



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

**Fluctuación poblacional y tabla de vida *Diaphorina citri*  
Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en cultivares de cítricos  
en las condiciones del municipio de Zona Bananera,  
Magdalena**

**Cristian Camilo Guetio Guetio**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Palmira, Colombia  
2022



**Fluctuación poblacional y tabla de vida *Diaphorina citri*  
Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en cultivares de cítricos  
en las condiciones del municipio de Zona Bananera,  
Magdalena**

**Cristian camilo Guetio Guetio**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ciencias Agrarias**

Directora:

**Lumey Perez Artilles**

Ph.D. Investigadora de la Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria,  
Agrosavia, Caribia

Codirectora:

**Nora Cristina Mesa Cobo**

Ph.D. Profesora Titular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

Línea de Investigación: Protección de cultivos

Grupo de Investigación: Acarología

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Palmira, Colombia

2022

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA TESIS No.19 DE 2022**

En la ciudad de Palmira, el día martes 20 del mes de septiembre del año 2022, el Coordinador de la sustentación pública de tesis de Maestría en Ciencias Agrarias Línea de Investigación Protección de Cultivos, en sesión a través de presencial y virtual, levanta la presente acta en la Sede Palmira, Facultad Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, para efectos del respectivo registro de calificación en el Sistema de Información Académica y de conformidad con la siguiente información:

<b>ESTUDIANTE</b>	<b>CRISTIAN CAMILO GUETIO GUETIO</b>				
<b>DNI</b>	<b>1112474859</b>	<b>PLAN</b>	<b>5958</b>	<b>PROGRAMA</b>	<b>Maestría en Ciencias Agrarias</b>

<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	“Fluctuación poblacional y tabla de vida <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en cultivares de cítricos en las condiciones del municipXio de Zona Bananera, Magdalena”
---------------------------	--

<b>ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE APROBACIÓN</b>	Acta Oficio__ Resolución__ . Acta número __ del __ de __ de __ Especifique: *Consejo de la Facultad <b>X</b> *Comité Académico Administrativo__ de _____ No. __ del año ____ <b>(Si aplica)</b> Modificación mediante Acta <b>X</b> Oficio__ Resolución__ . Acta número ____ . *Consejo de la Facultad <b>X</b> *Comité Académico Administrativo__ de _____ No. ____ del año ____ .
---	--

<b>PRODUCTOS ACADÉMICOS RELACIONADOS A LA TESIS SUSTENTADA</b>	
--	--

<b>DIRECTOR(A) TESIS</b>	Lumey Pérez Artilles - Agrosavia
--------------------------	----------------------------------

<b>CODIRECTOR(A) TESIS</b>	Nora Cristina Mesa Cobo – Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira
----------------------------	---

<b>ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE DESIGNACIÓN</b>	Acta <b>X</b> Oficio__ Resolución__ . Acta número __ del __ de ____ de ____ . Especifique: *Consejo de la Facultad <b>X</b> *Comité Académico Administrativo No. __ de ____ del año ____ . <b>(Si aplica)</b> Modificación mediante Acta <b>X</b> Oficio__ Resolución__ . Acta número ____ del __ de ____ de ____ Consejo de la Facultad *Comité Académico Administrativo__ de _____ No. ____ del año ____ .
--	---

JURADO DE TESIS NOMBRE COMPLETO	TIPO DNI	NÚMERO DNI	ASISTENCIA		TIPO DE VINCULACIÓN		NOMBRE DE LA UNIVERSIDAD
			Presencial	Videokonferencia	U N	Externo	
<b>DEMIAN KONDO</b>	C.C	<b>79.477.348</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	Agrosavia
<b>AUGUSTO RAMÍREZ GODOY</b>	C.C	94322714		<b>X</b>	<b>X</b>		Universidad Nacional de Colombia-Bogotá

<b>ACTO(S) ACADÉMICO(S) DE DESIGNACIÓN</b>	Acta <b>X</b> Oficio__ Resolución__ . Acta número __ del __ de ____ de ____ . Especifique: *Consejo de la Facultad <b>X</b> *Comité Académico Administrativo__ de ____ No. __ del año ____ . <b>(Si aplica)</b> Modificación mediante Acta __ Oficio__ Resolución__ . Especifique: *Consejo de la Facultad __ *Comité Académico Administrativo__ de _____ No. __ del año ____ .
--	--

Terminadas las respectivas deliberaciones y dando cumplimiento a la normatividad establecida, los jurados emiten la siguiente calificación a la tesis:

**1. CALIFICACIÓN:** APROBADO (AP):  REPROBADO:  NO HAY ACUERDO\*:   
 \* Pasa a Consejo de Facultad o al Comité Académico Administrativo para nombramiento de jurado para dirimir.

Observaciones: El estudiante debe seguir mejorando la escritura y trabajar para mejorar la organización de sus ideas que deben quedar escritas de forma clara en el texto. Después de las dos revisiones de la tesis se vio una mejora en la tesis. Se espera que el estudiante siga en la investigación aplicando el pensamiento crítico y en lo posible publicando los resultados de su investigación. Es un trabajo realizado con mucho esfuerzo y dedicación y se aprueba sin hesitación.

1. En el evento que califique con la opción “No hay acuerdo”, mencione brevemente los argumentos dados por cada uno de los jurados en el momento de la deliberación.



En constancia de lo anterior firman:

JURADOS	
NOMBRE DEL JURADO	FIRMA
1. DEMIAN KONDO	<i>Takumasa KONDO</i>
2. AUGUSTO RAMÍREZ GODOY	<i>Augusto Ramírez G.</i>

COORDINADOR DE LA SUSTENTACIÓN:

NOMBRE COMPLETO: JUAN CARLOS RINCÓN FLÓREZ FIRMA: Juan C. Rincón.

Este trabajo está dedicado a Dios por ser la fuente de conocimiento y a mi familia, a mis padres Melba e Isaías, a mis hermanos Iván, Verónica, Yesid y mis sobrinos Oscar y Camila quienes con su constante apoyo me permitieron llegar a esta importante meta.

## **Declaración de obra original**

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

*Cristian C Guetio*

---

Cristian Camilo Guetio Guetio

Fecha 20/09/2022

## Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosavia, Centro de Investigación Caribia, y al proyecto “Tecnologías para el manejo integrado del patosistema *Diaphorina citri* -HLB en el cultivo de los cítricos en Colombia” por la financiación de este trabajo.

A la doctora Lumey Perez Artilles por todas sus enseñanzas, su apoyo y orientación. Al grupo de investigación del componente fitosanitario del C.I. Caribia: Madeleyne Parra Fuentes, Luisa Fernanda Guzmán Sánchez, Carlos Brochero Bustamante y Juan Camilo Gómez Correa por su constante apoyo. A la doctora Angela María Arcila Cardona por su apoyo en la identificación de algunas especies.

A la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira y en especial a la profesora Nora Cristina Mesa Cobo por sus enseñanzas, apoyo y orientación y al grupo de investigación de Acarología. A la convocatoria de apoyo a estudiantes de pregrado y posgrado para de fortalecimiento de la investigación e innovación de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira 2020-2021. Muchas gracias.

Al Doctor Demian Takumasa Kondo, investigador de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosavia, Centro de Investigación Palmira y al profesor Augusto Ramírez Godoy de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá por la revisión del texto y comentarios que ayudaron a mejorar el contenido de la tesis.

Inmensa gratitud a Jesús Martínez y a sus padres Abraham Martínez y Ana Cervantes, así como a Andrés Ramos, Daniel Orlando Torres y la doctora Gloria Castillo Urquiza por su amistad y compañerismo durante un año de mucha incertidumbre ocasiona

## Resumen

### **Fluctuación poblacional y tabla de vida *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en cultivares de cítricos en las condiciones del municipio de Zona Bananera, Magdalena**

Este trabajo tuvo como objetivo determinar la fluctuación poblacional y la biología de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en *Citrus x aurantium* var. *sinensis*, *Citrus reticulata* y *Citrus x aurantiifolia* var. *aurantiifolia* para las condiciones del municipio de Zona Bananera, departamento de Magdalena, Colombia. Para determinar la fluctuación poblacional se realizaron muestreos quincenales entre octubre de 2019 a noviembre de 2020. Para la biología y confección de las tablas de vida se evaluó el desarrollo de huevo a adulto del insecto en el periodo del 24 febrero al 10 abril [temporada seca] y del 16 de octubre al 03 de noviembre de 2020 [temporada húmeda] en cohortes confinadas y expuestas. Las poblaciones de *D. citri* estuvieron presentes durante todo el periodo de estudio con una alta densidad entre febrero a junio de 2020. Los adultos se correlacionaron con la temperatura, la radiación solar y el viento. La duración del ciclo de vida fue similar entre los hospederos durante la temporada seca (12,02 a 14,52 días), como en la temporada húmeda (14,40 a 15,66 días). Los principales factores de mortalidad identificados fueron: depredación, defoliación y necrosis del brote, parasitoidismo y precipitación acumulada (155,2 mm). Como depredadores se identificaron a *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae), *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae) y larvas de crisopas (Neuroptera: Chrysopidae). Por su parte, *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) ocasionó un parasitoidismo de 16% y 29% para la temporada seca y húmeda, respectivamente, en cohortes sobre limón pajarito. Por último, la sobrevivencia sobre naranja y mandarina fue más elevada que en limón Pajarito.

**Palabras clave:** *Citrus*, factores de mortalidad, Huanglongbing, plagas

## Abstract

### **Population fluctuation and life table of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in citrus cultivars in condition of Zona Bananera, Magdalena municipality**

This work aimed to determine the population fluctuation and biology of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) on *Citrus x aurantium* var. *sinensis*, *Citrus reticulata* and *Citrus x aurantiifolia* var. *aurantiifolia* for the conditions of the municipality of Zona Bananera, department of Magdalena, Colombia. To determine the population fluctuation, samplings were carried out fortnightly between October 2019 and November 2020. For the biology and preparation of the life tables, the development of the insect from egg to adult was evaluated in the period from February 24 to April 10 [dry season] and from October 16 to November 03, 2020 [wet season] in confined and exposed cohorts. Populations of *D. citri* were present throughout the study period with a high density between February and June 2020. Adults were correlated with temperature, solar radiation, and wind. Life cycle length was similar among hosts during the dry season (12,02 to 14,52 days) and the wet season (14,40 to 15,66 days). The main mortality factors identified were predation, defoliation and shoot necrosis, parasitoidism and accumulated precipitation (155,2 mm). As predators, *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae), *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae) and lacewing larvae (Neuroptera: Chrysopidae). For its part, *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) caused a parasitoidism of 16% and 29% for the dry and wet season, respectively, in cohorts on Key lime. Lastly, survival on orange and tangerine was higher than on key lime.

**Keywords:** *Citrus*, mortality factors, Huanglongbing, pests

# Contenido

<b>Resumen</b> .....	<b>7</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>10</b>
<b>Lista de</b> .....	<b>11</b>
<b>Tablas</b> .....	<b>11</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>12</b>
<b>1. Revisión de literatura</b> .....	<b>15</b>
1.1.1 Origen y dispersión de los cítricos.....	15
1.1.2 Importancia de los cítricos.....	15
1.2 Generalidades de <i>Diaphorina citri</i> .....	16
1.2.1 Identificación y taxonomía .....	16
1.2.2 Descripción .....	17
1.2.3 Origen y distribución .....	19
1.2.4 Hospedantes.....	19
1.2.5 Impacto económico.....	20
1.2.6 Sintomatología.....	22
1.2.1 Fluctuación poblacional.....	23
1.2.1 Tablas de vida.....	24
1.2.2 Enemigos naturales .....	26
<b>2. Materiales y métodos</b> .....	<b>30</b>
2.1 Fluctuación poblacional de <i>Diaphorina citri</i> sobre naranja ‘García-Valencia’, mandarina ‘Arrayana’ y limón ‘Pajarito’ en Zona Bananera (Magdalena).....	30
2.1.1 Seguimiento de huevos, ninfas y adultos .....	31
2.2 Tabla de vida ecológica de <i>Diaphorina citri</i> sobre naranja ‘García-Valencia’, mandarina ‘Arrayana’ y limón ‘Pajarito’ bajo condiciones de Zona Bananera (Magdalena) en dos temporadas del año.....	34
2.2.1 Establecimiento de la cría de <i>Diaphorina citri</i> .....	34
2.2.2 Parámetros poblacionales.....	40
<b>3. Resultados y discusión</b> .....	<b>41</b>
3.1 Fluctuación poblacional de <i>Diaphorina citri</i> .....	41
3.1.1 Dinámica poblacional de huevos.....	44
3.1.1 Dinámica poblacional de ninfas.....	47
3.1.2 Dinámica poblacional de adultos de <i>Diaphorina citri</i> .....	50
3.2 Ciclo de vida de <i>Diaphorina citri</i> en condiciones de campo .....	52
3.2.1 Tabla de vida ecológica de <i>Diaphorina citri</i> .....	56
<b>4. Conclusiones</b> .....	<b>73</b>
<b>5. Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>74</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Esquema de la parcela experimental .....	31
<b>Figura 2:</b> Metodología para la toma de muestras de huevos, ninfas y adultos de <i>Diaphorina citri</i> .....	32
<b>Figura 3:</b> Metodología para la cría de <i>Diaphorina citri</i> .....	34
<b>Figura 4:</b> Aislamiento de ramas podadas para la obtención de brotes .....	36
<b>Figura 5:</b> Seguimiento de las cohortes de <i>Diaphorina citri</i> en campo .....	37
<b>Figura 6:</b> Registros diarios de precipitación, humedad relativa y temperatura: mínima y máxima .....	39
<b>Figura 7:</b> Precipitación y temperatura media y máxima diaria (octubre de 2019 a noviembre de 2020) .....	42
<b>Figura 8:</b> Ciclo de brotaciones para naranja, mandarina y limón Pajarito entre octubre de 2019 a noviembre del 2020 .....	42
<b>Figura 9:</b> Fluctuación poblacional de huevos de <i>Diaphorina citri</i> en naranja 'García Valencia', mandarina 'Arrayana' y limón 'Pajarito' .....	44
<b>Figura 10:</b> Fluctuación poblacional de ninfas de <i>Diaphorina citri</i> en naranja 'García Valencia', mandarina 'Arrayana' y limón 'Pajarito' .....	47
<b>Figura 11:</b> Fluctuación poblacional de adultos de <i>Diaphorina citri</i> en naranjo, mandarina y limón 'Pajarito' .....	50
..... <b>Figura 12: A, B, C</b> Curvas de sobrevivencia de <i>Diaphorina citri</i> durante temporada seca .....	58
<b>Figura 13: A, B, C</b> Curvas de sobrevivencia de <i>Diaphorina citri</i> durante temporada húmeda.....	59
<b>Figura 14:</b> Depredadores de ninfas de <i>Diaphorina citri</i> .....	67
<b>Figura 15:</b> Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a las cohortes de ninfas de <i>Diaphorina citri</i> .....	69
<b>Figura 16:</b> Sobrevivencia de huevo a adulto <i>Diaphorina citri</i> en naranja, mandarina y limón Pajarito. ....	71

