctuaciones mensuales de las ninfas N2, N3, N4 y N5 se mantuvieron prácticamente bajas durante el muestreo de campo (entre 1 y 10 ninfas). Los adultos estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, su máxima presencia se dio durante los meses de octubre del 2012 y enero del 2013 con 14 y 11 respectivamente (Figura 3-18C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue 1:1 con una máxima presencia de hembras durante el mes de septiembre y de machos en el mes de octubre.

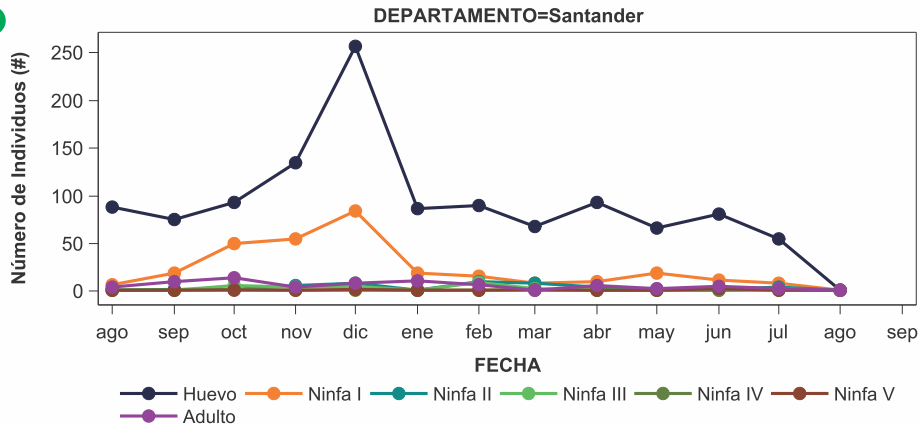
A



B



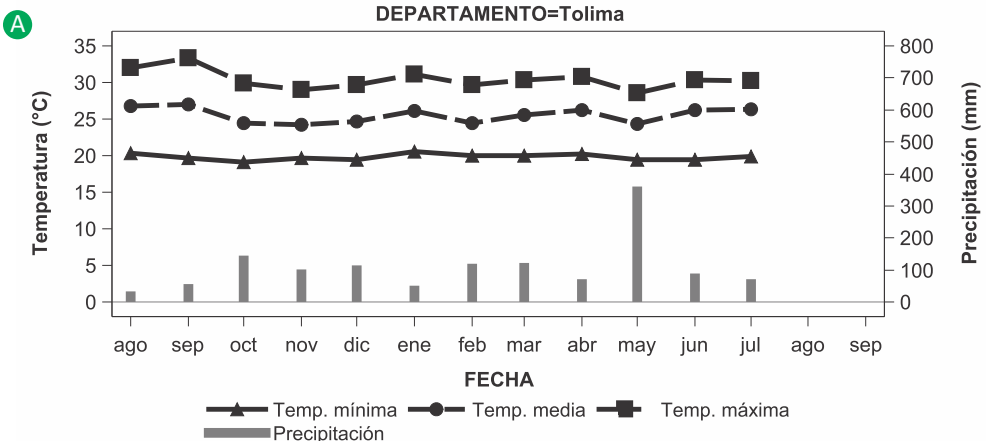
C



**Figura 3-18.** Análisis ambiental de brotación de *Swinglea* y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento de Santander. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítricos por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\Lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

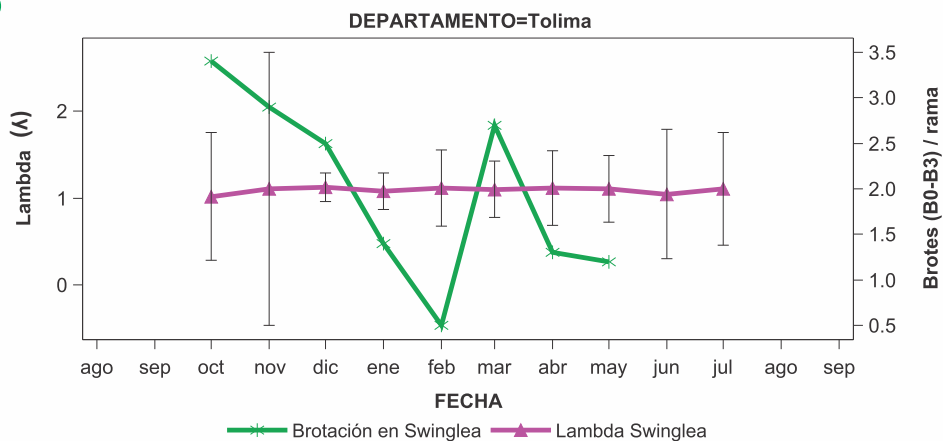
## DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

- Variación climática.-** en la zona de estudio finca La Ceiba, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de mayo del 2013 con un acumulado total de 360 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 52 mm totales (Figura 3-19A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 1344 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 26°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 33°C reportada durante el mes de septiembre y una mínima de 19°C para el mes de octubre del 2013 (Figura 3-19A).
- Brotación.-** el número de brotes por rama de *Swinglea* fue mayor durante los meses de septiembre y octubre con 7,75 y 3,37 brotes/rama en promedio respectivamente. Mientras que el menor valor se observó en el mes de febrero con 0,5 brotes/rama en promedio (Figura 3-19B).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo entre 1 y 12% con un máximo incremento durante el mes de diciembre del 2012 (Figura 3-19B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de febrero y marzo del 2013 con 1057 y 961 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1 durante los meses de diciembre del 2012 y enero del 2013 con 187 y 163 (Figura 3-19C); ninfas N2 y N3 en el mes de enero con 70 y 43 respectivamente; y ninfas N4 y N5 en el mes de diciembre del 2012 con 19 y 21. Los adultos estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, su máxima presencia se dio durante los meses de febrero y mayo del 2013 con 68 y 92 (Figura 3-19C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:1 con una máxima presencia durante el mes de mayo.

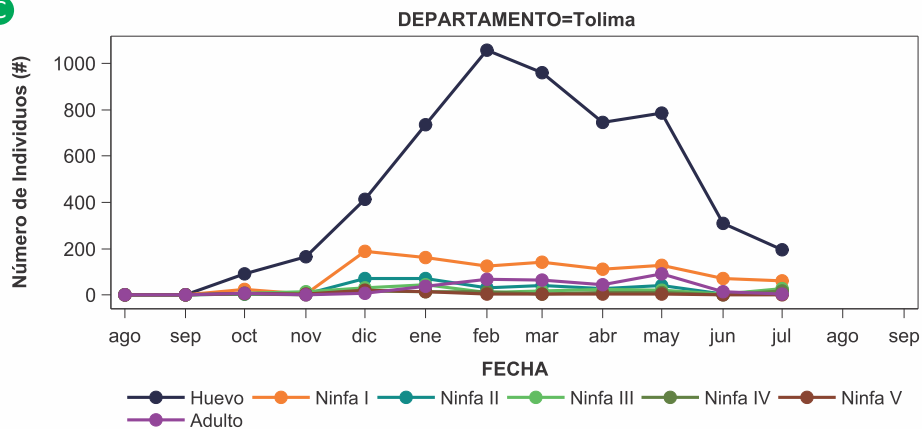




B



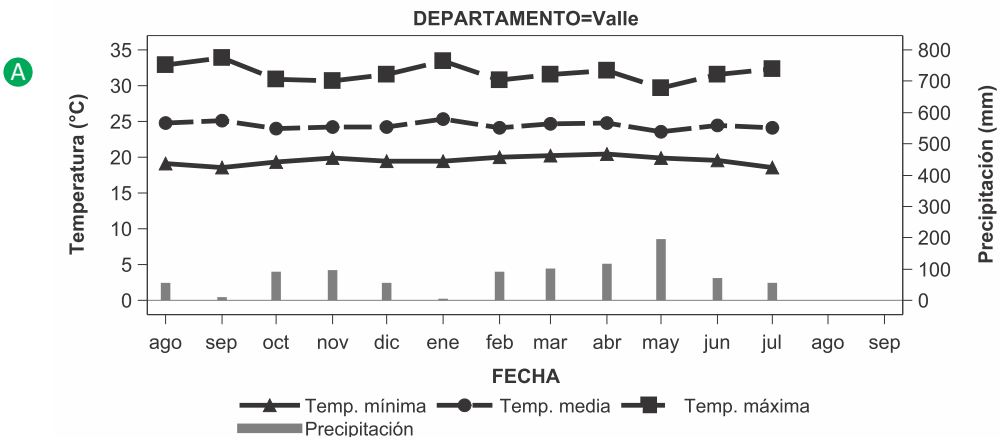
C

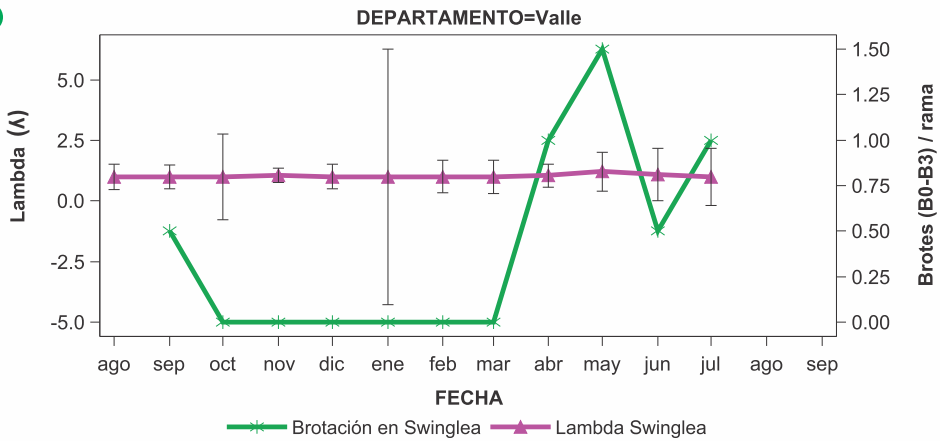
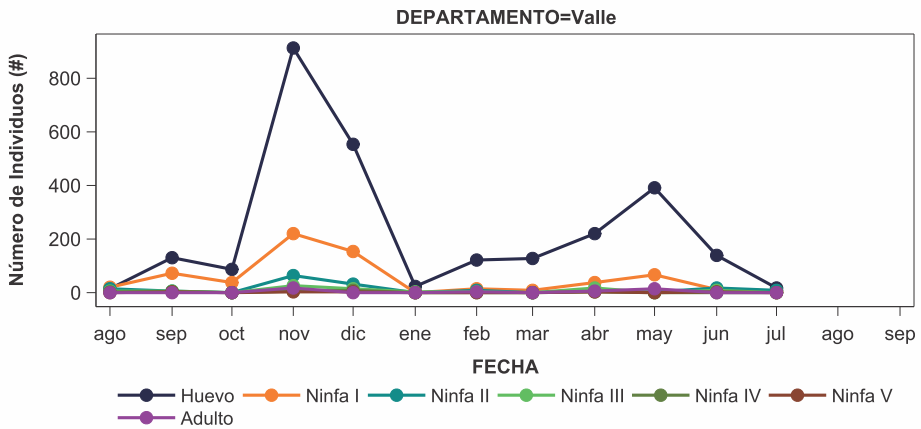


**Figura 3-19.** Análisis ambiental de brotación de *Swinglea* y dinámica poblacional del Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento del Tolima. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psílido.

## DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

- Variación climática.-** en la zona de estudio finca Las Lajas, la precipitación mensual alcanzó su valor más alto durante el mes de mayo del 2013 con un acumulado total de 197 mm. En contraste, el mes de enero presentó su valor más bajo con 5,0 mm totales (Figura 3-20A). La precipitación total acumulada durante el periodo de muestreo fue de 955 mm. Por su parte, la temperatura media mensual osciló alrededor de los 24°C durante la mayor parte del año, con una máxima de 33°C reportada durante el mes de enero y una mínima de 19°C para el mes de julio del 2013 (Figura 3-20A).
- Brotación.-** el número de brotes por rama de *Swinglea* fue relativamente bajo durante todo el periodo de estudio con valores entre 0,5 y 1,5 brotes/rama en promedio respectivamente (Figura 8B). Sin embargo, es posible observar un aumento de brotes por rama con un máximo valor en el mes de mayo (Figura 3-20B), coincidiendo con la mayor cantidad de precipitación (197 mm) reportada durante el periodo de muestreo (Figura 3-20A).
- Crecimiento poblacional & Dinámica poblacional.-** el crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) de *Diaphorina citri* se mantuvo entre 4 y 21% durante todo el periodo de estudio con un máximo incremento durante el mes de mayo del 2013 (Figura 3-20B). La mayor cantidad de huevos fue reportada durante los meses de noviembre y diciembre del 2012 con 912 y 553 respectivamente. Se presentó una máxima incidencia de ninfas N1, N2 y N3 durante el mes de noviembre del 2012 con 220, 64 y 26 respectivamente (Figura 3-20C). Las fluctuaciones mensuales de las ninfas N4 y N5 se mantuvieron prácticamente bajas durante el muestreo de campo (entre 1 y 10 ninfas). Los adultos estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio, su máximo valor se dio durante los meses de noviembre del 2012 y mayo del 2013 con 19 y 15 adultos respectivamente (Figura 3-20C). Adicionalmente, la proporción de hembras y machos fue de 1:1 con una máxima presencia de hembras durante el mes de noviembre del 2012 y de machos en el mes de mayo.



**B****C**

**Figura 3-20.** Análisis ambiental de brotación de *Swinglea* y dinámica poblacional del Psilido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, en el departamento del Valle. A) variación climática para la zona de estudio registrada durante los años 2012 y 2013. La variación mensual de la temperatura media se presenta con círculos, la mínima con triángulos y la máxima con cuadrados en °C, la precipitación total mensual (mm) se presenta con barras de color gris. B) relación mensual del número de brotes de cítrico por rama y de la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ) con sus respectivos límites de confianza al 95%. C) fluctuación poblacional por estado de desarrollo del Psilido.

## 3.4. Discusión

Los factores climáticos bajo los cuales se desarrolló la presente investigación, presentaron un comportamiento similar en las ocho localidades estudiadas. En general fueron favorables para el desarrollo de *Diaphorina citri*. La temperatura media osciló entre 21 y 29°C. Sin embargo en Caldas y Cundinamarca la temperatura media estuvo por debajo de los 23°C influyendo de manera negativa en el número de individuos. Investigaciones anteriores reportan que las bajas temperaturas disminuyen la oviposición y prolongan el desarrollo de los estadios ninfales (Liu y Tsai, 2000; Fung y Chen, 2006). Aurambout et al. (2009), señalaron los múltiples componentes involucrados en las interacciones responsables del éxito o fracaso del desarrollo de *D. citri*: abióticos (temperatura, humedad relativa, precipitación), hospedante (fenotipo, genotipo, fisiología, fotoquímica) e interacciones con el vector (predadores, parásitos). Considerando la temperatura como el factor que ejerce mayor influencia en el desarrollo de los ciclos.

Los valores de precipitación mensual en algunos casos superaron los 200 mm, hecho que se presentó en la localidad del Meta, lo que aparentemente tuvo repercusión importante en la población ya que pudo ocasionar una disminución drástica en el número de ninfas y huevos. En tal sentido, Hall et al. (2008) notaron que valores de precipitación mensual superior a 150 mm disminuyen drásticamente la densidad de ninfas y huevos. Esto debido a un efecto de volteo por lavado, *D. citri* oviposita en brotes superiores de la planta, quedando las ninfas completamente expuestas al impacto de la lluvia. Estos datos también son similares a los obtenidos por Aubert (1990). En las ocho localidades se presentó en el mes de enero una época menos favorable para el desarrollo de las ninfas, hecho que alude a la baja precipitación reportada para este mes.

Los niveles poblacionales de *D. citri* se relacionaron en algunos casos positivamente con la disponibilidad de brotes, los cuales a su vez se relacionaron con la temperatura media y el mayor nivel de lluvia mensual. Estos datos son similares a los obtenidos por Tsai et al. (2002), donde el insecto presentó un alto potencial reproductivo durante periodos favorables de condiciones climáticas y de alimentación.

Otros factores importantes que ejercen influencia sobre la densidad poblacional de *D. citri* y enmascaran el efecto ambiental, se relacionan con el manejo de la poda y edad de las plantaciones. La poda promueve la brotación, afectando la fenología y abundancia del insecto. Mientras que los árboles jóvenes tienden a brotar continuamente a lo largo de un amplio rango de temperaturas, por ello, el efecto térmico sobre el vector cambia de acuerdo a la edad de la plantación (Hall et al., 2008).

Las poblaciones de huevos fueron más abundantes durante el primer trimestre del año 2013 en las localidades de Cundinamarca, Tolima y Valle. En el segundo semestre para las localidades de Antioquía, Caldas y Córdoba. Y en el tercer semestre para Meta y Santander, donde la temperatura en promedio osciló entre 22 y 26°C en las ocho localidades. Por lo que las mayores infestaciones de *Diaphorina* serían comunes en el primer semestre, donde se presenta el mayor número de brotes por rama. Sin embargo, es posible que ocurran otras infestaciones en cualquier época del año, dependiendo de factores ambientales, operacionales y la disponibilidad de brotes. Esta aseveración es soportada por varios investigadores (Atwal et al., 1968; Aubert y Hua, 1990; Tsai et al., 2002; Hall et al., 2008), quienes señalan que si se pudieran predecir los periodos de brotación/floración por región agroecológica y variedad, así como la relación que guardan con factores ambientales, los citricultores podrían limitar las aplicaciones de insecticidas justo antes del inicio de la brotación para prevenir el crecimiento poblacional del Psílido o justificar la aplicación de una medida de control (Ortega et al., 2013).



Aun cuando el Psílido tiene preferencia por los cítricos, los análisis sugieren que en el 67% de los departamentos muestreados, el crecimiento poblacional de *Diaphorina citri* en *Swinglea* fue de mayor importancia que en los cítricos, debido a que los individuos de *D. citri* utilizan este hospedero como un recurso valioso para alimentarse, resguardarse y sobre todo colocar huevos, que posiblemente una vez llegados a la madurez sexual, invadan a los cítricos presentes, contribuyendo de manera exitosa a la dinámica de la población y a su crecimiento poblacional explosivo en los cultivos de cítricos. Skelley y Hoy (2004) indicaron que en iguales condiciones, el Psílido no tiene preferencia por uno u otro hospedero, determinando la selección por la disponibilidad continua de brotes para el mantenimiento de altas poblaciones, hecho que se presentó en las localidades de Córdoba y Meta donde se observó que *D. citri* presentó abundancia estacional debido a la gran disponibilidad de brotes en *Swinglea*, resultando así en un sustrato óptimo para su alto potencial reproductivo.







# 4

## Distribución espacio temporal de *Diaphorina citri*

Verónica Botero M.Sc., Ph.D., Andrés Ochoa Ph.D. y Estefany Moná M.Sc (c).