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1:</b> Núcleos productivos de críticos en Colombia.....	16
<b>Tabla 2:</b> Enemigos naturales de <i>Diaphorina citri</i> reportados en Colombia .....	27
<b>Tabla 3:</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre las variables climáticas y los ciclos de brotación.....	43
<b>Tabla 4:</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre las variables climáticas y el estado de desarrollo huevo de <i>Diaphorina citri</i> .....	45
<b>Tabla 5:</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre las variables climáticas y el estado de desarrollo huevo de <i>Diaphorina citri</i> .....	48
<b>Tabla 6:</b> Coeficiente de correlación de Spearman entre las variables climáticas y el estado de desarrollo de adultos de <i>Diaphorina citri</i> . .....	51
Tabla 7: Tiempo de desarrollo de huevo a adulto de <i>Diaphorina citri</i> en temporada seca .....	54
Tabla 8: Tiempo de desarrollo de huevo a adulto de <i>Diaphorina citri</i> en temporada húmeda .....	54
<b>Tabla 9:</b> Tabla de vida ecológica de <i>Diaphorina citri</i> en temporada seca.....	61
<b>Tabla 10:</b> Tabla de vida ecológica de <i>Diaphorina citri</i> en temporada húmeda.....	62
<b>Tabla 11:</b> Número total de artrópodos observados en las cohortes en <i>Diaphorina citri</i> .....	65

## Introducción

*Diaphorina citri* también denominado como el psílido asiático de los cítricos es un insecto de amplia distribución mundial (Halbert & Manjunath, 2004), detectado por primera vez Colombia en el departamento de Tolima en agosto de 2007 (King et al. 2008). En Colombia, era considerada como una plaga secundaria hasta la confirmación los primeros reportes de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) en los municipios de Distracción y Fonseca, departamento de La Guajira (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2015). CLas es una bacteria restringida a los tejidos del floema, causante la enfermedad más destructiva de los cítricos conocida como Huanglongbing (HLB) y transmitida por *D. citri* (Ammar et al. 2016; Bové, 2006; Hall et al. 2012; Wang, 2020).

En altas densidades *D. citri* provoca daños directos tales como el retraso en el crecimiento de los brotes (Alemán et al. 2007; García-Marí, 2015) o la proliferación de fumagina sobre las hojas, provocado por la miel de rocío que secretan los estados ninfales (Hall et al. 2012; Monzó et al. 2015). Como vector del fitopatógeno, *D. citri* se constituye como la plaga de mayor importancia económica de los cítricos (Bassanezi et al. 2020; Carmo-Sousa et al. 2020; da Costa et al. 2021). La enfermedad del HLB genera síntomas progresivos que afectan la cantidad y la calidad de la fruta y en estados avanzados, ocasiona la muerte de los árboles (Robles-González et al. 2017). Por ejemplo, en el Estado de Florida (Estados Unidos), un referente a gran escala del sector citrícola, Li et al. (2020) reportaron una reducción de la producción y de área sembrada del 70% y 30%, respectivamente.

En Colombia, el sector citrícola está conformada por pequeños y medianos productores en seis regiones productoras: Costa Atlántica, Oriente, Centro, Occidente, Llanos orientales y Sur (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2021). En 2021,

la producción alcanzó 1,45 millones de toneladas, ubicándose como el segundo frutal más sembrado (Agronet, 2022).

En la actualidad el HLB representa una grave amenaza para los núcleos más productivos del país teniendo en cuenta que *D. citri* se ha reportado en 26 departamentos (ICA, 2014), especialmente en las regiones Occidente y Oriente quienes aportan en conjunto, el 65,9% del total de la producción nacional (Agronet, 2022). Por otra parte, la enfermedad es la principal limitante de la región Atlántica (departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira y Magdalena) y en Norte de Santander donde se han erradicado más 137.364 árboles como una medida de contención para impedir el avance del patógeno (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2019 b). De acuerdo con Correa et al. (2021), las pérdidas en el municipio de Ponedera (Atlántico) se han estimado en 85,8%, con mayor severidad en árboles de limón común (*C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*) y lima ácida Tahití (*Citrus x latifolia* (Tanaka ex Yu. Tanaka) Tanaka) de edad productiva (5 a 12 años). En los departamentos de Córdoba, Sucre y Antioquia pese a confirmarse casos positivos del patógeno, se han mantenido como áreas libres de la enfermedad, tras la erradicación de los árboles infectados (ICA, 2020, 2021).

El manejo del HLB se ha llevado a cabo a través de tres pilares: propagación de plantas sanas, eliminación de plantas sintomáticas y del uso de insecticidas de contacto y sistémicos para el control de *D. citri* (Mora-Aguilera et al. 2016). No obstante, se ha documentado que el uso intensivo de plaguicidas síntesis química ha comenzado a ocasionar niveles de resistencia en las poblaciones de *D. citri* en diferentes países (García-Méndez et al. 2019; Kanga et al. 2016). Además de esto, el control químico como único pilar para el manejo de *D. citri* ha causado una disminución drástica de polinizadores y de depredadores claves en la regulación de otras plagas de los cítricos (Chen et al. 2017; Monzo et al. (2014).

.

En Colombia, los estudios de *D. citri* se han enfocado principalmente en aspectos como la distribución, la biología, la fluctuación de las poblaciones en campo, la búsqueda de enemigos naturales y métodos de muestreo del insecto (Santos et al. 2020). Trabajos realizados bajo invernadero para las condiciones de Palmira, *D. citri* presentó una

sobrevivencia de huevo a adulto del insecto del 6,86% con una duración promedio de 15,41 días en *Murraya paniculata* (L.) Jacq. (García et al. 2016). Con referencia al control biológico, los avances han estado encaminados al diseño de protocolos para la cría y liberación de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoide específico de *D. citri* (Kondo 2018; Varon-Devia et al 2020). Recientemente, Kondo et al. (2022) reportaron en cultivos de naranjo, mandarino y limón Tahití un parasitoidismo de *T. radiata* entre 1,55 a 24,4% y de *Diaphorencyrtus aligarhensis* entre el 0,3 a 1,0% (Shafee, Alam and Agarwal) (Hymenoptera: Encyrtidae) (Kondo et al. 2022). Adicionalmente se han reportado enemigos naturales de las familias Coccinellidae (Coleoptera), Syrphidae (Diptera), Reduviidae (Hemiptera), Vespidae (Hymenoptera), y Chrysopidae (Neuroptera).

El departamento de Magdalena como principal productor de cítricos en el Caribe ofrece una oferta ambiental para ampliación de estos cultivos en las subregiones: Depresión Momposina y los municipios del norte de Magdalena (Yacomelo et al. 2020). Estas dos zonas se caracterizan por una producción a pequeña escala donde convergen varios cultivares (Agronet, 2022; Yacomelo et al. 2020). Desde 2019, el ICA declaró tanto CLas como a *D. citri* como las plagas de control oficial con el objetivo de establecer de medidas fitosanitarias tales como la implementación de estrategias de manejo cultural y biológico del insecto vector (ICA, resolución 1668 de 2019). No obstante, existe la necesidad de identificar cuáles son los factores bióticos y abióticos que regulan la reducción de las poblaciones de *D. citri* en condiciones de campo.

Este trabajo tuvo como objetivo determinar la tabla de vida ecológica y la fluctuación poblacional de *D. citri* sobre los hospederos de naranja 'García-Valencia' (*C. x aurantium* var. *sinensis*), mandarina 'Arrayana' (*C. reticulata*) y limón 'Pajarito' (*C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*) en las condiciones del municipio de Zona Bananera, departamento del Magdalena, Colombia.

## 1. Revisión de literatura

### 1.1.1 Origen y dispersión de los cítricos

Según Kalita et al. (2021) el centro de origen de los cítricos se encuentra en el sur este de Asia. La domesticación inició en el año 2200 a.C. y su dispersión fue posible a los movimientos de emigración humana a través de rutas comerciales y marítimas (Lopez-García et al. 2017), como ocurrió en América durante el siglo XV (Kalita et al. 2021). Las variedades comerciales actuales proceden de mutaciones genéticas, hibridaciones naturales interespecíficas y propagación asexual de 4 especies progenitoras: citrón (*Citrus medica* L.), mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), papeda (*Citrus micrantha* Wester) y pomelo (*Citrus maxima* (Burm.) Merr. (Curk et al. 2016; Wu et al. 2018).

### 1.1.2 Importancia de los cítricos

Los cítricos se encuentran dentro del grupo de frutas más cultivadas en el mundo y su comercio realiza a través del consumo fresco con alrededor de 73,2 millones/ton y de manera procesada, con 28 millones/ton (United States Department of Agriculture [USDA/FAS], 2019). De acuerdo con Liu et al. (2012), estas frutas son ricas en vitamina C, azúcares simples, fibra y micronutrientes tales como folato, tiamina, niacina, vitamina B<sub>6</sub>, riboflavina, ácido pantoténico, potasio, calcio, magnesio y cobre que son esenciales para la salud y el crecimiento normal.

Entre las especies más conocidas se encuentran la naranja (*C. × aurantium* var. *sinensis*), el limón (*Citrus × limon* var. *limon* (L.) Burm. f.), la lima (*C. × aurantiifolia* var. *aurantiifolia*), la toronja (*Citrus × aurantium* var. *paradisi* ined.) y la mandarina (*C. reticulata* Blanco) (Lui et al. 2012) (FAOSTAT, 2020). Aunque en esta última especie, Wu et al. (2018) hicieron una reclasificación de acuerdo a la introgresión del acervo

genético de pomelo conformando tres grupos: mandarinas puras, mandarinas con mezcla temprana y mandarinas con mezcla tardía. La mayor producción de los cítricos se reporta en las regiones subtropicales del mundo (Liu et al. 2012) en los países Brasil, China, India, Estados Unidos, España, Turquía y México (FAOSTAT, 2020).

En Colombia, la producción nacional alcanzó un valor de 1,3 millones de toneladas en un área sembrada de 100.913 hectáreas distribuida en las regiones: occidente, oriente, centro, atlántica, llanos y sur (AGRONET, 2019) (Tabla 1).

**Tabla 1:** Núcleos productivos de cítricos en Colombia.

Núcleos	Departamento	Área sembrada (ha)	Producción (ton)
OCCIDENTE	Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca	29.443	565.827
ORIENTE	Boyacá, Norte de Santander y Santander	26.228	358.110
CENTRO	Cundinamarca, Huila y Tolima	17.605	132.831
ATLANTICA	Atlántico, Bolívar, Cesar y Magdalena	7.697	88.578
LLANOS	Casanare y Meta	4.579	59.172
SUR	Cauca y Nariño	9.311	42.019

Fuente: AGRONET (2019)

## 1.2 Generalidades de *Diaphorina citri*

### 1.2.1 Identificación y taxonomía

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908, fue descrito por primera vez en Taiwán en 1907 (Halbert & Manjunath, 2004). La clasificación taxonómica actual señala que este insecto pertenece al orden Hemiptera: suborden

Sternorrhyncha, familia Liviidae, género *Diaphorina* (Ouvrard, 2022). De forma similar a *D. citri*, otras 4 especies del género mencionado se han descrito como hospederos de los cítricos (Halbert & Manjunath, 2004; Ouvrard, 2022). *Diaphorina citri* posee alas anteriores hialinas con maculación, una característica que la diferencia de las otras especies (Halbert & Manjunath, 2004).

Con respecto a la diversidad genética intraespecífica de *D. citri*, a través de la identificación de haplotipos, Boykin et al. (2012) descartaron la posibilidad de la existencia de poblaciones aisladas. Sus estudios realizados con muestras de 15 países (Arabia Saudita, Brasil, China, Estados Unidos (Florida y Texas), Guadalupe, India, Indonesia (Bali, Java), Isla Reunión, Mauricio, México, Pakistán, Puerto Rico, Tailandia y Vietnam) sugirieron que la distribución del insecto en el mundo se originó a partir de dos grupos de haplotipos procedentes de suroeste (SWA) y sureste de Asia (SEA). Posiblemente la dispersión del insecto en América se dio solo por el grupo SWA en Estados Unidos y México y de los dos grupos (SWA y SEA) en Brasil.

## **1.2.2 Descripción**

### **Estado huevo**

Los huevos presentan una forma alargada, ovalada y se ubican en brotes de etapas tempranas de desarrollo (Cifuentes-Arenas et al. 2018). Recién ovipositados son de color amarillo pero con el paso del tiempo cambian a un color naranja y próximos a eclosionar registran dos puntos rojos (García et al. 2016). Los huevos miden 0,28-0,30 mm y 0,11-0,13 mm de largo y ancho respectivamente (García et al. 2016).