## 4.1. Introducción

---

El conocimiento de la distribución espacial de las plagas y la variación temporal de sus poblaciones, se convierte en una herramienta de gran utilidad para su control, optimizando el manejo y los recursos, dirigiendo todos los esfuerzos a una zona y tiempo específico (Ram y Porcayo-Camargo, 2008). El adecuado control de insectos plaga en los cultivos, es uno de los factores más determinantes desde el punto de vista económico y ecológico (Hall, Childers, y Eger, 2007).

Existen varios factores abióticos y bióticos, tales como precipitación, temperatura, evapotranspiración, competencia y depredación, que limitan la distribución de cada especie (Krebs, 2009). Sin embargo, se conoce poco sobre la distribución de la mayoría de las especies en los trópicos (da Fonseca et al., 2000). Uno de los métodos para resolver este dilema es utilizar modelos de distribución de especies (SDMs en inglés) y sistemas de información geográfica. Existe una variedad de técnicas y herramientas de modelado para estimar la distribución potencial de plantas y animales como resultado de cambios en las condiciones climáticas (Torres-Pacheco, 2013). Estas técnicas se han utilizado para estimar la distribución potencial de las plagas en las primeras etapas de las invasiones, los cuales arrojan resultados útiles para apoyar la planificación de otros estudios y la aplicación de medidas de erradicación (Rafoss, 2003).

## 4.2. Distribución potencial de cítricos

Los cítricos se cultivan en casi todas las regiones del mundo, en donde las condiciones climáticas lo permiten. Las áreas subtropicales actualmente producen grandes cantidades de frutas destinadas a la exportación, mientras que en las áreas tropicales, su consumo es principalmente local. De manera específica, la localización de zonas cítricas están comprendidas entre los 35° N y S, considerando las 20° S y 40° N como los valores óptimos. En los trópicos los cultivos se desarrollan satisfactoriamente en zonas con clima monzónico, con elevaciones entre los 600 y 1200 m.s.n.m., en donde el periodo de sequía no es muy prolongado.

En Colombia se presentan condiciones favorables para el cultivo de los cítricos. En términos generales, las zonas productoras se encuentran ubicadas entre los 0 m y los 1600 m.s.n.m., con temperaturas medias de 23°C a 34°C, pluviosidades acumuladas anuales de 900 mm a 1200 mm y luminosidad mayor a 1900 horas de brillo solar anual. La producción de fruta es permanente en todo el año, con épocas marcadas de concentración de la cosecha, según sea la distribución de la precipitación, unimodal o bimodal, características de la zona Andina. En la tabla 1 se presentan algunos requerimientos por especie.

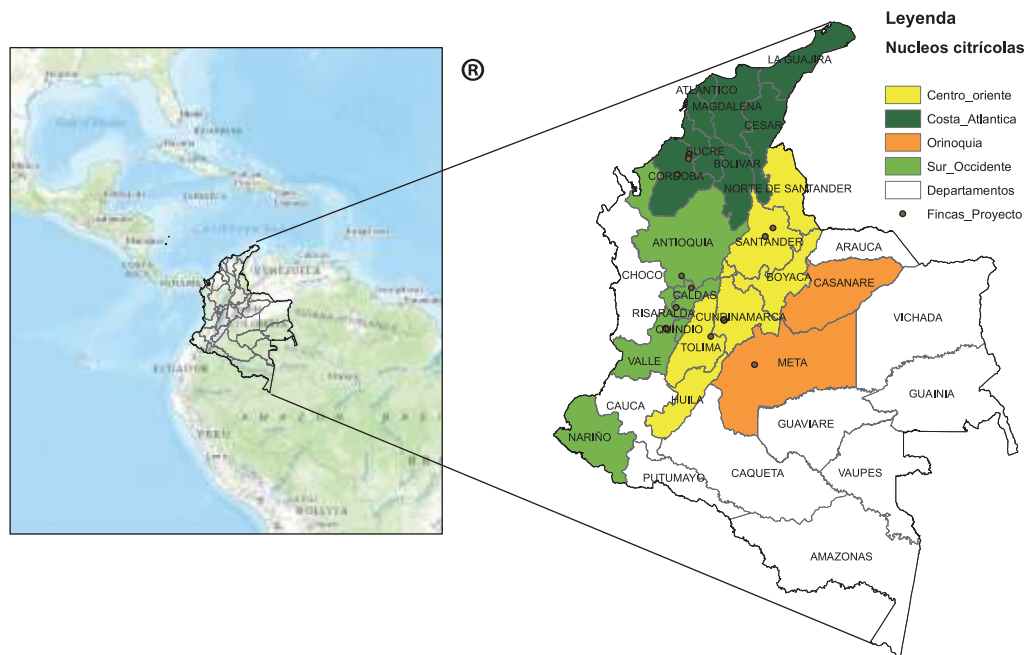
**Tabla 4-1.** Requerimientos físicos y climáticos para el establecimiento de cítricos

Especie	Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura Óptima (°C)	Precipitación anual óptima (mm)
Naranja Valencia	500-1700 <sup>f</sup>	23 -29 <sup>e</sup>	900-1200 <sup>f</sup>
Limón Tahití	20-900 <sup>a</sup>	22 – 28 <sup>b</sup>	1200 -2000 <sup>b</sup>
Zonas cítricas	0 – 2000 <sup>c</sup>	18 -30 <sup>d</sup>	500-2000 <sup>d</sup>

a (Corpoica, 1999), b (CATIE, 2002), c (Javier Orduz et al., 2008), d (Aguirre, 1965), e (Baraona & Barrantes, 2000), f (MADR et al., 2006).

Según Orduz et al. (2008), los cítricos en Colombia son cultivados en 21 departamentos, agrupados en cuatro núcleos productivos en el Acuerdo de Competitividad de Cítricos (Figura 4-1):

- Centro-Oriente: conformado por Santander, Norte de Santander, Boyacá, Cundinamarca, Tolima y Huila.
- Sur-Occidente: conformado por los departamentos del Eje Cafetero (Caldas, Risaralda y Quindío), Antioquia, Valle del Cauca y Nariño.
- Costa Atlántica: conformado por Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Sucre, Magdalena y La Guajira.
- Orinoquía: compuesto por Meta y Casanare.



**Figura 4-1..** Núcleos cítricos de Colombia.



Cómo se ve en la tabla 4-1, en la literatura se reportan diferencias en términos de las temperaturas, altitudes y pluviosidad óptimas para el establecimiento de cítricos. Por lo tanto, se presentan tres métodos para definir las zonas aptas para el establecimiento de cítricos en Colombia.

Los datos utilizados para el cálculo de la distribución potencial de cítricos fueron:

Altitud: Modelo GDEM V2

**Método 1.** Se consideraron los siguientes intervalos de altitud, precipitación y temperatura:

**Altitud:** 0-2100 m.s.n.m. (Sánchez et al., 1987)

**Temperatura:** 18-30°C (Orduz et al., 2012)

**Precipitación anual:** 900-2000mm (Riaño et al., 2006)

Las variables fueron reclasificadas en términos binarios (1=cumple, 0=no cumple), como se muestra en la Figura 4-2. Posteriormente las variables altitud, temperatura y pluviosidad se superpusieron, definiendo las zonas que cumplen los 3 requerimientos y las zonas que no cumplen.



Valores de altitud  
m.s.n.m. DEM



Categorización de las  
alturas óptimas



Reclasificación, color  
verde (valor 1), rango  
de alturas óptimo para  
los cítricos; color rojo  
(valores 0), no cumple  
las condiciones



Valores de  
Temperatura °C



Categorización de  
las temperaturas  
óptimas



Reclasificación, color  
verde (valor 1), rango  
de temperatura óptimo  
para los cítricos; color  
rojo (valores 0), no  
cumple las condiciones



Valores de  
Precipitación mm



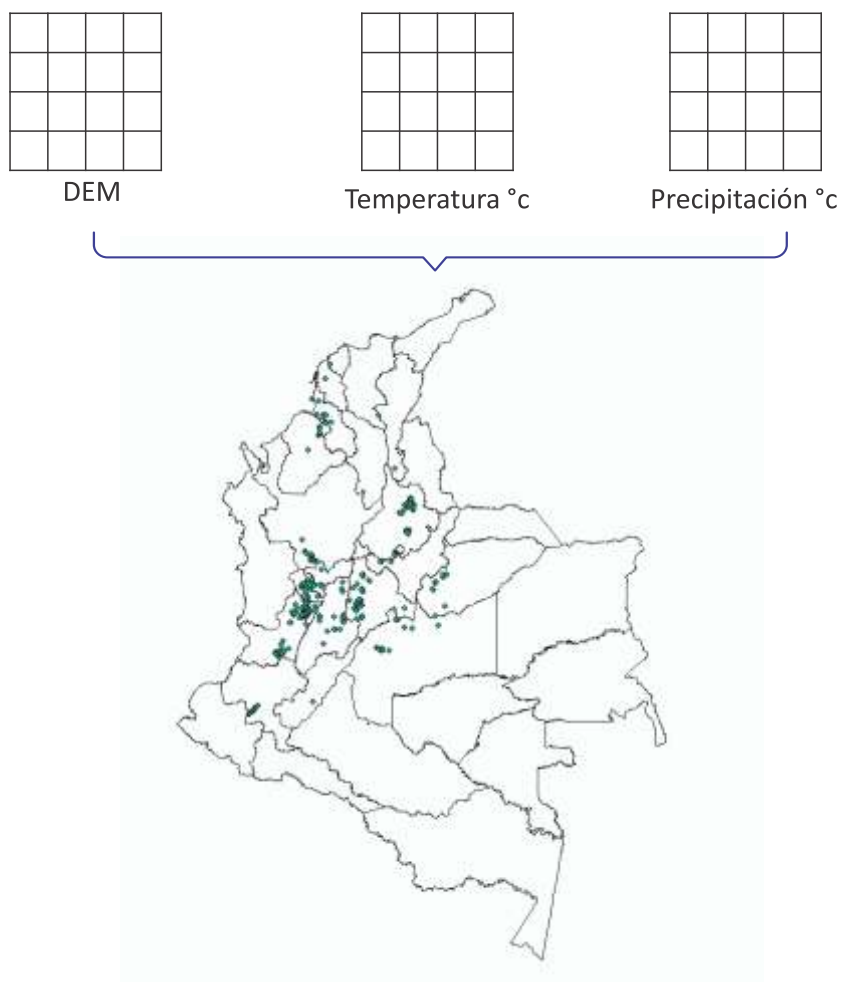
Categorización de  
las precipitaciones  
óptimas



Reclasificación, color  
verde (valor 1), rango  
de precipitación óptimo  
para los cítricos; color  
rojo (valores 0), no  
cumple las condiciones

Figura 4-2. Método 1. Áreas que cumplen los 3 criterios.

**Método 2.** El ICA posee una base de datos de predios cítricos, que pueden georreferenciarse y a partir de los cuales se pueden determinar los valores mínimos y máximos de temperatura, precipitación y altitud presentes en cada cultivo. A partir de estos datos se definieron los intervalos de cada variable.



**Figura 4-3.** Método 2. Ubicación de los predios cítricos registrados en el ICA y usados para la extracción de las variables físicas.

**Método 3.** Se utilizó el criterio de suma de unidades de calor acumulado (UCA) anual para delimitar las zonas aptas para el establecimiento de cítricos (Mendel, 1969). Estas unidades de calor acumulado se calculan de acuerdo con la Ecuación 1. Una vez calculado el ráster de UCA, se integró la variable precipitación como otro delimitante de zonas aptas para los cítricos.

$$UCA [^{\circ}C] = (T - 12,5) * 365 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde: T: es la temperatura media diaria y 365 es la cantidad de días que tiene un año. El valor de 12,5°C corresponde a la temperatura mínima necesaria para el crecimiento de los cítricos.

En todos los métodos se utilizó la temperatura calculada a partir del GDEM V2 (2011), con resolución espacial de 30m (NASA, 2011). La temperatura se calculó usando la siguiente ecuación:

$$T [^{\circ}C] = T_0 - 6 * (Z) \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:  $T_0$  = Temperatura al nivel del mar en [°C] (se asumen 32°C).  
Z = altura del pixel en el DEM

Las áreas potenciales definidas usando los 3 métodos difieren en gran proporción (Figura 4-3). El método 1 restringe muchas zonas donde naturalmente se establecen los cítricos, pero que no son zonas óptimas para la producción de frutos. El segundo método presenta resultados más contradictorios al mostrar gran parte del país como zonas aptas para el establecimiento de cítricos. Y el último método muestra resultados con tamaño de áreas intermedias, más parecidas a las áreas actuales usadas en citricultura, cubriendo más zonas que el método 1 y menos que el método 2. La diferencia entre los dos primeros métodos radica en la amplitud de los intervalos de condiciones climáticas. El listado de fincas reportadas por el ICA muestra que existen cultivos en condiciones más extremas que las reportadas por la literatura, las cuales poseen rangos de temperatura entre 14 y 32°C, altitud entre 20 y 2610 m.s.n.m. y precipitaciones entre 659 y 2924 mm, siendo intervalos mucho más amplios y por ende una mayor distribución. Pero estas condiciones climáticas no son las más adecuadas para un cultivo comercial, ya que precipitaciones cercana a los 3500 mm hacen los cultivos de cítricos marginales, debido principalmente al incremento de los problemas fitosanitarios (Baraona y Barrantes, 2000) y árboles por encima de los 2100 m.s.n.m. no poseen las calidades apropiadas del mercado (Camacho, 1981 citado por Orduz, 1990).

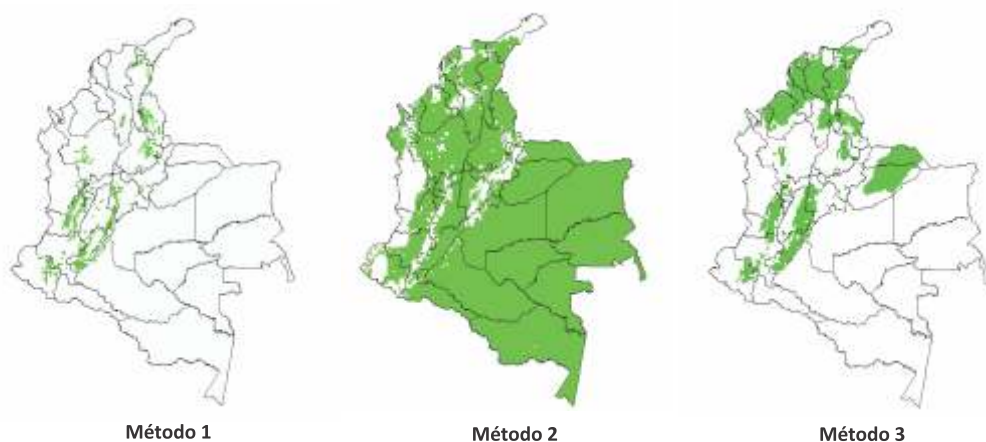


Figura 4-3. Distribución potencial de cítricos evaluada usando tres métodos diferentes.

### 4.3. Modelo conceptual de dinámica poblacional de *Diaphorina citri*

La temperatura ambiente es uno de los factores más importantes para la distribución de *D. citri*. Inviernos con bajas temperaturas e intensas fluctuaciones de temperatura ocasionarían una elevada mortalidad de las poblaciones invernantes (Xu, 1985 citado por Castelar et al., 2010). No obstante, la disponibilidad del recurso es otro factor limitante para *D. citri*, ya que sus poblaciones declinan en los periodos en que las plantas no están en brotación. (Moschini et al., 2010).

Aurambout et al. (2009) desarrollaron un modelo de simulación de la población de *Diaphorina citri* en un lugar basado en factores ambientales que controlan las tasas de reproducción y mortalidad del insecto, y en la disponibilidad de brotes en el hospedero, que limita el crecimiento de la población y generalmente introduce patrones cíclicos anuales. La figura 4-5 muestra de manera esquemática el modelo implementado.

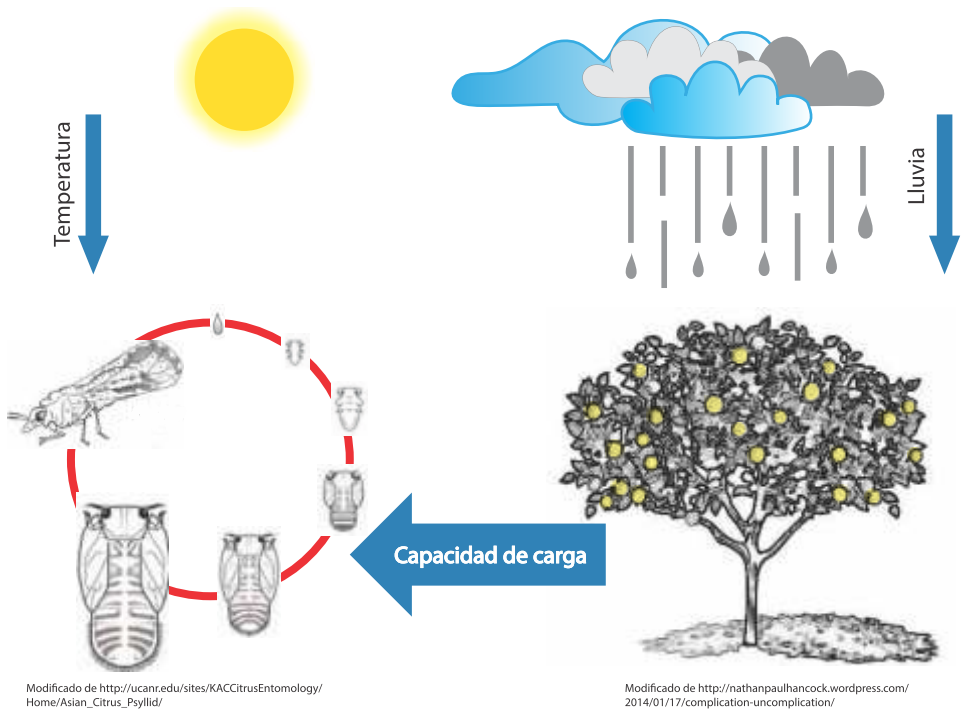


Figura 4-5. Esquema del modelo poblacional de *Diaphorina citri*.

En el modelo de Aurambout et al (2009), la temperatura controla las tasas de muerte y de maduración de los individuos. La lluvia controla la brotación de los árboles, que se refleja en la capacidad de carga de *D. citri*. La muerte de individuos también aumenta la capacidad de carga de los árboles. La figura de los árboles es una modificación de la original de Qu et al. (2012).