### **Estados ninfales**

El estado ninfal comprende cinco instares sin etapas quiescentes (Tsai & Liu, 2000). A su vez, Paiva & Parra (2012) los clasifican como estados pequeños (instares I, II y III) y estados grandes (instares IV y V) para las evaluaciones en campo.

García et al. (2016) señalaron que la principal característica del primer instar está dada por color uniforme de las antenas y el resto del cuerpo. En este primer estado, los

individuos llegan a medir entre 0,24 a 0,31 mm de largo y de 0,10 a 0,18 mm de ancho. En cuando al segundo instar, los autores reportaron que las antenas presentan un color blanquecino con tintes de color negro sobre las puntas y aparecen los esbozos alares; los individuos pueden medir entre 0,47 a 0,50 mm de largo y de 0,27 a 0,30 mm de ancho. Por su parte, Tsai & Liu (2000) encontraron que para el primer instar, las medidas fueron de 0,30 mm de largo y 0,17 ancho y el segundo instar de 0,45 mm largo y 0,25 de ancho.

En el tercer instar, según García et al. (2016) los esbozos alares se encuentran bien desarrollados y se evidencia la segmentación de las antenas; los individuos miden entre 0,95 a 1 mm de largo y 0,71 a 0,75 de ancho. No obstante, Tsai & Liu (2000), informaron medidas de 0,74 mm de largo y 0,43 mm de ancho. De acuerdo con García et al. (2016) el cuarto estadio ninfal se distingue porque los esbozos alares se extienden hasta tocar la parte del tercio de los ojos, alcanzando un tamaño entre 1,40 a 1,52 mm de largo y entre 1,09 a 1,13 mm de ancho (García et al. 2016). Para este instar, Tsai & Liu (2000) informaron valores de 1,01 mm largo y 0,70 mm ancho.

En el quinto instar, los esbozos alares se extienden hasta la margen frontal de los ojos en la parte inferior y sobrepasa el cuarto segmento abdominal en la parte superior, las antenas son negruzcas en su totalidad a excepción del escapo y el tamaño de las ninfas alcanzan un longitud de 1,61 a 1,66 de largo 1,10–1,12 mm de ancho (García et al. 2016). Al respecto, para este instar, Tsai & Liu (2000) informaron valores del tamaño de las ninfas de 1,60 mm de largo y 1,02 mm de ancho, respectivamente.

## **Adulto**

Los adultos se reconocen porque forman un ángulo de 45° cuando descansan sobre la superficie de la hojas y presentan dimorfismo sexual (Mead & Fasulo, 2010). Las hembras generalmente son de un mayor tamaño que los machos, con una longitud de 3,32 mm de largo y de 1,0 mm de ancho en tanto que en los machos es de 2,7 mm de largo y de 0,8 mm de ancho (Tsai & Liu, 2000). En Contraste para el estado adulto, García et al. (2016) no encontraron diferencias en el tamaño de los sexos, con medidas de largo entre 2,24- 2,30 mm y de 0,61-0,65 mm de ancho. Otra característica que los diferencia se encuentra en la punta del abdomen: la terminalia en las hembras finaliza

en forma puntiaguda mientras que en los machos, los segmentos abdominales terminales presentan dos parameros y un proctiger elevado, de una forma achatada (Alba-Alejandre et al. 2020).

### 1.2.3 Origen y distribución

De acuerdo con Wang et al. (2018), el centro de origen del insecto posiblemente se encuentra en el sur este de Asia en los países de Bangladesh, Bután y China. Su distribución actual comprende las islas del océano indico y los países de la península Arábiga. También se reporta en algunos países de África (Etiopia, Kenia, Somalia, Nigeria y Tanzania) y Oceanía (Guam, Samoa Americana, Islas Marianas del norte, y Papúa Nueva Guinea) (European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO], 2022). En las Américas, *D. citri* se informó por primera vez en Brasil en 1940 (Costa-Lima, 1942) y luego en Florida (Estados Unidos) (EPPO, 2022). En la actualidad se distribuye en todos los países de la cuenca del Caribe y en gran parte de sur América, en los países de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Uruguay y Venezuela (EPPO, 2022).

*Diaphorina citri* se registró por primera vez en Colombia durante 2007 en el municipio de El Espinal (Tolima) en huertos de *C. x latifolia* (Tanaka ex Yu. Tanaka) Tanaka (King et al. 2008). Después de los muestreos realizados entre 2012 y 2014 se reportó en 26 departamentos (ICA, 2014; Kondo et al. 2012).

### 1.2.4 Hospedantes

Revisiones sobre registros y ciclos de vida señalan que *D. citri* posee, 11 géneros de la familia Rutaceae (Grafton-Cardwell et al. 2013), muchas de las cuales son plantas cultivadas del género *Citrus*: limón (*C. x limon* var. *limon*) naranjo agrio (*Citrus x aurantium* L. var. *aurantium*), lima mexicana (*C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*) y mandarino (*C. reticulata*) y naranja (*C. x aurantium* var. *sinensis*). También se han reportado en plantas ornamentales del género *Murraya*: *M. paniculata* y *Murraya koenigii* (L.) Spreng. (Halbert & Manjunath, 2004). Con la necesidad de encontrar fuentes de resistencia a *D. citri*, Westbrook et al. (2011) evaluaron 87 genotipos de fuentes de semillas de la familia de rutáceas en el sur de Florida (Estados Unidos). Los

investigadores encontraron que la mayoría de las especies vegetales albergaron huevos, ninfas y adultos del insecto con excepción de la especie *Casimiroa edulis* La Llave & Lex. la cual *D. citri* evitó por completo y *Poncirus trifoliata* (L.) en el que se registró una baja población (Westbrook et al. 2011). Esta última especie, ha sido utilizada como portainjerto y recientemente fue reclasificada en el género *Citrus* (Wu et al. 2018).

Además de los hospedantes principales, este insecto puede utilizar otras especies vegetales para alimentarse como una estrategia de sobrevivencia (Martini et al. 2013). En ese sentido, Thomas & León (2011) y Johnston et al. (2019) reportaron especies de varias familias botánicas: *Bidens alba* (L.), *Eupatorium capillifolium* (Lam.) (Familia: Asteraceae), *Celtis* spp. (Familia: Cannabaceae), *Solanum tuberosum* (Familia: Solanaceae), *Ficus carica* L. y *Ficus carica* L. (Familia: Moraceae).

### **1.2.5 Impacto económico**

*Diaphorina citri* ocasiona dos tipos de daños: directo e indirecto (Alemán et al. 2007). El daño directo ocurre cuando las ninfas o los adultos extraen grandes cantidades de savia e inyectan toxinas lo que conduce a la deformación de brotes. También se describe como daño directo, la reducción de área fotosintética y la proliferación de hongos cuando las ninfas producen abundante miel de rocío (Alemán et al. 2007).

El segundo daño es la transmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter* sp. causante del HLB (Bové, 2006). De acuerdo con Bassanezi et al. (2020) en Brasil se estiman pérdidas de 55,5 millones de árboles de naranja, mientras que en Estados Unidos (Florida), las cifras indican una reducción del 74% del área sembrada y la disminución del 62,4% del número de agricultores dedicados al sistema productivo (Li et al. 2020; USDA, 2020). En México, Robles-González et al. (2017) señalaron un detrimento del rendimiento por hectárea de limón mexicano (*C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*) del 52,9% y 44,2% para las variedades 'Lise' y 'Colimex' tras cuatro años luego de la detección de la enfermedad.

En Ponedera, departamento de Atlántico, uno de los municipios más afectados por el HLB en Colombia, Gómez-Correa et al. (2021) determinaron, que el 85,8% de los productores, entre 2016 a 2020, perdieron aproximadamente el 50% de los árboles. Los investigadores encontraron que, en árboles entre 3 a 5 años, las mayores pérdidas se reportaron en *C. x latifolia* con tasas del 99,3% a 100%, mientras que en *C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia* reportaron pérdidas del 50 a 95% (Gómez-Correa et al. 2021).

Huanglongbing (HLB) o citrus greening es la enfermedad de mayor importancia de los cítricos en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo ya que reduce la producción (Bové, 2011). En Asia y las Américas, la enfermedad es ocasionada por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Las), mientras que en África es causada por *Candidatus Liberibacter africanus* (CLaf) (Bové, 2011). En América y Asia, las cepas CLas y CLam son diseminadas de manera natural por *D. citri*, mientras que, en los países africanos, CLaf es transmitida por el psílido africano de los cítricos *Trioza erytreae* (Del Guercio, 1918) (Hemiptera: Triozidae) (Monzó et al. 2015).

En Brasil y Colombia se identificaron las cepas *Candidatus Liberibacter americanus* (CLam) (Teixeira et al. 2005; Wang et al. 2020) y *Candidatus Liberibacter caribeanus* (CLca) (Keremane et al. 2015), respectivamente, en plantas de cítricos y en insectos de *D. citri*. Si bien, la cepa reportada en Brasil ocasiona síntomas típicos de HLB (Teixeira et al. 2008), la hallada en Colombia carece de estudios de patogenicidad (Keremane et al. 2015).

Los primeros reportes de CLas en Colombia se realizaron a finales de 2015 en muestras de insectos de *D. citri* y en abril de 2016, sobre tejido vegetal procedente de los municipios de Distracción y Fonseca en el departamento de La Guajira (ICA, 2015, 2016a). En ese mismo año se declaró en emergencia fitosanitaria por presencia de la bacteria en los departamentos Atlántico y Magdalena (ICA, 2016b, ICA 2016c), después fue confirmada en Bolívar y Cesar (ICA, 2017) y por último en Norte de Santander (ICA, 2018). En los departamentos de Córdoba y Sucre se confirmaron algunos casos positivos de la enfermedad en árboles de traspatio y al ser erradicados se consideraron como áreas libres de la enfermedad (ICA, 2020). Recientemente en la región norte del departamento de Antioquia, en los municipios de Arboletes y San Juan de Urabá se

erradicaron plantas enfermas (ICA, 2021). Por último, Wang et al. (2020) reportaron el genoma de CLas de la bacteria obtenida de especímenes de *D. citri* provenientes del departamento de La Guajira, lo que ayudará a determinar la ruta de introducción de la bacteria al país.

### 1.2.6 Sintomatología

Los árboles recién infectados por *Candidatus Liberibacter asiaticus* generalmente son asintomáticos (Bové, 2006). No obstante, pueden alcanzar altos niveles de la bacteria 60 días después de la adquisición (Coletta-Filho et al. 2014), incluso se ha informado de brotes infecciosos 15 días después de la inoculación del patógeno (Lee et al. 2015). Según Coletta-Filho et al. (2014) los primeros síntomas en plantas de naranja 'Pera' aparecen después de 6,5 meses tras la adquisición de la bacteria. En naranja 'Valencia', Canale et al. (2020) señalaron que los síntomas se presentan a los 2,5 meses manifestándose por la presencia de brotes amarillos que contrastan con el color verde del resto del follaje de la copa.

Según Bové (2006), una vez los brotes crecen, las hojas presentan moteados difusos asimétricos de color amarillo y verde. En estados avanzados, las ramas afectadas dejan de emitir brotes, y mueren de manera gradual hasta afectar toda la copa.

En los frutos, los síntomas se manifiestan en una reducción del tamaño y presentan una asimetría con respecto al eje central del fruto. También, por la inversión de color ya que la región peduncular el fruto prevalece el color amarillo, mientras que en la región estilar continúa siendo verde (McCollum & Baldwin, 2016). Dala-Paula et al. (2018), compararon a través de análisis químicos y sensoriales, zumos de naranja 'Valencia' (*C. × aurantium* var. *sinensis*) afectados por HLB y procedentes de frutos sanos. Hallaron que las frutos con presencia de la bacteria presentaron un bajo contenido de sólidos solubles sacarosa, acidez titulable y azúcares totales; por el contrario, registraron altos contenidos de ácido cítrico. Además, discutieron que una mayor percepción del sabor amargo en los frutos enfermos puede ser atribuido a los altos niveles de limonina y reducidos niveles de nomilina.

## **Relación vector-patógeno**

La adquisición de la bacteria por el insecto inicia a través del contacto entre el estilete y el floema de una planta infectada (Killiny, 2022). Las investigaciones de Ammar et al. (2011) indican que el mecanismo de transmisión de CLas es de tipo persistente y circulatorio dado que se mueve desde el canal alimentario a la hemolinfa y luego a otros tejidos hasta llegar a las glándulas salivales.

Según Pelz-Stelinski et al. (2010), los estados ninfales del III y IV son los más eficientes en la adquisición del patógeno que los adultos. El tiempo de adquisición en las ninfas puede variar de una hora a un día (Ammar et al. 2016; Bonani et al. 2010) mientras que en los adultos pueden tardar hasta 14 días (Ammar et al. 2016).

Canale et al. (2017) informaron que el periodo de latencia, o tiempo entre la internalización y propagación de la bacteria dentro del vector es de 16,8 a 17,8 días en ninfas y adultos, respectivamente. Por otro lado, el periodo de inoculación o tiempo necesario para que un insecto infecte a una planta sana se ha establecido entre 15 a 30 minutos (Capoor et al. 1974).