### 4.3.1. Influencia de la temperatura en la dinámica poblacional de *Diaphorina citri*

Existen muchos estudios que diagnostican la variación de parámetros del ciclo de vida de *Diaphorina citri* con la temperatura (por ejemplo Hall et al., 2011; Nava et al., 2007; Fung y Chen, 2006; Nakata, 2006; McFarland et al., 2001; Liu et al., 2000; Arora et al., 1997; Yang, 1989). En la Figura 4- 6 se presenta una gráfica de la variación de la tasa de producción de huevos construida a partir de datos de Aurambout et al. (2009) y Liu y Tsai (2000).

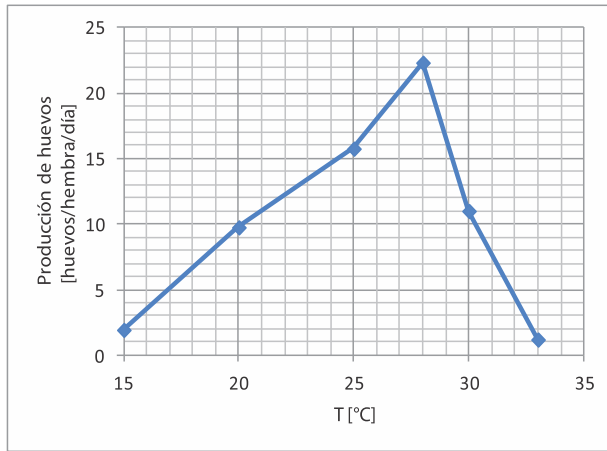


Figura 4-6. Tasa de producción de huevos de *Dc* en función de la temperatura. Datos tomados de Aurambout et al. (2009) y Liu y Tsai (2000).

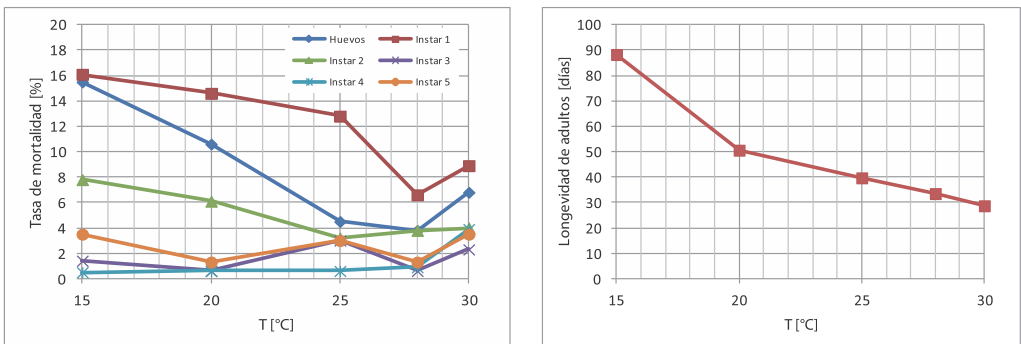


Figura 4-7. Izquierda: Tasa de mortalidad de los estados inmaduros de *Diaphorina citri* en función de la temperatura. Derecha: Longevidad de los adultos de *Diaphorina citri* en función de la temperatura. Ambas gráficas fueron contruidas a partir de datos de Aurambout et al. (2009) y Liu y Tsai (2000).

### 4.3 2. La variación espacial y temporal de la temperatura media diaria en Colombia

Una de las características climáticas del trópico es que la variación diurna de la temperatura es mucho mayor que su variación anual. La Figura 4-8 muestra el ciclo diurno y el ciclo anual promedio de temperaturas en la Hacienda Túnez y en el Centro de Investigación La Libertad.

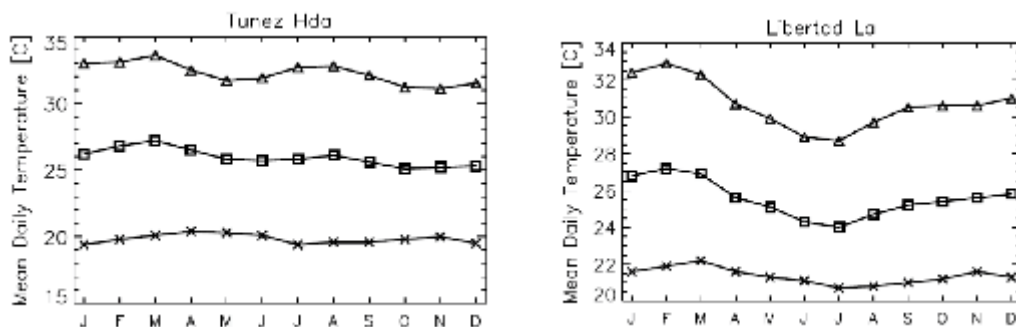


Figura 4-8. Ciclo anual de máximos, medios y mínimos mensuales de temperaturas medias diarias en la Hacienda Túnez (Fredonia, Antioquia) y el Centro de Investigación La Libertad (Villavicencio, Meta).

La temperatura en el trópico varía fuertemente con la elevación sobre el nivel del mar. En la Figura 4-9 se muestran las gráficas mensuales de la temperatura media diaria en función de la elevación sobre el nivel del mar para 467 estaciones en Colombia. La variación se puede describir muy bien por funciones lineales de la siguiente forma:

$$T(z) = T_0 - \frac{dT}{dz} z$$

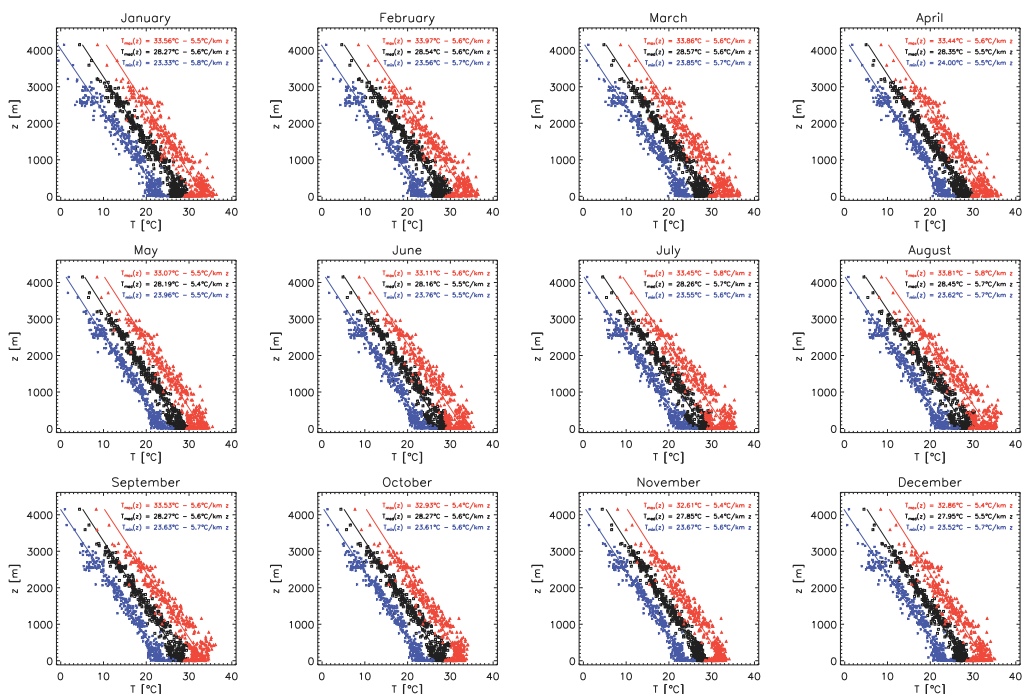
Donde: T es la temperatura media diaria, z la elevación sobre el nivel del mar, T<sub>0</sub> la temperatura al nivel del mar, y dT/dz el gradiente vertical de temperatura. En las tablas 2 y 3 están los valores de T<sub>0</sub> y dT/dz para cada mes del año.

**Tabla 4-1.** Temperatura al nivel del mar (T0 [°C]) mensual estimada por ajustes lineales por el método de mínimo error cuadrático a los valores promedio históricos de temperaturas máximas, medias y mínimas diarias promedio de 467 estaciones en Colombia.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T máxima	33.56	33.97	33.85	33.44	33.07	33.11	33.45	33.81	33.53	32.93	32.61	32.85
T media	28.27	28.54	28.57	28.35	28.19	28.16	28.26	28.45	28.27	28.27	27.85	27.95
T mínima	23.33	23.56	23.85	24	23.96	23.76	23.55	23.62	23.63	23.61	23.67	23.52

**Tabla 4-2.** Gradiente vertical de temperatura en superficie (dT/dz [°C/km]) mensual estimada por ajustes lineales por el método de mínimo error cuadrático a los valores promedio históricos de temperaturas máximas, medias y mínimas diarias promedio de 467 estaciones en Colombia.

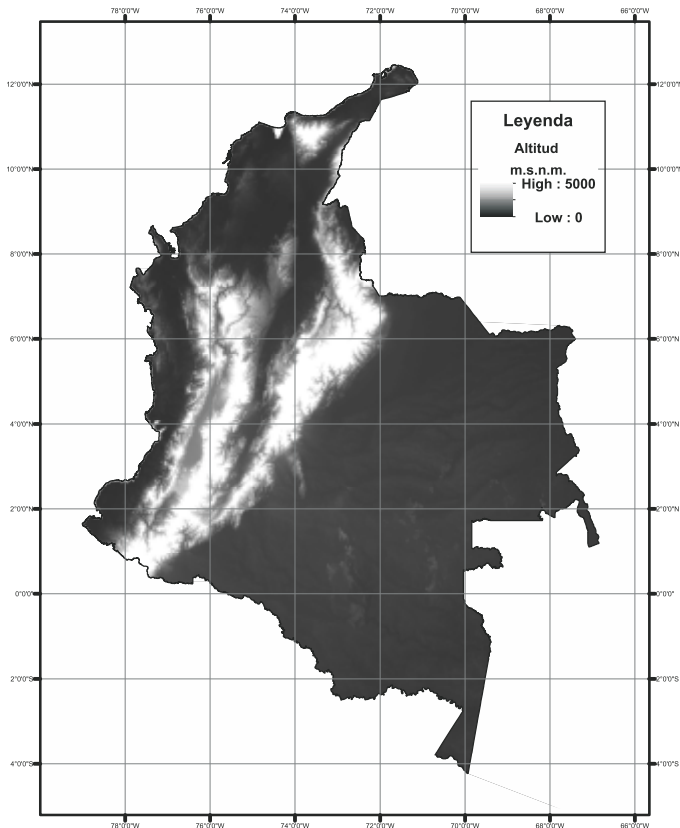
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T máxima	-5.52	-5.63	-5.63	-5.6	-5.5	-5.64	-5.84	-5.84	-5.62	-5.44	-5.39	-5.4
T media	5.59	5.63	5.61	5.51	5.45	5.52	5.66	5.67	5.57	5.57	5.43	5.48
T mínima	-5.79	-5.72	-5.67	-5.53	-5.47	-5.54	5.64	-5.67	-5.71	-5.6	-5.58	-5.71



**Figura 4-9.** Temperatura media diaria en función de la elevación sobre el nivel del mar para cada mes en Colombia.

## 4.4. Simulación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* en Colombia

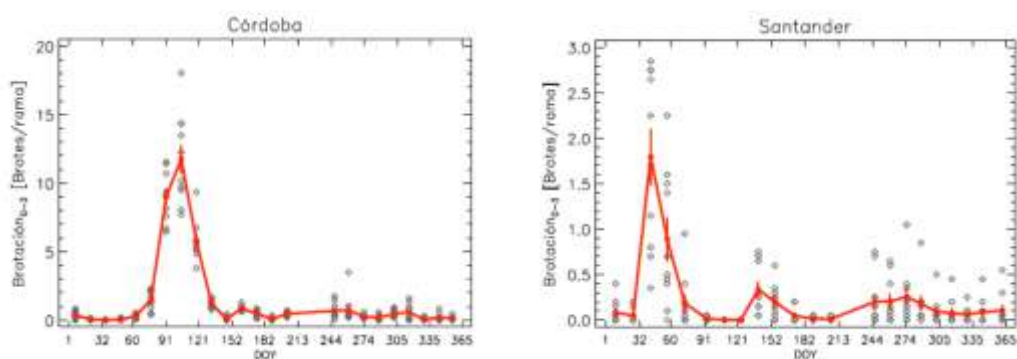
Para correr el modelo de simulación de la población de *Diaphorina citri* se requieren varios conjuntos de parámetros: a) parámetros climáticos, b) parámetros del insecto, c) parámetros del hospedero. Como en la gran mayoría de los lugares no se tiene esta información, se debe recurrir a métodos de estimación a partir de información en otros lugares. Algunas variables climáticas exhiben patrones de variabilidad espacial muy bien definidos, como es el caso de la temperatura con la elevación sobre el nivel del mar, tal como se observa en la Figura 4-9 y las tablas 4-2 y 4-3. Estos patrones se pueden aprovechar para estimar la temperatura media diaria de cualquier lugar a partir de su elevación. La Figura 4-10 muestra el GDEM V2 de Colombia con una resolución espacial de 30 metros tomado del Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer –ASTER (<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>). Este DEM se utilizó para calcular la temperatura media diaria de cada lugar en cada mes usando las funciones lineales que aparecen en la Figura 4-9.



**Figura 4-10.** Modelo de elevación digital (DEM) de Colombia con una resolución espacial de 30 metros. Este modelo fue descargado de la página web del Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer – ASTER (<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>).

Los parámetros del insecto que se usaron en las simulaciones son la tasa de postura de huevos de las hembras, las tasas de mortalidad de los estados inmaduros y la longevidad de los adultos. Las figuras 4-6 y 4-7 muestran valores de referencia de estos parámetros en función de la temperatura reportados por Aurambout et al. (2009) y Liu y Tsai (2000).

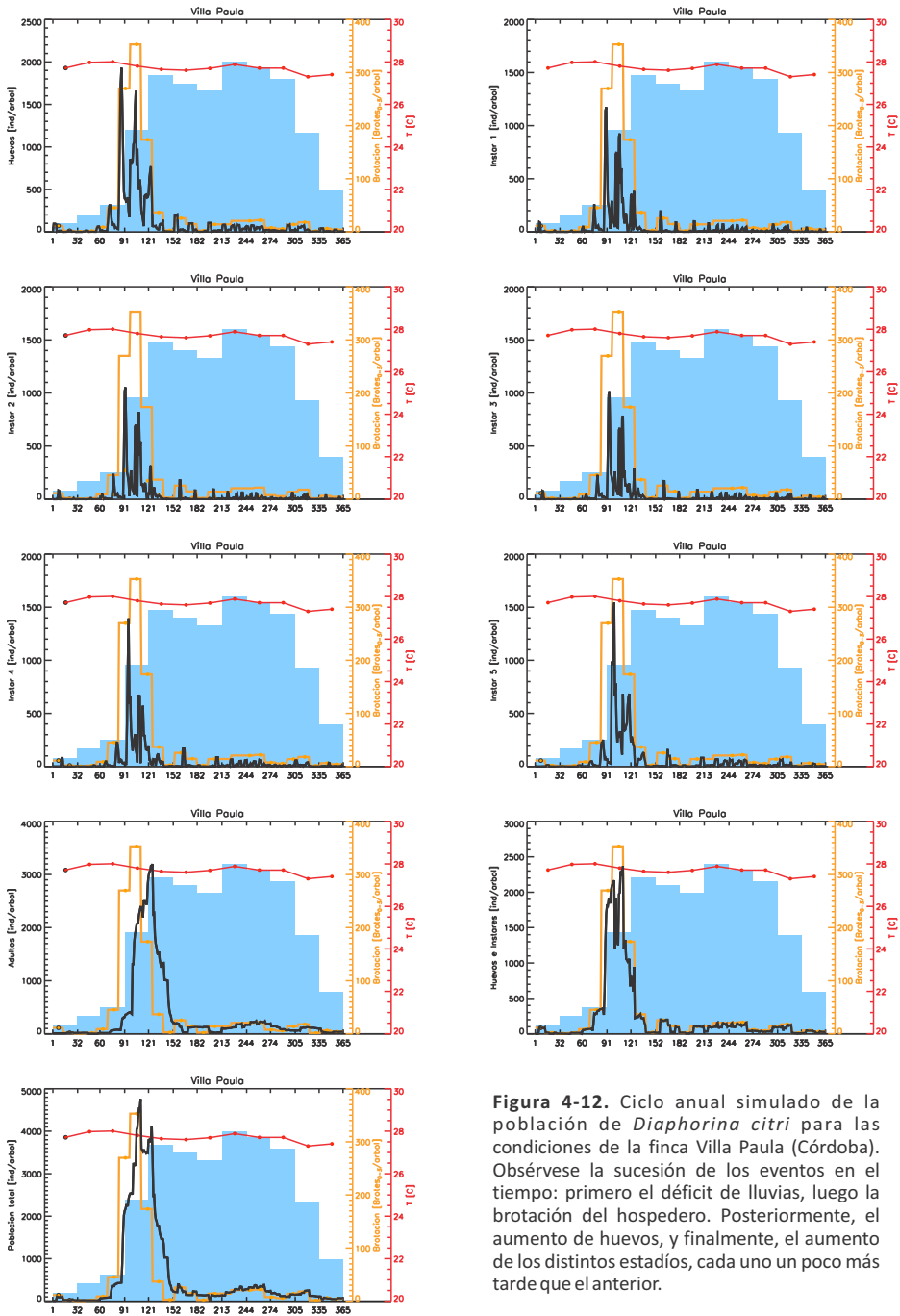
Finalmente, para la simulación de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri*, el modelo requiere la cantidad de brotes del hospedero en el tiempo, que determina la capacidad de carga de huevos e instares en el cultivo (Aurambout et al., 2009; Pluke et al., 2008; Hall y Albrigo, 2007). En zonas templadas la fenología del hospedero está fuertemente ligada al ciclo anual de temperaturas, mientras que en zonas tropicales ese papel lo cumple el ciclo anual de precipitación, siendo el estrés hídrico el factor detonante de la brotación (Garzón et al., 2013; Orduz, 2012; Orduz et al., 2011; Davies, 1997; Nuñez et al., 1992; Cassin et al., 1969; Catling, 1969; Reuther y Ríos-Castaño, 1969). En la Figura 4-11 se muestra el ciclo anual de la aparición de brotes 0 a 3 en una finca de Córdoba y una de Santander. Los puntos grises son registros tomados en 10 árboles en cada finca, y la curva roja es el promedio de ellos.



**Figura 4-11.** Ciclo anual de brotación (brotos 0 a 3) en Villa Paula (Córdoba) y Juan Se (Santander). DOY es el día del año, y los valores que están marcados indican el primer día de cada mes del año.