### **1.2.1 Fluctuación poblacional**

La medición de las densidades de los estados inmaduros de *D. citri* se realiza mediante el muestreo destructivo de brotes (Sétamou et al. 2008). Otros métodos, como el golpeteo rápido de ramas (Qureshi et al. 2009) y aspiradores entomológicos (Martini et al. 2016) se realizan para monitorear los adultos dentro de las ramas de los árboles. Por su parte, las trampas cromáticas se usan para medir la dispersión de las poblaciones dentro y fuera del cultivo (Sétamou et al. 2019). En Colombia, Devia-Varón et al. (2020) propusieron técnicas de monitoreo para poblaciones adultas de *D. citri*, tales como el jameo, el golpeteo de ramas sobre una bandeja honda y el tablero cromático, siendo este último el de mayor costo, pero con la ventaja de ofrecer información acumulada durante el tiempo que se mantenga en campo. Además, para el monitoreo del insecto en estados inmaduros, los investigadores plantearon la inspección directa de las ramas, con la ayuda de una lupa de aumento de mínimo de 10x (Devia-Varón et al. 2020).

Bajo las condiciones del trópico, aunque las poblaciones de *D. citri* se pueden observar durante todo el año, los picos poblacionales pueden estar asociados a la variabilidad climática (Hernández-Landa et al. 2018; Yzquierdo-Alvarez et al. 2021). Otro factor que regula las poblaciones en campo, se relaciona con los ciclos de brotación que pueden variar según la especie, la edad de la planta y el manejo agronómico del cultivo (Beloti et al. 2013; Hall, 2008). Por consiguiente, una parcela de cítricos puede estar expuesto de manera permanente a infestaciones de poblaciones migrantes (Hall & Hentz, 2011).

En Tabasco (México), García-Garduza et al. (2013) midieron la densidad población de *D. citri* entre 2010 a 2011 en una plantación de una hectárea de *C. latifolia*, bajo condiciones de una temperatura y precipitación anual de 26°C y 2290 mm, respectivamente. Sus resultados indicaron que la fluctuación de poblaciones de huevos, ninfas y adultos fueron favorecidas por la abundancia de brotes y afectadas por las precipitaciones.

En la provincia de Manabí (Ecuador), Chirinos et al. (2021) encontraron, bajo una región con régimen bimodal de precipitación, que las lluvias fueron claves en la regulación de las poblaciones de *D. citri*. Además, registraron una disminución de las poblaciones de ninfas en *M. paniculata*, pasando de 11 ninfas por brote (2018-2019) a 2 ninfas por brote (2020) tras el incremento de las tasas de parasitoidismo de *T. radiata*.

### **1.2.1 Tablas de vida**

La tabla de vida es una síntesis de los parámetros de sobrevivencia y reproductivos de una población (Rabinovich, 1980). Las tablas de vida biológicas o construidas en condiciones controladas permiten determinar la distribución de la mortalidad por edad los individuos y predecir el tamaño potencial con muestreos apropiados (Rodríguez & Vargas, 2008; Silveira-Neto, 1972). Por lo general, los parámetros poblacionales en los estudios entomológicos se obtienen a partir de cohortes o individuos que con una misma edad (Rabinovich, 1980). En el diseño integrado de plagas, las tablas de vida son

fundamentales para su caracterización demográfica bajo ambientales condiciones específicas (Rodríguez & Vargas, 2008).

Con relación a *D. citri*, Liu & Tsai (2000) encontraron que, a 28°C, el insecto registró una tasa de sobrevivencia de 83,9% y una fecundidad de 748 huevos. Sin embargo, en temperaturas de 15°C y 30°C, la sobrevivencia se redujo a 61,9% y 73,7%, respectivamente.

Otros estudios también indican que los hospederos pueden modificar los parámetros poblaciones de *D. citri*. Tsai & Liu (2000) encontraron, bajo condiciones controladas de temperatura (25°C, HR 70%), que el insecto presentó una mayor sobrevivencia en pomelo (*C. × aurantium* var. *paradisi*) que en naranja agria (*C. × aurantium* var. *aurantium*) con una tasa 84,58% frente a 68,55% obtenida en para segundo hospedero. Así mismo, los autores registraron una mayor oviposición pomelo con un promedio 857 de huevos por hembra que en naranja agria en donde se obtuvo un número de medio de huevos de 612,52.

De igual manera, Pérez-Artiles et al. (2017) indicaron que las combinaciones de copa y patrón afectan los parámetros poblacionales del insecto. En sus estudios encontraron que la sobrevivencia de huevo a adulto de *D. citri* fue más elevada en 'Rangpur' (*Citrus × limonia* Osbeck var. *limonia*) que en Citrumelo 'Swingle' (*C. × aurantium* var. *paradisi* × *Poncirus trifoliata* (L.)), diferencias que se mantuvieron, cuando en los hospederos señalados, se evaluaron como patrones en las variedades comerciales de naranja.

Por otro lado, estudios recientes mencionan que la interacción vector-patógeno también afecta parámetros poblacionales de *D. citri*. Pelz-Stelinski & Killiny (2016) reportaron una diferencia entre la sobrevivencia entre plantas sanas en plantas infectadas con una tasa del 34% y 19%, respectivamente. Ramírez-Sánchez et al. (2016) registraron que la oviposición de *D. citri* fue más elevada en plantas enfermas que en sanas de naranja dulce (*C. × aurantium* var. *sinensis*) y lima mexicana (*C. × aurantiifolia* var. *aurantiifolia*) bajo condiciones ambientales 27 ± 3°C y 12:12 de fotoperiodo.

Por otra parte, las tablas de vida ecológicas permiten la identificación de los factores bióticos a abióticos de mortalidad (Silveira-Neto, 1972). Al respecto, Bellows & Van Driesche (1999) señalan que estas tablas sirven para identificar, cuantificar y comparar

las diversas fuentes de mortalidad tales como el impacto de los enemigos naturales en condiciones de campo. Además, plantean como metodología de evaluación, el uso de diferentes sitios y épocas del año, así como la utilización de tratamientos de exclusión a través del uso de jaulas, barreras pegajosas o aplicación de insecticidas.

Qureshi & Stansly (2009), para hallar los parámetros poblacionales de *D. citri* en campo, utilizaron técnicas exclusión tales como jaulas construidas a partir de malla fina para evaluar las cohortes sin la interacción de enemigos naturales u otros insectos. También usaron jaulas con malla gruesa (1 mm<sup>2</sup>) para permitir ingreso de *T. radiata* y barreras pegajosas a una distancia de 5 cm del brote para impedir el avance otros insectos a las cohortes del insecto en estudio.

Con base a las tablas ecológicas, Kistner et al. (2017) en California hallaron que la interacción mutualista de *D. citri* con especies de la familia Formicidae limitó la depredación y el parasitoidismo. No obstante, Shrestha et al. (2021) en Florida (Estados Unidos) discutieron que una mayor diversidad especies de insectos en cultivos de cítricos estuvo asociada a una menor sobrevivencia del insecto vector en comparación con aquellos cultivos en los que la aplicación de insecticidas disminuyó a los enemigos naturales.

## 1.2.2 Enemigos naturales

Existe un gran número de especies en los cultivos de cítricos que regulan las poblaciones de *D. citri* (Kistner et al. 2016; Kondo et al. 2015, 2017; Michaud, 2004; Peña et al. 2008; Pluke et al. 2005). De acuerdo con Kondo et al. (2017), en el mundo se han reportado 101 especies artrópodos catalogados como enemigos naturales de *D. citri* distribuidos en nueve órdenes y 26 familias. Dentro de las especies consideradas como depredadores generalistas se incluyen insectos del orden: Coleoptera de las familias: Coccinellidae e Histeridae (Chavez et al. 2019; González et al. 2005; Kondo et al. 2015, 2017; Lozano-Contreras & Jasso, 2012); Diptera: Syrphidae (Kistner et al. 2016; González et al. 2005; Kondo et al. 2015, 2017), Hemiptera: Anthocoridae, Geocoridae y Reduviidae (Chavez et al. 2019; Kondo et al. 2015, 2017), Hymenoptera: Formicidae y Vespidae (Michaud, 2004; Kondo et al. 2015, 2017, 2018), Neuroptera: Chrysopidae y Hemerobiidae (González et al. 2005; Kondo et al. 2015, 2017; Lozano-

Contreras & Jasso, 2012), y Odonata: Gomphidae (Kondo et al. 2017). También se han registrado ácaros de las familias Anystidae, Phytoseiidae y Trombiculidae (Jorge et al. 2021; Kondo et al. 2017).

De igual manera, se han identificado dos parasitoides que afectan los estados ninfales del psílido asiático de los cítricos. *Tamarixia radiata*, catalogada como el principal parasitoide de *D. citri* (Gomez-Torres et al., 2012) oviposita sobre los estadios ninfales IV y V (Vankosky & Hoddle, 2019), mientras *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shafee, Alam & Agarwal, 1975) (Hymenoptera: Encyrtidae) coloca los huevos en los estados ninfales III, IV y V (Vankosky & Hoddle, 2019). En la Tabla 2 se muestra el listado de especies reportadas en Colombia por Arias-Ortega et al. (2016), Brochero et al. (2021), Ebratt-Ravelo et al. (2011), Kondo et al. (2015, 2017, 2018, 2022), Restrepo-García et al. (2016) y Varón-Devia et al. (2020).

**Tabla 2:** Enemigos naturales de *Diaphorina citri* reportados en Colombia

Orden/Familia	Especie	Distribución	Referencias
Coleoptera/ Coccinellidae	<i>Azya orbiger</i> Mulsant	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Cheilomenes sexmaculata</i> (Fabricius)	Magdalena, Valle del Cauca	Brochero et al. (2021); Kondo et al. (2015, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Chilocorus cacti</i> (L.)	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Curinus colombianus</i> Chapin	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)

	<i>Cycloneda sanguinea</i> (L.)	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017); Varón-Devia et al. (2020)
	<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Hippodamia convergens</i> (Guérin-Ménéville)	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Olla v-nigrum</i> (Mulsant)	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Scymnus rubicundus</i> Erichson	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
Diptera/ Syrphidae	<i>Allograpta</i> ( <i>Fazia</i> ) CR-2 aff. <i>Hians</i>	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Leucopodella</i> sp.	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Zelus</i> cf. <i>nugax</i> Stål	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
Hymenoptera/ Encyrtidae	<i>Diaphorencyrtus aligarhensis</i> (Shafee, Alam and Agarwal)	Valle del Cauca	Kondo et al. (2022)

	<i>Diaphorencyrtus</i> sp.	Caldas	Arias-Ortega et al. (2016)
Hymenoptera/ Eulophidae	<i>Tamarixia radiata</i> (Waterston)	Caldas, Cundinamarca, Valle del Cauca	Kondo et al. (2012, 2015a, 2017); León & Kondo (2017), Ebratt-Ravelo et al. (2011), Restrepo-García et al. (2016)
Hymenoptera/ Formicidae	<i>Wasmannia auropunctata</i> (Roger)	Valle del Cauca	Kondo et al. (2018)
Hymenoptera/ Vespidae	<i>Polybia</i> sp.	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
	<i>Ceraeochrysa</i> cf. <i>claveri</i> (Navás)	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017)
Neuroptera/ Chrysopidae	<i>Ceraeochrysa</i> spp.	Tolima, Valle del Cauca	Kondo et al. (2015a, 2017); León & Kondo (2017), Varón-Devia et al. (2020)
Odonata/ Gomphidae	<i>Erpetogomphus</i> <i>sabaleticus</i> Williamson	Valle del Cauca	Kondo et al. (2015b, 2017); León & Kondo (2017)

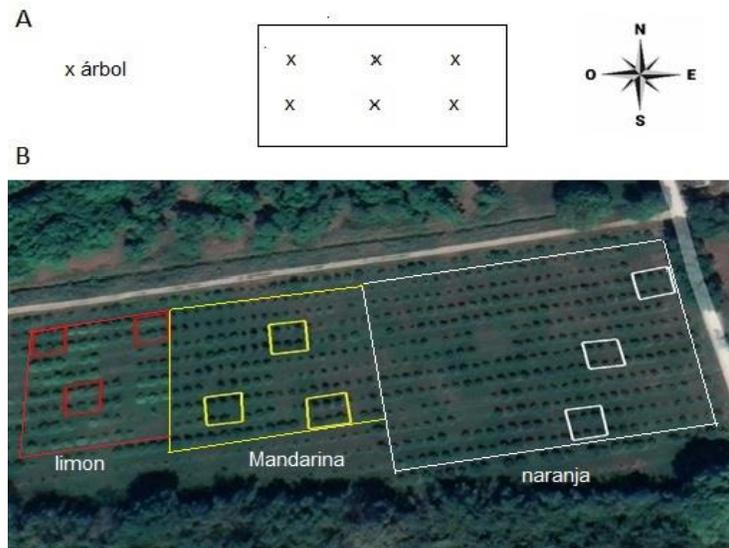
## 2. Materiales y métodos

Este trabajo fue conducido en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosavia, Centro de investigación Caribia, ubicado en el municipio de Zona Bananera, departamento del Magdalena, Colombia (10°46'11"N, 74°08'58"O) a una altura de 23 m s.n.m., un piso térmico cálido semiárido según la clasificación de Caldas-Lang, con un régimen bimodal con un promedio anual entre 1000 a 1500 mm de precipitación (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2014).

### 2.1 Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* sobre naranja 'García-Valencia', mandarina 'Arrayana' y limón 'Pajarito' en Zona Bananera (Magdalena).

Para determinar la distribución temporal de *D. citri* se realizaron muestreos sobre brotes de las variedades de naranja 'García Valencia', mandarina 'Arrayana' y limón 'Pajarito' injertados sobre Sunki x English (*C. sunki* x *P. trifoliata*). Estos árboles que fueron plantados en 2016, hacían parte del cultivo experimental de cítricos establecido con un diseño de bloques completos al azar compuesto por 32 tratamientos (16 variedades x 2 patrones), 3 repeticiones y 6 unidades experimentales. Cada unidad experimental tenía un área de 210 m<sup>2</sup> con un arreglo espacial de 5 m entre árboles y 7 m entre surcos (Figura 1).

**Figura 1:** Esquema de la parcela experimental



Fuente: Google Earth, 1 de febrero del 2021

### 2.1.1 Seguimiento de huevos, ninfas y adultos

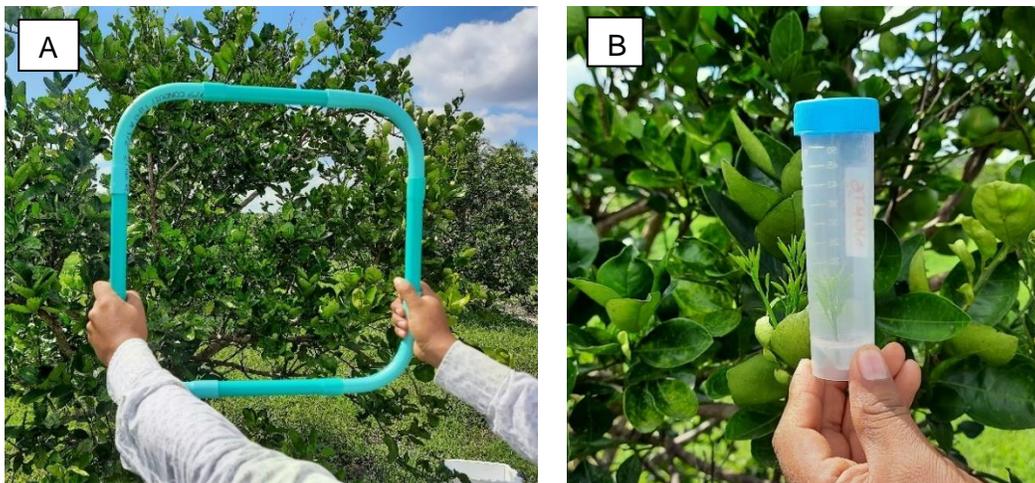
El monitoreo de *D. citri* se llevó a cabo entre octubre de 2019 a noviembre del 2020, con muestreos quincenales siguiendo la metodología propuesta por Ortega-Arenas et al. (2013). No obstante, algunas fechas dentro del periodo de muestreo fueron modificadas debido a las medidas de confinamiento obligatorio y las restricciones de movilidad que rigieron en todo el país ocasionadas por la pandemia del virus del covid-19.

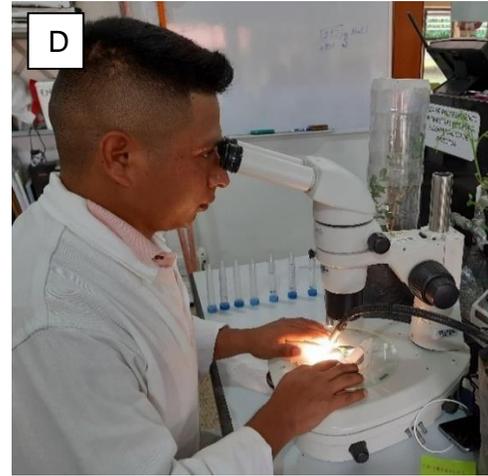
En campo se seleccionaron los 18 árboles correspondientes a naranja 'Valencia' y limón 'Pajarito'. En los árboles mandarina 'Arrayana' se siguieron 17 árboles debido a que un árbol presentaba alto grado de deterioro. A una altura de 1,5 m por cada punto cardinal del árbol se colocó un marco cuadrado de tubo de PVC (cloruro de polivinilo) de dimensiones 40 cm de alto x 40 cm de largo con el objetivo de contabilizar la cantidad de brotes dentro del área del marco. De igual manera se tomaron 3 brotes de una longitud inferior a 8 cm y luego se introdujeron en tubos falcón rotulados con el nombre del hospedero y número del árbol. A su vez los tubos falcón fueron depositados en una de Icopor con gel refrigerante y luego llevada hasta el laboratorio de Entomología

de Agrosavia, C.I. Caribia. Bajo estereoscopio se realizó la contabilización de los huevos, ninfas y posibles adultos sobre el brote (Figura 2).

Para el registro de poblaciones adultas se instalaron 3 trampas cromáticas por cada cultivar. Cada trampa amarilla tenía una forma rectangular (dimensiones de 23 cm ancho x 30 cm largo) y presentaba líneas de color negro formando cuadros de 1 cm<sup>2</sup>. En campo, las trampas fueron rotuladas, cubiertas por una película de plástico adherente y colocadas sobre la parte de la copa a 1,5 m de altura en el punto cardinal Este. Para la selección del punto cardinal se tuvo en cuenta que para la condiciones estudiadas la dirección del viento se da Este a Oeste en gran parte del año. Una vez colocada cada trampa se cubrió con una goma adhesiva de la marca comercial Supertramp. La renovación periódica de cada trampa se llevó a cabo cada 15 días y fueron revisadas bajo estereoscopio para contabilizar la cantidad de adultos por cada trampa.

**Figura 2:** Metodología para la toma de muestras de huevos, ninfas y adultos de *Diaphorina citri*.





**Nota:** A) Plantas de *M. paniculata* podadas B) método de infestación C) ninfas D) y adultos

### **Análisis estadístico**

Se utilizaron los datos de temperatura, humedad relativa, radiación solar y del viento con un rezago de 15 días al día del muestro de la estación climática ubicada a 600 m de distancia al cultivo experimental. El promedio de huevos, ninfas y adultos por brote y trampa fueron sometidas a pruebas de Shapiro-Wilks ( $P \geq 0,05$ ) y al no cumplirse los supuestos de normalidad, las correlaciones se realizaron mediante la prueba no paramétrica de Spearman a un nivel de significancia del ( $P \geq 0,05$ ), utilizando el comando PROC CORR en el programa SAS (2014).

## 2.2 Tabla de vida ecológica de *Diaphorina citri* sobre naranja 'García-Valencia', mandarina 'Arrayana' y limón 'Pajarito' bajo condiciones de Zona Bananera (Magdalena) en dos temporadas del año

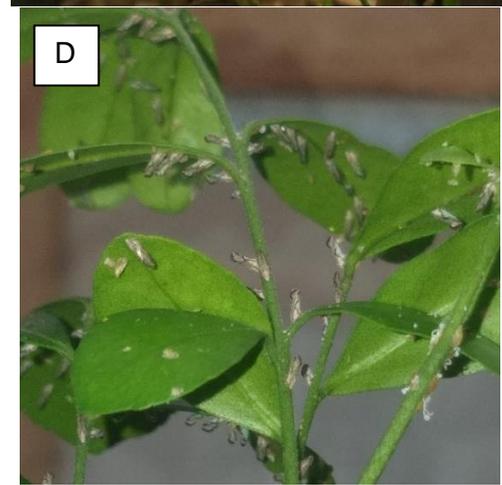
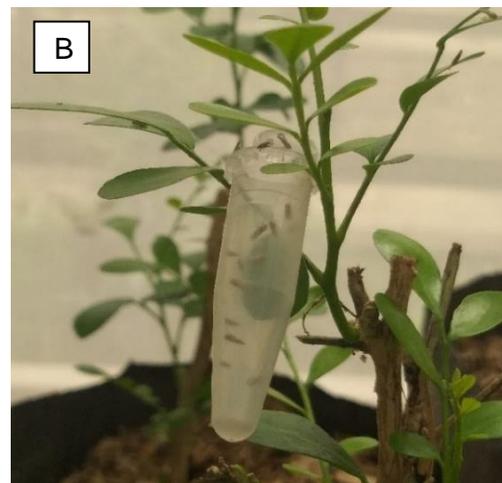
### 2.2.1 Establecimiento de la cría de *Diaphorina citri*

Para la cría de *D. citri*, se realizó una infestación inicial con adultos procedentes del cultivo experimental. Para esto, se capturaron de 80 individuos (20 por tubo recolector) mediante un aspirador bucal, se ingresaron en una nevera de Icopor refrigerada y se transportaron hasta la casa malla.

La técnica de cría fue adaptada de la metodología de Gómez-Torres et al. (2012) bajo condiciones no controladas (temperatura mínima:  $24,03 \pm 1,18$  °C, temperatura máxima:  $39,42 \pm 3,06$ °C; HR% mínima:  $57,55 \pm 5,63$ %, HR% máxima:  $92,97 \pm 2,67$ ). Así, para la obtención de poblaciones de insectos adultos se utilizaron 6 plantas de *M. paniculata* podadas a una altura de 25 cm a 30 cm las cuales se ingresaron a una jaula 1 m<sup>3</sup> construida a partir de marcos de madera y forrada en muselina. Estas plantas estaban sembradas sobre sustrato de suelo y cascarilla de arroz (2:1) y contenidas en bolsas de polietileno de color negro. En la casa malla se mantuvieron 4 jaulas con una cría permanente del insecto y otras 8 jaulas sin infestaciones (Figura 3).

Las plantas utilizadas para la cría se regaron cada dos días, se fertilizaron con 0,5 gramos de urea cada 30 días y se renovaron de acuerdo con su estado. Otros insectos plaga que también afectaron las plántulas se manejaron con un insecticida comercial a base aceites de origen vegetal.

**Figura 3:** Metodología para la cría de *Diaphorina citri*



**Nota:** A) Plantas de *M. paniculata* podadas B) método de infestación C) ninfas D) y adultos

### Seguimiento de cohortes en campo

En el cultivo experimental de cítricos de cuatro años se podaron ramas de árboles de los hospederos de naranja 'García Valencia', mandarina 'Arrayana' y limón 'Pajarito' injertadas sobre Sunki x English [*Citrus sunki* Hort. ex. Tan. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf)] y luego se aislaron en jaulas hasta la emergencia de brotes.

Las jaulas se elaboraron siguiendo la metodología sugerida por Michaud (2004). A una botella plástica transparente de gaseosa de una capacidad de 2 litros, se le retiró su base y en su lugar se colocó una manga confeccionada con tejido tul, mientras que en la parte superior se le añadieron cuerdas para sujetarla a ramas del mismo árbol. En la pared

del envase se perforaron tres partes formando áreas de 9 cm<sup>2</sup> y se cubrieron con tejido tul para favorecer la ventilación (Figura 4).

**Figura 4:** Aislamiento de ramas podadas para la obtención de brotes



Siguiendo la metodología de Pérez-Artiles et al. (2017) se ingresaron hembras de la cría a jaulas con plantas no infestadas y se dejaron por espacio de 24 horas, después del registro de las primeras posturas. Las cohortes de huevos se siguieron hasta el estado adulto y se mantuvieron por un periodo 10 días para garantizar hembras grávidas y machos con madurez sexual.

Todos los individuos utilizados para los ensayos fueron sexados siguiendo la metodología de Pérez-Artiles et al. (2011). En laboratorio, cada individuo se ingresó un tubo de ensayo cubierto en la parte superior con algodón y puesto bajo estereoscopio para identificar el sexo de cada individuo: se identificaron a los machos cuando la parte final del abdomen terminó en forma achatada, mientras que en las hembras se reconocieron cuando finalizó en punta. Finalmente, se conformaron cinco hembras y cinco machos por tubo falcón de una capacidad de 15 ml.

En el cultivo se realizó una infestación artificial sobre los brotes de ramas que anteriormente habían sido podadas y confinadas. Los adultos se dejaron por un periodo de 36 horas, tiempo que garantizó la oviposición de todos los brotes. Posteriormente, con la ayuda de un lente 40 x, se contabilizó la totalidad de los huevos y se procedió a la conformación de los tratamientos. En tal caso, para cada hospedero se mantuvo un número de 18 brotes aislados a los cuales se les llamó “tratamientos confinados” y otros 18 brotes fueron puestos a libre exposición y se les denominó como “tratamientos expuestos”. Se realizaron seguimientos y registros diarios a las cohortes por cada uno de los estados de desarrollo hasta completar el ciclo. En los brotes expuestos, además de inspeccionarse los daños ocasionados por la sobrepoblación, se tuvo en cuenta la defoliación parcial o total del brote por insectos fitófagos de acuerdo a lo sugerido por Michaud (2004) (Figura 5).