En la Figura 4-12 se pueden observar gráficas el ciclo anual simulado de la población de *Diaphorina citri* en la finca Villa Paula. Hay una gráfica para la población de huevos, una para cada estadio ninfal y una para adultos, además una de la suma de todos los estados inmaduros y otra de la población total, asumiendo árboles con 30 ramas (Kimball et al., 2007). El patrón cíclico de la población está controlado por el ciclo anual de la temperatura y sobre todo de la brotación del hospedero. Según diversos autores, en los trópicos la brotación de los cítricos está influenciada fuertemente por la precipitación, o más exactamente por la ausencia de ésta, es decir por la sequía, a diferencia de las zonas templadas donde este control lo ejerce el régimen de temperaturas. Una vía de modelación de la brotación debería entonces estar en principio basada en el régimen de lluvias. Sin embargo, no es exactamente la escasez de lluvia quien determina la brotación, sino el déficit de humedad en el suelo que provoca el estrés hídrico necesario a la planta. Algunos autores han hecho estudios de las relaciones entre el estrés hídrico y la brotación en cítricos, como por ejemplo Garzón et al. (2013), Lugo et al. (1996), Southwick y Davenport (1986), Syvertsen (1982). Sería ideal acoplar el modelo poblacional de *Diaphorina citri* con un modelo de brotación del hospedero basado en la humedad del suelo. Este enfoque requiere información sobre las propiedades hídricas del suelo que no se miden comúnmente. Por lo tanto, las modelaciones que se presentan en esta cartilla se basan en los regímenes de brotación que fueron medidos en el trabajo de campo de 2013-2013 (ver los capítulos anteriores de esta cartilla).

En las figura 4-13 se presenta la distribución de huevos e instares para los sitios de muestreo obtenidos en la modelación.



**Figura 4-12.** Ciclo anual simulado de la población de *Diaphorina citri* para las condiciones de la finca Villa Paula (Córdoba). Obsérvese primero el déficit de lluvias, luego la brotación del hospedero. Posteriormente, el aumento de huevos, y finalmente, el aumento de los distintos estadios, cada uno un poco más tarde que el anterior.

# Mapa de huevos e instares

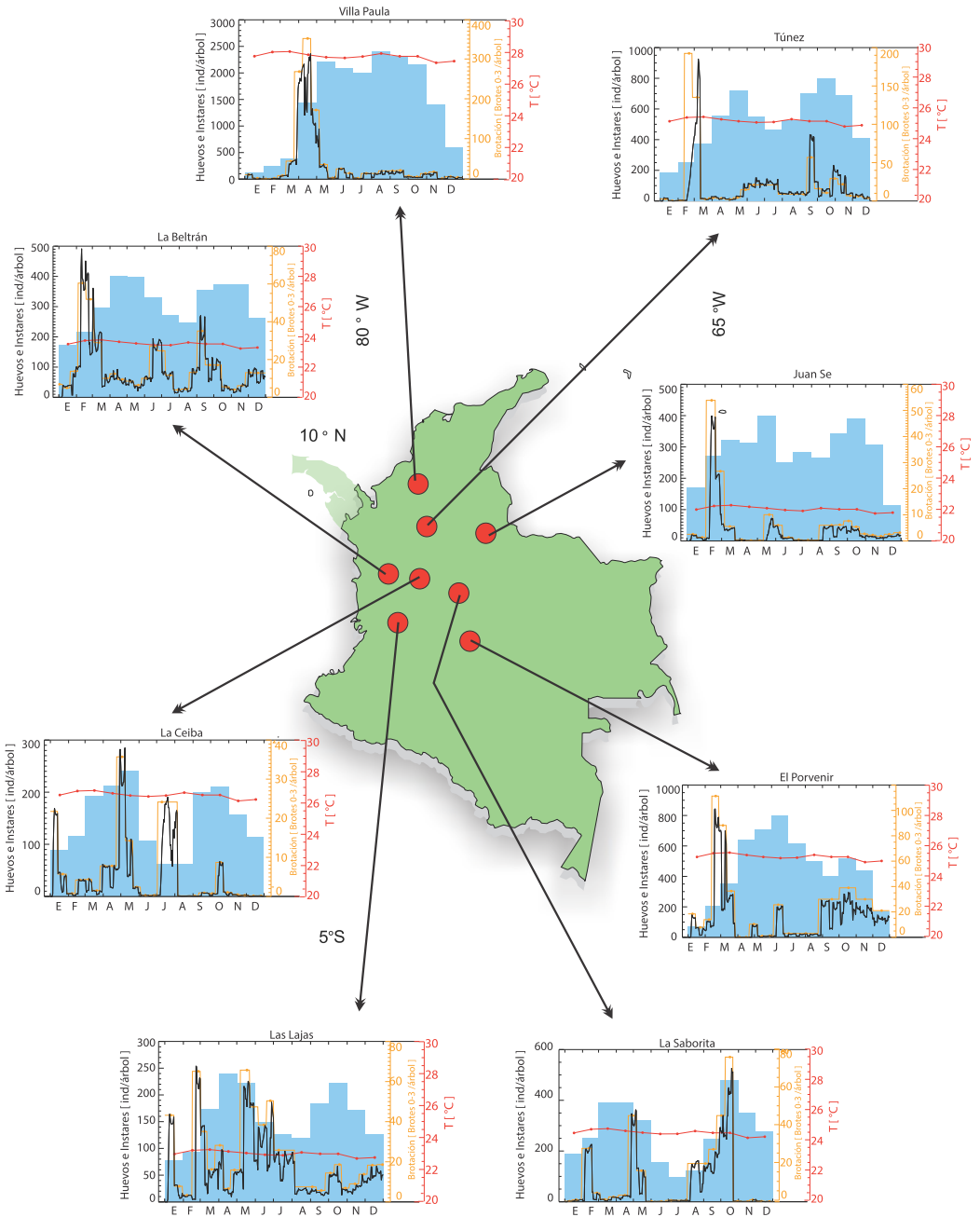


Figura 4-13. Modelación de la distribución de Huevos e Instares



## Referencias bibliográficas

- Aguirre, J. (1965). Geografía Agraria. Bib. Orton IICA / CATIE. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=GhUPAQAIAAAJ>
- Alemán J., H. Baños Y J. Ravelo. 2007. *Diaphorina citri* y la Enfermedad Huanglongbing: Una combinación destructiva para la producción Citrícola. Grupo Plagas Agrícolas, Dirección de Protección de Plantas, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), San José de las Lajas, La Habana, Cuba.
- Arora, P.K., S.K. Thind, K. Nirmaljit, I.S. Grewal, and N. Kaur. 1997. Population Dynamics of Citrus Psylla, *Diaphorina Citri* Kuwayama on Kinnow Mandarin in Relation to Temperature and Relative Humidity. *Indian Journal of Ecology*, 24: 179–183.
- Atwal, A. S., Haudhary, J. P. Y Amzan, M. R. 1968. Studies on the development and field population of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Psyllidae: Homoptera). *Journal Research Punjab Agriculture University*, 7: 333-338.
- Aubert, B., Y Hua, X. Y. 1990. Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya* canopies, pp. 181-187. In: Aubert, B., Tontyaporn, S. & Buangsuwon, D. (Eds.), Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region. *Proceedings of the 4th Asia Pacific International Conference on Citriculture, Thailand*.
- Aurambout, J.P., Finlay K.J., Luck J., Beattie G.A.C. 2009. A concept model to estimate the potencial distribution of the Asiatic citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama) in Australia under climate change- A means for assessing biosecurity risk. *Ecological Modelling*, 220: 2512-2524.
- Baraona, M., & Barrantes, E. 2000. cítricos fruticultura especial. Euned. Retrieved from [http://books.google.com.co/books?id=CYq\\_tzwi4FIC](http://books.google.com.co/books?id=CYq_tzwi4FIC)
- Cabrera-Mirales, H.; Murillo-Cuevas, F. D. Villanueva-Jiménez, J. A.; Montero-Morales, A. L.; Cruz-Bustos, J.; Aguilar-Román, L. 2011. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en limón persa en Cotaxtla y Cuitláhuac, Veracruz, México. 07 pp. En: 2º Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México, 2011.
- Cassin, J., J. Bourdeaut, A. Fougue, V. Furon, J.P. Gaillard, J. LeBourdelles, G. Montagut, and C. Moreuil. 1969. The Influence of Climate upon the Blooming of Citrus in Tropical Areas. In First International Citrus Symposium, 315-23. University of California.
- CATIE. 2002. Frutales: Guía Técnica del Cultivo de Limon Persico. IICA. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=9MoOAQAIAAAJ>
- Catling, H. 1968 . Distribution of the Psyllid Vectors of Citrus Greenin Disease, with Notes on the Biology and Bionomics of *Diaphorina citri*. Malkerns, Suazilandia, *FAO Plant Protection Bulletin*, 18:8-15.
- Catling, H.D. 1969. The Bionomics of the South African Citrus Psylla, Trioza Erytreae (Del Guercio) (Homoptera: Psyllidae). 1. The Influence of the Flushing Rhythm of Citrus and Factors Which Regulate Flushing. *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*, 32: 191-208.