**Figura 5:** Seguimiento de las cohortes de *Diaphorina citri* en campo



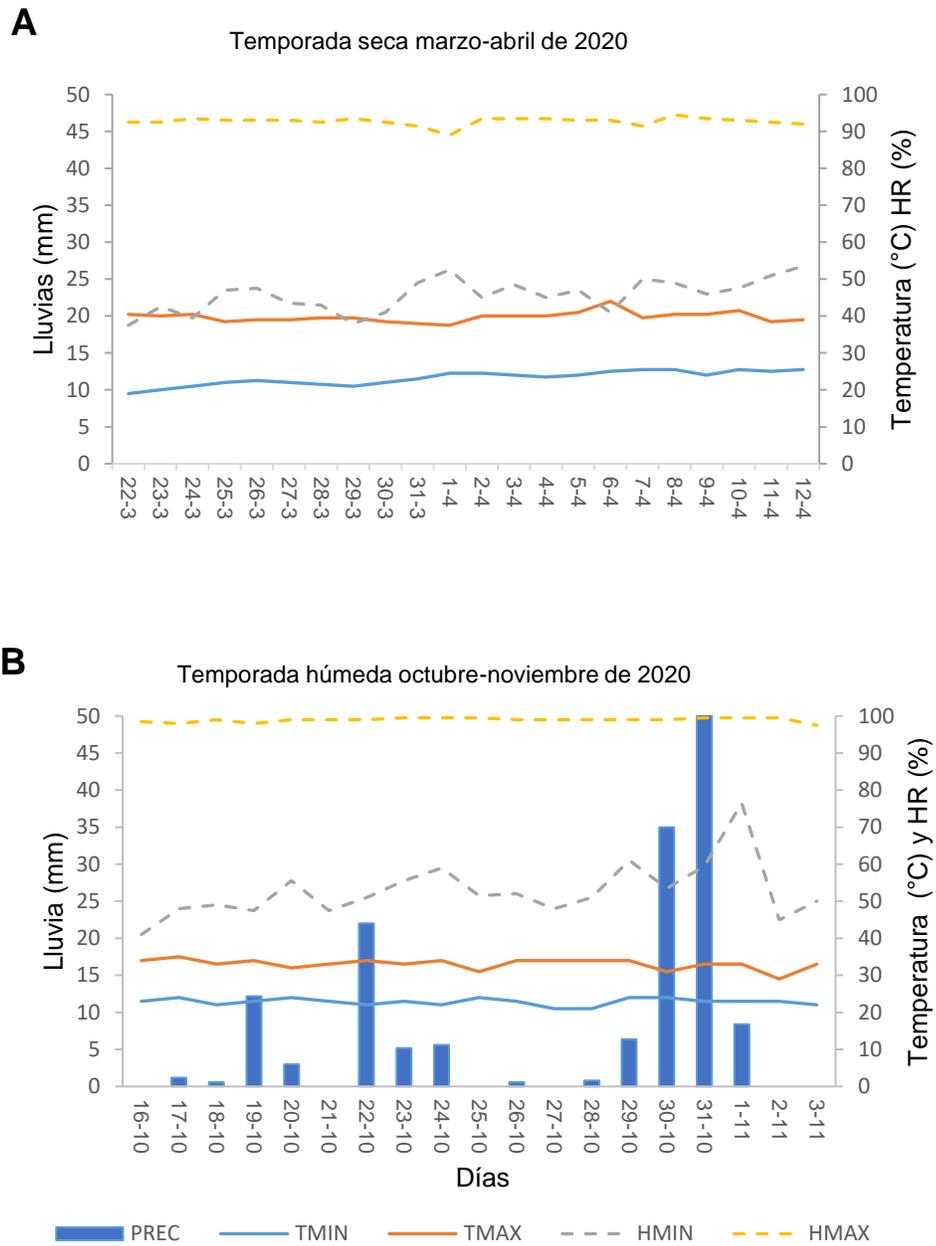


**Nota:** A) infestación B) revisión C) ninfas D) adultos

También se observó el número de otros insectos sobre los brotes durante dos minutos para evidenciar alguna actividad de depredación. El parasitismo por *T. radiata* se evaluó sobre ninfas momificadas de los instares IV y V, en cuyo caso, se verificó la presencia del parasitoide levantando la parte inferior del cuerpo de acuerdo a lo sugerido por Paiva & Parra (2012). Al finalizar el ciclo, todas las ninfas de los brotes expuestos fueron aislados nuevamente para evitar el escape de los adultos. Después, todos los individuos fueron capturados y llevados al laboratorio para ser sexados bajo estereoscopio.

Los datos meteorológicos (temperatura, humedad relativa y precipitación) fueron obtenidos de una estación ubicada a aproximadamente 600 m de distancia. El primer ensayo se realizó el periodo del 22 de marzo al 09 de abril y el segundo del 16 de octubre al 03 de noviembre de 2020 (Figura 6).

**Figura 6:** Registros diarios de precipitación, humedad relativa y temperatura: mínima y máxima



**Nota:** A) temporada seca y B) temporada humedad

## 2.2.2 Parámetros poblacionales.

Los parámetros poblacionales se calcularon siguiendo la metodología propuesta por Rabinovich, (1980) y Southwood (1978). La sobrevivencia ( $l_x$ ) se calculó de la relación entre número de individuos vivos de cada estado ( $N_x$ ) y la cohorte inicial ( $N_0$ ). La mortalidad aparente se definió como la disminución de la población dentro de cada estado de vida sucesivo ( $D_x/N_x$ ) y la mortalidad real, como la pérdida de población desde el primer estado de vida ( $D_x/N_0$ ). La tasa de mortalidad marginal definida como la probabilidad de muerte por una causa específica se estimó con la ecuación general de Elkinton et al. (1992).

$$m_i = 1 - (1 - d)^{\frac{d_i}{d}}$$

Donde,  $m_i$  representa la mortalidad marginal para el factor  $i$ ,  $d_i$  la tasa de muertes registradas por el factor  $i$  y  $d$  la tasa de mortalidad la combinación de todos los factores de mortalidad.

### Análisis estadísticos

Los experimentos para determinar el ciclo de vida de *D. citri* en los datos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar donde cada hospedero y la técnica de exclusión constituyeron los tratamientos. Todos los datos fueron sometidos a pruebas de Shapiro-Wilks ( $P \geq 0,05$ ) y al cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, las medias se compararon con la prueba según Tukey ( $P \geq 0,05$ ) en el programa SAS (2014). Los valores de sobrevivencia de huevo a adulto para los tratamientos en la temporada seca y húmeda se sometieron a pruebas de normalidad, al no cumplirse con los supuestos, los análisis se llevaron a cabo utilizando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, seguida de una prueba U de Mann-Whitney utilizando el programa SAS (2014).

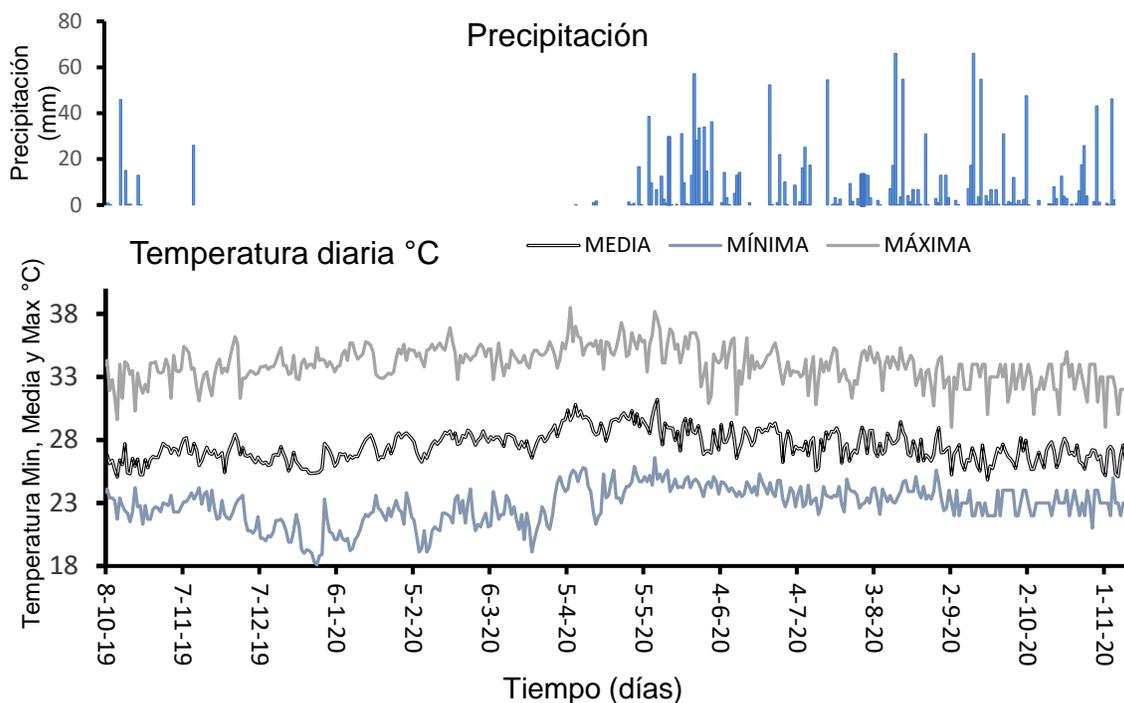
### **3. Resultados y discusión**

#### **3.1 Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri***

##### **Factores climáticos**

Entre los meses de octubre a noviembre de 2019 se registró una lámina de precipitación de 83 mm, una temperatura mínima de 22,9 °C y máxima de 33,4 °C. En tanto que, durante los meses de diciembre a abril de 2020 no se registraron precipitaciones y la temperatura osciló entre valores mínimos de 21,7°C y máximos de 37,7°C. Entre mayo a octubre de 2020, se registraron abundantes lluvias con una acumulación de 1392 mm, una temperatura mínima de 23,7 °C y máxima de 33,8 °C (Figura 7).

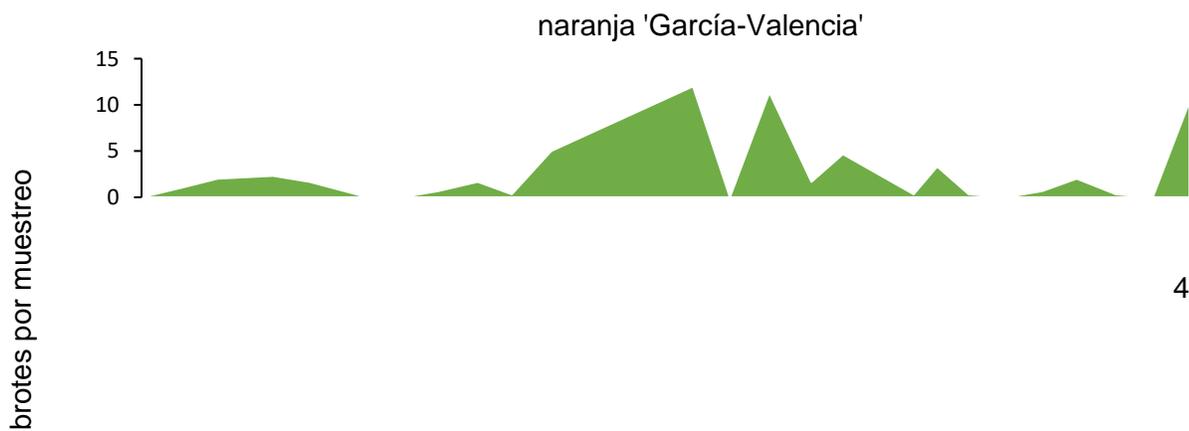
**Figura 7:** Precipitación y temperatura media y máxima diaria (octubre de 2019 a noviembre de 2020)

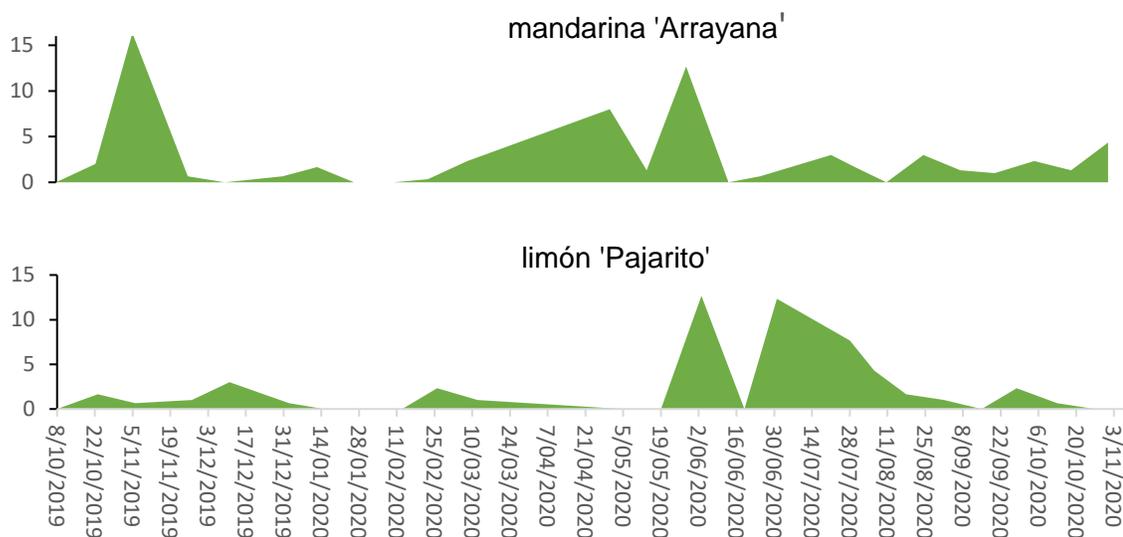


### Ciclos de brotación

En naranja 'Valencia' los principales ciclos de brotaciones ocurrieron entre marzo a abril y junio en 2020, mientras que en mandarina 'Arrayana' se registraron entre octubre-noviembre del 2019 y en marzo a junio del 2020. Los mayores picos de brotes en limón Pajarito se presentaron entre mayo a junio y julio a agosto de 2020 (Figura 8).

**Figura 8:** Ciclo de brotaciones para naranja, mandarina y limón Pajarito entre octubre de 2019 a noviembre del 2020





Las brotaciones para las condiciones evaluadas no correlacionaron con ninguna variable climática (Tabla 3). De acuerdo con Orduz et al. (2010), las brotaciones en el trópico están reguladas por el déficit hídrico y las precipitaciones. Estos autores registraron para las condiciones del Centro de Investigación La Libertad en el departamento de Meta (Colombia), que la mayor abundancia de brotes en mandarina 'Arrayana' ocurrieron después de la finalización de la temporada seca e inicio de las precipitaciones.