- Corpoica. (1999). Frutales de Clima Cálido. Corpoica. Retrieved from <http://books.google.com.co/books?id=DZl4vvFafGYC>
- Da Fonseca, G. A. B., Balmford, A., Bibby, C., Boitani, L., Corsi, F., Brooks, T., C., Gascon, S., Olivieri, R. A., Mittermeier, N., Burgess, E., Dinerstein, D., Olson, L., Hannah, J., Lovett, D., Moyer, C., Rahbek, S., Stuart and P., Williams Williams, P. 2000. ...following Africa's lead in setting priorities. *Nature*, 405: 393–394.
- Davies, F.S. 1997. An Overview of Climatic Effects on Citrus Flowering and Fruit Quality in Various Parts of the World. In *Citrus Flowering and Fruiting Short Course*, edited by H.F. Stephen and J.K. Walter. Gainesville, USA: University of Florida Press.
- Engelmann, F. 1970. *The Physiology of Insect Reproduction*. Pergamon Press, Oxford
- Fernández, M. y Miranda, I. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte III: Relación entre el ciclo de vida y el brote vegetativo foliar. *Rev. Protección Veg.* 20(3): 161-164.
- Fonseca, O.; Valera, N.; Vasquez, C. 2007. Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en tres hospederos en el estado Lara, Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Agronomía. Departamento de Ciencias Biológicas. ENTOMOTROPICA. Vol 22(3): 145-152.
- Fung, Y.C. y Chen, C.N. 2006. Effects of temperature and host plant on population parameters of the citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). *Formosan Entomol.* 26:109-23.
- Garran, S., Ragone, M. & Vázquez, 1993. Observaciones fenológicas en plantas cítricas. Resúmenes XVI Congreso Sociedad Argentina de Horticultura, p. 171.
- Garzón, Diana Lucía, Javier Enrique Vélez, and Javier Orlando Orduz. 2013. Efecto Del Déficit Hídrico En El Crecimiento Y Desarrollo de Frutos de Naranja Valencia (*Citrus Sinensis* Osbeck) En El Piedemonte Del Meta, Colombia. *Acta Agronómica*, 62 (2): 136-47.
- Graham, C. H., Loiselle, B. A., Velásquez-Tibatá, J., & Cuesta, F. 2012 2009. Modelos de Distribución de Especies y el Desafío de Pronosticar Distribuciones Futuras, en: Herzog, S.K., Martinez, R., Jorgensen, P.M., Tiessen, H. Cambio climático y Biodiversidad en los Andes Tropicales, Instituto Interamericano para la investigación del Cambio global (IAI), São José dos Campos, y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE), Paris. pp. 349-368.
- Halbert, S.E., and K.L. Manjunath (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.
- Hall, D. G., Childers, C. C., & Eger, J. E. 2007. Binomial sampling to estimate rust mite (Acari: Eriophyidae) densities on orange fruit. *Journal of Economic Entomology*, 100(1): 233-40.
- Hall, D.G. 2008. Biology, History and World Status of *Diaphorina citri*. 11 pp. En: Memorias del I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los Cítricos (Candidatus *Liberibacter* spp) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). 7-9 de Mayo, 2008. Hermosillo, Sonora, México.
- Hall, D.G., Hentz, M.G. y Adair Jr, R.C. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. *Environmental Entomology*, 37: 914-924.
- Hall, David G., and L.G. Albrigo. 2007. Estimating the Relative Abundance of Flush Shoots in Citrus with Implications on Monitoring Insects Associated with Flush. *Hortscience*, 42 (2): 364-368.

- Hall, David G., Erik J. Wenninger, and Matthew G. Hentz. 2011. Temperature Studies with the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri*: Cold Hardiness and Temperature Thresholds for Oviposition. *Journal of Insect Science*, 11 (83): 1-15.
- Heuvelodp, J., Pardo, J., Quirós, S. & Espinoza, L., 1986. Agroclimatología. San Jose: Universidad Estatal a Distancia.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25 (15): 1965–1978.
- Kimball, Bruce A., Sherwood B. Idso, Stephanie Johnson, and Matthias C. Rillig. 2007. Seventeen Years of Carbon Dioxide Enrichment of Sour Orange Trees: Final Results. *Global Change Biology*, 13 (10): 2171-83.
- King, C. W. H.; Gómez, C. E.; Ebrath, E. E.; Ramos, A. A.; Burckhardt, D.; Moreno, H. Y Castañeda, A. 2008. Detección de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) asociado a cítricos en Colombia (p. 180). En: Resúmenes XXXV Congreso Colombiano de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali: Sociedad Colombiana de Entomología.
- Krebs, C. J. 2009. Ecology. Benjamin-Cummings Publishing Company. Retrieved from <http://books.google.es/books?id=oEfcQgAACAAJ>
- Liu, Ying Hong, and James H. Tsai. 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 (3): 201–206.
- Madr, Cauca, G. del, FNFH, Asohofrucol, & SAG. 2006. Plan Frutícola Nacional Desarrollo de la Fruticultura en el Cauca (pp. 1–76).
- McFarland, Clint D., and Marjorie A. Hoy. 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 Temperature Regimes. *The Florida Entomologist*, 84 (2): 227–233.
- Mead, F. & Fasulo, T., 2007. Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae). Gainesville: Entomology and Nematology Dept., IFAS, Univ. of Fla. Coop. Ext. Service.
- Mendel, B. K. (1969). THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND LIGHT ON THE, (1315).
- Nakata, Tadafumi. 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 Entomology and Zoology*, 41 (3): 383-387.
- Nava, D.E., M.L.G. Torres, M.D.L. Rodrigues, J.M.S. Bento, and J.R.P. Parra. 2007. Biology of *Diaphorina Citri* (Hem., Psyllidae) on Different Hosts and at Different Temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 131(9-10): 709-715.
- Nuñez, Lucy, Elvia Yaneth Vidarte, Diosdado Baena, and William Escobar. 1992. Estudio de La Floración, Fructificación Y Producción de Dos Variedades de Naranja, *Citrus sinensis* L. Oesbeck, Y Dos de Mandarina, *Citrus reticulata* Blanco, En Condiciones Climáticas de Palmira, Valle Del Cauca. *Acta Agronómica*, 42 (1-4): 50-63.

- Orduz, J. 2007. (1990). Ecofisiología de Los Cítricos En El Trópico: Revisión Y Perspectivas. En: II Congreso Colombiano de Horticultura, Bogotá. No existe esta repetido.
- Orduz, J., 2007. Ecofisiología de los cítricos en el trópico: revisión y perspectivas. en: Memorias segundo congreso colombiano de Horticultura. Bogotá: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. pp. 67-76.
- Orduz, J., Pulido, S., Alvarado, B., Polanco, N., Almansa, E., Julesmas, A., Salamanca, C.R., Arguello, J.O., Arguelles, J. 2008. Características de la citricultura del departamento del Casanare y recomendaciones para su mejoramiento productivo. Meta, Colombia. 90p.
- Orduz-Rodríguez, Javier Orlando, Sergio Castiblanco, Claudia Liliana Calderón, and Heberth Velásquez. 2011. "Potencial de Rendimiento Y Calidad de 13 Variedades E Híbridos Comerciales de Cítricos En Condiciones Del Piedemonte Llanero de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5(2): 171-185.
- Orduz-Rodríguez, Javier Orlando. 2012. La Ecofisiología de Los Cítricos En El Trópico: El Caso Del Piedemonte Llanero de Colombia. In *Cítricos: Cultivo, Poscosecha E Industrialización*, 107-128.
- Ortega, L., Villegas, A., Ramirez, A. y Mendoza, E. 2013. Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en cazones, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(2): 317-333.
- Pappas, M.L., Broufas, G.D. Koveos, D.S. 2008. Effect of relative on development, survival and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina*. *Biological Control* 46: 234-241.
- Pluke, R.W.H., J.A. Qureshi, and P.A. Stansly. 2008. Citrus Flushing Patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) Populations and Parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*, 91 (1): 36-42.
- Rafoss, T. (2003). Spatial Stochastic Simulation Offers Potential as a Quantitative Method for Pest Risk Analysis, 23(4): 651-661.
- Ram, F., & Porcayo-camargo, E. 2008. ( Hemiptera : Cicadellidae ) en un viñedo en Andalucía , España, 34(2): 169-175.
- Reuther, Walter, and Danilo Rios-Castaño. 1969. Comparison of Growth, Maturation and Composition of Citrus Fruits in Subtropical California and Tropical Colombia. In First International Citrus Symposium, 277-300. Riverside: University of California.
- Skelley, L.H. y Hoy, M.A. 2004. A synchronous rearing method for asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. *Biol. Contr.* 29: 14-23.
- Southwick, Stephen M., and Thomas L. Davenport. 1986. Characterization of Water Stress and Low Temperature Effects on Flower Induction in Citrus. *Plant Physiology* 81 (1): 26-29.
- Syvetsen, J.P. 1982. Minimum Leaf Water Potential and Stomatal Closure in Citrus Leaves of Different Ages. *Annals of Botany*, 49 (6): 827-34.
- Teixeira, D. et al., 2005. 'Candidatus Liberibacter americanus', associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55: 1857-1862.
- Tirtawidjaja, S., Hadiwidjaja, T. & Lasheen, A., 1965. Citrus vein-phlem degeneration virus, a possible cause of citrus chlorosis in Java. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 86: 235-243.



- Torres-Pacheco, A. I., López Arroyo, J.I., Aguirre-Gómez, J.A., Guevara-González, R.G., Yanez-López, R., Hernández-Zul, M.I., and Quijano-Carranza, J.A. 2013. Potential Distribution in Mexico of *Diaphorina citri* ( Hemiptera : Psyllidae ) Vector of Huanglongbing Pathogen. *Florida Entomologist*, 96(1):36-47.
- Tsai, J. H. and Y. H. Liu. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *J. Econ. Entomol.* 93:1921–1725.
- Tsai, J. H., Wang, J. J. y Liu, Y. H. 2002. Seasonal abundance of the Asian Citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist*, 85 (3): 446-451.
- Yang CT. 1984. Psyllidae of Taiwan. Taiwan Museum Special Publication, Series 3, 37-41.
- Yang, Y. B. 1989. Influence of light, temperature and humidity on the development, reproduction and survival of citrus psylla (*Diaphorina citri* Kuwayama). *Acta Ecologica Sinica*, 9(4): 348-354.