**Tabla 3:** Coeficiente de correlación de Spearman entre las variables climáticas y los ciclos de brotación.

Variables climáticas	Brotación		
	naranja	mandarino	limón Pajarito
Temperatura media °C	0,11	0,08	0,15
Temperatura mínima °C	0,11	0,28	0,15
Temperatura máxima °C	0,07	-0,04	-0,14
Humedad relativa (%)	-0,09	0,19	0,36
Viento (m/s)	0,22	-0,14	-0,23
Radiación solar W/ m <sup>2</sup>	0,50	-0,15	-0,17
Lluvias (mm)	-0,05	0,23	0,26

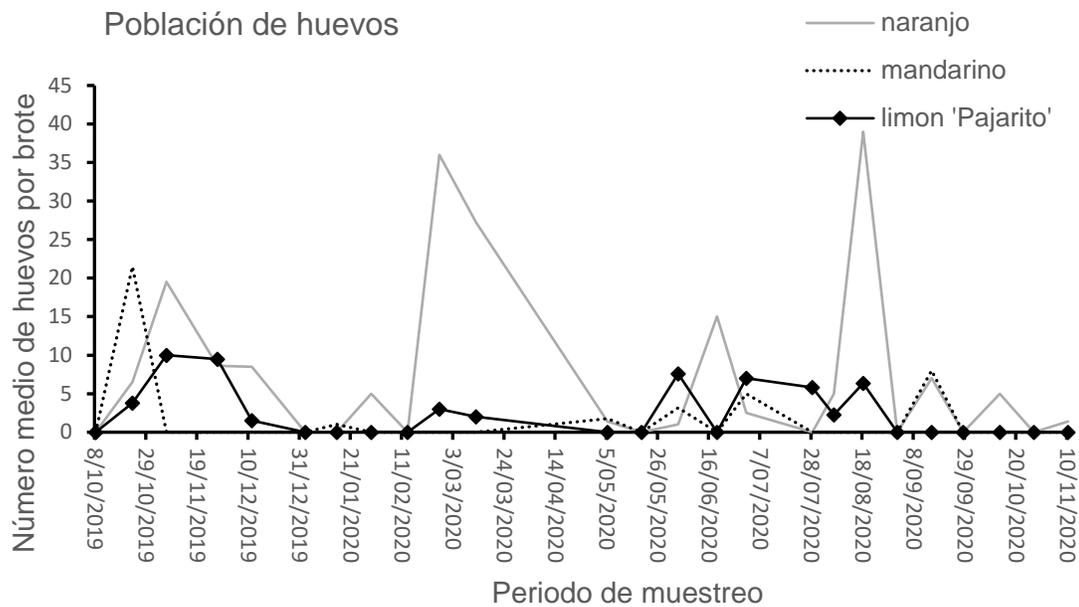
Nota: significativo en  $\alpha= 0,05$  (\*\*), significativo en  $\alpha= 0,01$  (\*\*\*)

Orduz-Rodríguez et al. (2010) discutieron que además de las variables climáticas, los ciclos de brotaciones son influenciados por el hospedero. En este aspecto, Carvalho et al. (2021) en São Paulo (Brasil) determinaron que los portainjertos 'Florida' (*C. x limonia* var. *jambhiri* ined.) y 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* var. *monstruosa*) indujeron mayores brotaciones cuando se combinaron con las copas de naranja 'Pera' y *C. x latifolia* var. *latifolia*) con respecto a naranja 'Folha Murcha' y mandarina 'Ponkan'. Para los autores tales diferencias posiblemente se presentan por la interacción genética entre el portainjerto y la copa.

### 3.1.1 Dinámica poblacional de huevos

El comportamiento de la fluctuación poblacional del estado huevo de *D. citri* realizado entre octubre de 2019 hasta noviembre del 2020 fue diferente para cada hospedero (Figura 9). La alta densidad de huevos de *D. citri* en los árboles de naranjo se presentó al inicio de los muestreos entre los meses octubre-noviembre de 2019 y coincidió con un ciclo de brotación que estaba pasando. Para el año 2020 se registraron dos picos poblacionales. El primero se registró a mediados de la temporada seca entre los meses de febrero y abril, mientras que el segundo ocurrió entre julio y agosto cuando precipitaciones habían empezado a disminuir. En mandarina 'Arrayana', la mayor población de huevos se registró entre octubre a noviembre del 2019 y no se volvieron a registrar en altas densidades hasta el segundo semestre del 2020 en el momento en que se hallaron algunos picos poblacionales.

**Figura 9:** Fluctuación poblacional de huevos de *Diaphorina citri* en naranja 'García Valencia', mandarina 'Arrayana' y limón 'Pajarito'



Las altas densidades en limón ocurrieron durante los meses de octubre a noviembre de 2019 y en entre mayo a septiembre del 2020. El número medio de huevos mostró una correlación positiva significativa con las brotaciones ( $r = 0,71$ ;  $P < 0,0001$ ) a diferencia del resto de los hospederos (Tabla 4).

La diferencia entre los periodos de brotación entre los hospederos pudo modificar la dinámica poblacional teniendo en cuenta que *D. citri* oviposita exclusivamente sobre los brotes (Hall et al. 2008). Al respecto, Kistner et al. (2016) discutieron que una alta oviposición de *D. citri* árboles en lima (*C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*) en sitios urbanos en el sur de california (Estados Unidos) se presentó por una mayor abundancia y frecuencia de las brotaciones que en los hospederos de naranjo (*C. x aurantium* var. *sinensis*), limón (*C. x limon* var. *limon*), pomelo (*C. x aurantium* var. *paradisi*) y planta de curry (*Murraya koenigii*).

**Tabla 4:** Coeficiente de correlación de Spearman entre las variables climáticas y el estado de desarrollo huevo de *Diaphorina citri*

---

Huevos por brote

---

Variables climáticas	Naranja	mandarino	Limón Pajarito
Temperatura media °C	0,160	0,000	0,280
Temperatura mínima °C	-0,120	0,120	0,100
Temperatura máxima °C	0,120	0,050	0,070
Humedad relativa (%)	0,003	0,008	0,410**
Viento (m/s)	0,030	0,040	0,003
Radiación solar W/ m <sup>2</sup>	0,079	0,020	-0,170
Lluvias (mm)	-0,230	0,070	-0,050
Brotos (número medio)	0,370	0,280	0,720***

**Nota:** significativo en  $\alpha= 0,05$  (\*\*), significativo en  $\alpha= 0,01$  (\*\*\*)

En limón Pajarito, la correlación positiva entre los flujos vegetativos y la densidad de la población de huevos pudo haber ocurrido por una mayor uniformidad en las épocas de brotación en contraste con naranja y mandarino donde se presentó una mayor heterogeneidad en los ciclos de brotación. En trabajos anteriores se ha encontrado que las hembras prefieren ovipositar en brotes recién emergidos (Cifuentes-Arenas et al. 2018). Referente a esto, Hall et al. (2008) encontraron para la variedad 'Temple' (*C. reticulata* x *C. sinensis*) que la correlación entre la población huevos y los flujos vegetativos fue significativa únicamente en los brotes con hojas no expandidas. Así mismo, en el departamento de Valle del Cauca (Colombia), Díaz & Carabalí (2018) hallaron que el número medio de huevos en brotes de la variedad 'Valencia' mostraron una correlación positiva solo en el primer estado fenológico, cuando las primeras hojas empezaron a separarse.

Dentro de las variables climáticas, la humedad relativa que se correlacionó con el número medio de huevos en el cultivo de limón Pajarito ( $r = 0,41$ ;  $P = 0,03$ ). Posiblemente, los altos valores humedad relativa que se presentaron en el segundo semestre del año, favorecieron mayores ciclos de brotación para este hospedero.

La población de huevos en naranja y mandarino registró una baja correspondencia con la temperatura, la precipitación y los ciclos de brotación. Este trabajo presenta semejanzas y diferencias a lo reportado por Hall et al. (2008) en Florida (Estados Unidos) quienes encontraron que las brotaciones en cultivos de Tangor (*C. x aurantium*

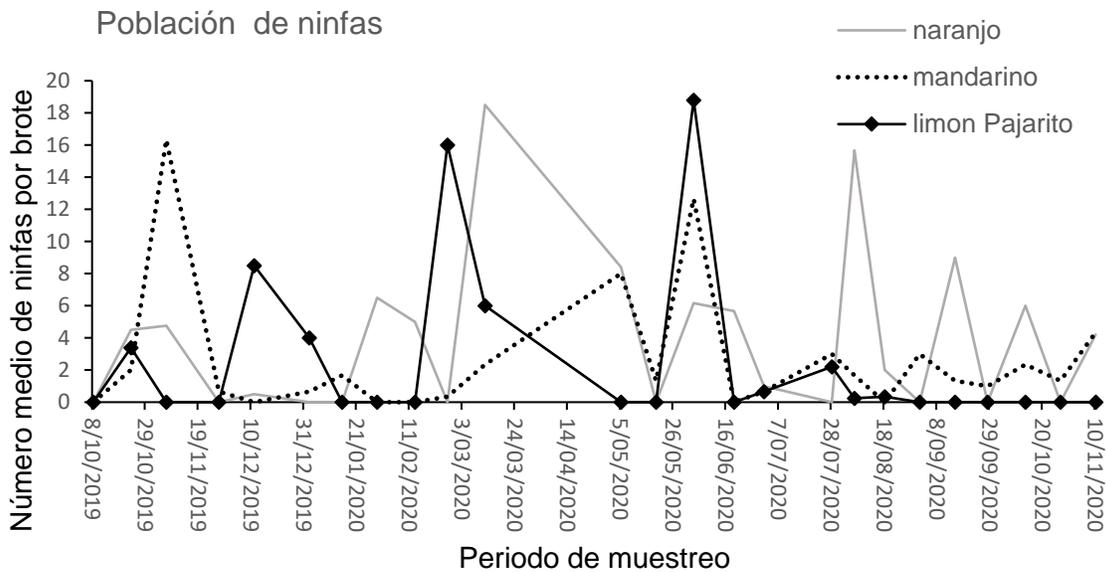
var. temple ined.) de 36 años se correlacionaron con las variables climáticas, pero no explicaron la dinámica de la población de huevos. En tanto que, las parcelas de pomelo de 2,5 años, los ciclos de brotación no se correlacionaron con las variables climáticas, sin embargo, la temperatura y la precipitación se correlacionaron con la población de huevos. De acuerdo con lo anterior, Hall et al. (2008) discutieron que tales diferencias pudieron haberse presentado por la diferencia de edad entre las plantaciones. En ese sentido, se espera que los árboles jóvenes respondan mejor a diferentes rangos de temperatura lo que provoca mayores ciclos de brotación.

El mayor pico poblacional de huevos se registró en los árboles de naranjo y mandarina entre los meses de marzo a abril lo cual es próximo a lo reportado en el departamento de Córdoba por Botero et al. (2014) quienes encontraron picos poblacionales de huevos entre los meses de abril y junio cuando ocurrieron las mayores brotaciones. Es posible que la alta densidad poblacional de huevos se presente durante los meses más secos del año por la alta sobrevivencia de los adultos que coinciden con algunos picos de brotación.

### 3.1.1 Dinámica poblacional de ninfas

Aunque las ninfas se registraron durante todo el año, los mayores picos poblacionales ocurrieron entre octubre a noviembre de 2019, abril a junio de 2020 y entre agosto a noviembre de 2020. Los estados ninfales coincidieron con los ciclos de brotación para todos los hospederos: naranjo ( $r = 0,61$ ;  $P = 0,0012$ ), mandarina ( $r = 0,60$ ;  $P = 0,0014$ ) y limón Pajarito ( $r = 0,74$ ;  $P = 0,0001$ ). La mayor densidad de ninfas en naranjo se presentó entre los meses de marzo a abril, de junio a agosto y en menor medida de agosto a noviembre del 2020. Mientras que en los cultivos de mandarina se observó una alta densidad entre octubre a noviembre de 2019, y en los meses de abril a mayo y agosto a octubre de 2020. Con relación al limón Pajarito, se observó una mayor población de ninfas entre octubre a noviembre de 2019, diciembre a enero, febrero a mayo y mayo a junio de 2020, siendo las dos últimas épocas, en donde se presentaron los mayores picos (Figura 10).

**Figura 10:** Fluctuación poblacional de ninfas de *Diaphorina citri* en naranja 'García Valencia', mandarina 'Arrayana' y limón 'Pajarito'



Los resultados de este trabajo indican que los mayores poblaciones de los estados ninfales en los tres hospederos coinciden con los ciclos de mayor brotación lo cual consistente con encontrado por trabajos anteriores de diferentes regiones del mundo (García-Garduza et al. 2013; Gomez-Marco et al. 2019; Khan et al. 2014; Kistner et al. 2016; Milosavljević et al. 2021). Así mismo, son próximos a lo reportado por Botero et al. (2014) en fincas citrícolas en el departamento de Córdoba, en donde las poblaciones más elevadas de ninfas se presentaron durante noviembre de 2012 y mayo de 2013.

La correspondencia entre ninfas y las variables climáticas de temperatura, humedad relativa radiación solar, viento y la precipitación se presenta en la Tabla 5. La poca correlación entre las variables climáticas pudo haber sido ocasionada por el comportamiento atípico de la lluvias durante el 2020 atribuido a que las primeras lluvias tardaron un mes en llegar, si se considera que estas inician en abril (Guzman et al. 2014). Así mismo, durante el segundo semestre del año se registraron fuertes precipitaciones ocasionadas al tránsito de ondas y ciclones tropicales que se extendieron hasta mes de noviembre (IDEAM, 2020).

**Tabla 5:** Coeficiente de correlación de Spearman entre las variables climáticas y el estado de desarrollo huevo de *Diaphorina citri*

---



---

Ninfas por hospedero

---



---

Variables climáticas	naranja	mandarino	limón Pajarito
Temperatura media °C	0,21	0,11	0,17
Temperatura mínima °C	0,06	0,14	-0,12
Temperatura máxima °C	0,14	0,18	0,22
Humedad relativa (%)	-0,01	0,05	0,05
Viento (m/s)	0,08	0,24	0,24
Radiación solar W/ m <sup>2</sup>	0,17	-0,08	0,02
Lluvias (mm)	-0,06	0,03	-0,07
Brotos (número medio)	0,61***	0,60***	0,74***

**Nota:** significativo en  $\alpha= 0,05$  (\*\*), significativo en  $\alpha= 0,01$  (\*\*\*)

En una región con un régimen bimodal de precipitaciones en Manabí (Ecuador), Chirinos et al. (2021) encontraron que las brotaciones lima (*C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*) aumentaron tras la disminución de las lluvias favoreciendo el incremento de las poblaciones ninfales.

Pese las anomalías climáticas que se presentaron durante el periodo de estudio (2019-2020), la identificación de los meses en que termina e inicia la siguiente temporada, podría fundamentar algunas estrategias de manejo teniendo en cuenta que son épocas críticas en el cual coinciden bajas precipitaciones y altos picos de brotaciones.

Los mayores picos poblacionales de ninfas en naranja y mandarino con respecto a limón Pajarito posiblemente ocurrieron por la diferencia y la intensidad en los ciclos de brotación de los cultivares. Khan et al. (2014) en Punjab (Pakistán), independientemente del sitio, encontraron densidades de ninfas más altas en naranja 'Sweet Orange' que mandarina 'Kinnow'. Para los autores esto pudo haber ocurrido porque los eventos de brotación fueron más pronunciados en el cultivo de naranja con respecto al de mandarina en el que las brotaciones fueron más bajas o inexistentes.

No obstante, también se señala que la capacidad de carga del brote incide en la dinámica demográfica de las ninfas lo cual se sustenta en lo hallado en la sobrevivencia de para naranja y mandarina cuyos brotes confinados registraron menores daños en hojas o en primordios foliares, lo que contribuyó a una mayor sobrevivencia.

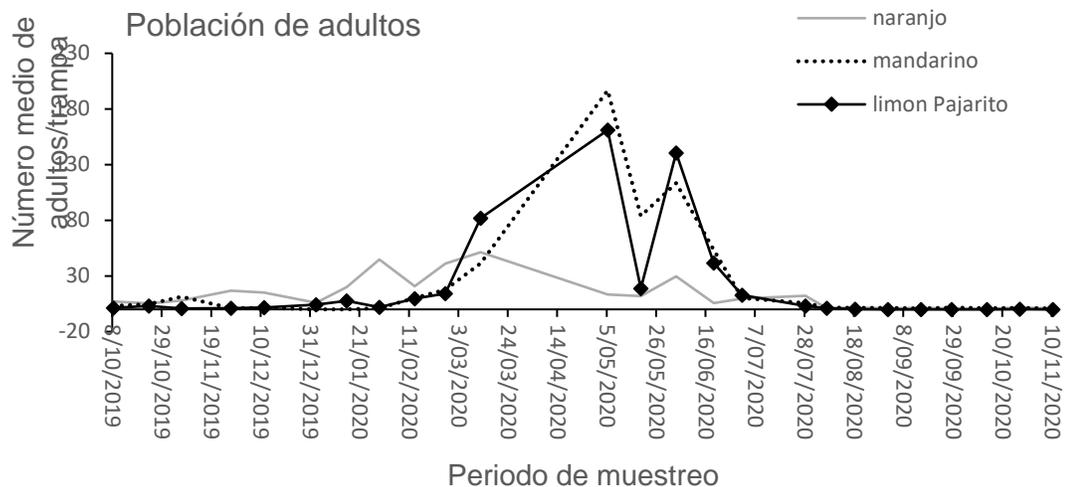
### 3.1.2 Dinámica poblacional de adultos de *Diaphorina citri*

En los adultos de *D. citri*, la mayor densidad poblacional se registró a finales de febrero hasta los primeros días de junio de 2020 alcanzando picos a finales de abril y principio de mayo. En las trampas dispuestas en arboles de limón y mandarina, el número medio de adultos por trampa fue de  $241 \pm 151$  y  $196 \pm 277$  individuos, respectivamente. Mientras que en las trampas instaladas en arboles de naranjo se encontró un número medio de  $147,8 \pm 30,3$  individuos durante abril a mayo (Figura 11).

Pese a las bajas densidades de ninfas en limón 'Pajarito', se registraron altas capturas de adultos en arboles de limón Pajarito en comparación con lo hallado en naranjo. Resultados semejantes han sido hallados en el sur de California por Kistner et al. (2016) quienes encontraron una mayor cantidad de individuos adultos en la planta de curry (*Murraya koenigii*) aun cuando la población de huevos y ninfas fue más elevada en naranja (*Citrus x aurantium* var. *sinensis*) y lima (*C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*). De igual manera, Sétamou & Bartels (2015) hallaron para las condiciones del sur de Texas (Estados Unidos) que los brotes de naranjo albergaron más adultos que en pomelo a pesar de no presentarse diferencias significativas en la población inicial de huevos. Es posible que una mayor sobrevivencia de los estados inmaduros genere una mayor emigración hacia los cultivos adyacentes como consecuencia del hacinamiento y la competencia por recursos para la alimentación y reproducción.

Por otra parte, Patt & Setañou (2010) indicaron que los volátiles que emiten algunas especies tales como *M. paniculata* y *C. limon* atraen mayores poblaciones de *D. citri*. En ese sentido, Mendoza-Peña et al. (2018) establecieron que los árboles infectados con CLas en naranja (*C. x aurantium* var. *sinensis*) y lima (*C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia*) liberaron diferentes cantidades y concentraciones de volátiles, asociados con el insecto vector.

**Figura 11:** Fluctuación poblacional de adultos de *Diaphorina citri* en naranjo, mandarino y limón 'Pajarito'



En todos los hospederos se encontró una baja correlación entre las brotaciones y la población de adultos. Resultados similares fueron reportados por Hall & Hentz (2011) quienes monitorearon poblaciones adultas de *D. citri* en trampas amarillas y brotes de limón *C. x limon* var. *limon*) y de (*C. x aurantium* var. temple ined.) separados por un área boscosa. Los investigadores encontraron que la emigración entre los bloques dependió de las condiciones ambientales, como la humedad relativa, antes que las brotaciones.

**Tabla 6:** Coeficiente de correlación de Spearman entre las variables climáticas y el estado de desarrollo de adultos de *Diaphorina citri*.

Variables climáticas	Adultos por hospedero		
	naranjo	mandarina	limón Pajarito
Temperatura media °C	0.45**	0,70***	0,63***
Temperatura mínima °C	-0.28	0,48**	0,11
Temperatura máxima °C	0.71***	0,50**	0,82***

Humedad relativa (%)	-0,20	0,42**	0,06
Viento (m/s)	0,84***	0,46**	0,82***
Radiación solar W/ m <sup>2</sup>	0,32	0,40**	0,47**
Lluvias (mm)	0,57**	0,16	-0,23
Brotos (número medio)	0,17	0,21	0,05

**Nota:** significativo en  $\alpha= 0,05$  (\*\*), significativo en  $\alpha= 0,01$  (\*\*\*)

Con relación a las variables climáticas, las temperaturas media y máxima mostraron una correlación positiva significativa con la población de adultos, mientras que no se correlacionaron con la precipitación (Tabla 6). Al respecto Martini et al. (2018) informaron que la temperatura y la velocidad del viento son las variables climáticas que más influyen en el inicio del vuelo. A 28°C, los autores encontraron que las poblaciones de hembras y machos exhibieron una mayor actividad de vuelo (Martini et al. 2018).

En todos los cultivos, la velocidad del viento y la radiación solar se correlacionaron con el número medio de adultos por trampa. Esto ratifica que las poblaciones una vez completan el ciclo emigran hacia otros cultivos sobre todo en temporada seca, cuando se presentan días soleados y con altas temperaturas. Resultados obtenidos por Hall (2009) en huertos de Florida (Estados Unidos) se aproximan a lo encontrado en este trabajo. Hall (2009), luego de evaluar trampas amarillas como indicadores absolutos de adultos de *D. citri*, encontró que la radiación solar y el viento influyeron de manera significativa la captura de individuos. Así mismo, coincide a lo hallado por Martini et al. (2018) quienes informaron que los flujos continuos de aire asisten el vuelo de insecto lo cual favorece el desplazamiento de largas distancias.

### 3.2 Ciclo de vida de *Diaphorina citri* en condiciones de campo

El tiempo de duración de huevo a adulto de *D. citri* en los hospedantes estudiados no presentaron diferencias significativas. Se registraron valores en temporada seca desde  $12,02 \pm 5,32$  días en los tratamientos expuestos de limón 'Pajarito' hasta  $14,52 \pm 1,55$  días en los tratamientos expuestos de mandarina 'Arrayana'). En temporada húmeda, se presentaron valores desde  $14,4 \pm 0,84$  días en naranja 'Valencia' en los tratamientos expuestos hasta los  $15,66 \pm 0,57$  días de este hospedante en los tratamientos confinados (Tabla 8).

Estos resultados se aproximan a lo reportado por Fonseca et al. (2007) en Barquisimeto (Venezuela) quienes, bajo condiciones de temperatura máxima de 29,8 °C, temperatura mínima de 26,0 °C y HR promedio de 68,5 ± 7,15 %, encontraron un tiempo de huevo a adulto para *D. citri* de 15,03, 15,60 y 13, 51 días sobre *Citrus grandis* (L.) Osbeck limón (*C. x limon* var. *limon*) y naranjo jazmín (*M. paniculata*), respectivamente, sin presentarse diferencias significativas. De igual manera, se asemeja a lo reportado por Tsai & Liu (2000) en Florida (Estados Unidos) bajo condiciones ambientales de 25°C, HR 75%-80%. Sus estudios indicaron que no hubo diferencias en la duración del ciclo de huevo a adulto entre los hospedantes de limón rugoso (*Citrus x limonia* var. *jambhiri* ined.), naranjo agrio (*C. x aurantium* var. *aurantium*), pomelo (*C. x aurantium* var. *paradis*) y naranjo jazmín (*M. paniculata*), con una duración de 17,61, 17,32, 16,88 y 16,97 días, respectivamente. Así mismo, Pérez-Artiles et al. (2011) para las condiciones de Cuba (26 ± 2,18 °C y HR de 70 ± 5,65%) hallaron que el tiempo de desarrollo de *D. citri* fue similar en los hospedantes de *M. paniculata* y *C. x aurantiifolia* var. *aurantiifolia* con un tiempo de 17,33 y 17,27 días, respectivamente.

El periodo embrionario en la temporada seca fluctuó entre 4,15 a 5,10 días y de 4,13 a 4,75 días temporada húmeda siendo levemente más largos a lo encontrado por García et al. (2016) quienes reportaron un tiempo de duración más corto con 3,63 días bajo condiciones de invernadero Palmira (Valle del Cauca) (temperatura máxima: 37,1 ± 5,1 °C, temperatura mínima: 25,0 ± 2,0 °C; humedad relativa máxima: 67,0 ± 6,2%, humedad relativa mínima: 39,5 ± 10,9). Posiblemente estas diferencias se presentaron a que bajo invernadero la temperatura media alcanzó un grado más respecto a lo hallado en campo (30,2 °C).

**Tabla 7:** Tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *Diaphorina citri* en temporada seca

Tratamiento	Huevo	Ninfa I	Ninfa II	Ninfa III	Ninfa IV	Ninfa V	Huevo-adulto
Naranja/confinado	4,27 ± 1,42 a	2,42 ± 0,65 a	2,23 ± 0,38 a	2,70 ± 1,40 a	1,50 ± 0,70 a	1,50 ± 0,70 a	13,00 ± 0,10 a
Mandarina/confinado	4,15 ± 1,20 a	2,42 ± 0,75 a	2,07 ± 0,79 a	2,01 ± 0,51 a	2,19 ± 0,26 a	2,20 ± 0,35 a	14,46 ± 0,79 a
limón Pajarito/confinado	4,90 ± 1,12 a	2,72 ± 0,90 a	2,13 ± 0,68 a	1,88 ± 0,82 a	2,02 ± 0,46 a	1,75 ± 0,76 a	12,02 ± 3,32 a
Naranja/expuesto	4,97 ± 1,71 a	2,11 ± 0,95 a	2,03 ± 0,85 a	1,82 ± 0,38 a	1,69 ± 0,63 a	1,98 ± 0,26 a	14,02 ± 1,09 a
Mandarina/expuesto	5,10 ± 1,71 a	2,69 ± 1,07 a	2,37 ± 0,59 a	1,73 ± 0,40 a	1,63 ± 0,50 a	1,69 ± 0,51 a	14,52 ± 1,55 a
limón Pajarito/expuesto	4,90 ± 1,12 a	2,19 ± 0,91 a	2,36 ± 1,10 a	1,57 ± 0,35 a	1,61 ± 0,46 a	2,41 ± 0,73 a	14,08 ± 0,72 a
	$F = 1,19$	$F = 1,83$	$F = 1,25$	$F = 1,37$	$F = 2,09$	$F = 0,83$	$F = 0,94$
	$df = 5$						
	$p = 0,320$	$p = 0,115$	$p = 0,298$	$p = 0,254$	$p = 0,09$	$p = 0,537$	$p = 0,4780$

**Nota:** Valores con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferente un nivel de significancia de ( $\alpha=0,05$ ) Tukey. (ns) no significativo. (e) expuesto (c) confinado

**Tabla 8:** Tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *Diaphorina citri* en temporada húmeda

Tratamiento	Huevo	Ninfa I	Ninfa II	Ninfa III	Ninfa IV	Ninfa V	Huevo-adulto
naranja <sup>c</sup>	4,69 ± 0,51 a	1,14 ± 0,21 a	1,58 ± 0,50 a	2,50 ± 0,70 a	1,50 ± 0,70 a	2,00 ± 0,01 a	14,40 ± 0,84 a

mandarina <sup>c</sup>	4,65 ± 0,71 a	1,10 ± 0,15 a	1,57 ± 0,50 a	1,91 ± 0,88 a	2,19 ± 0,26 a	2,05 ± 0,71 a	14,65 ± 1,39 a
limón Pajarito <sup>c</sup>	4,75 ± 0,57 a	1,33 ± 0,33 a	1,85 ± 0,56 a	2,25 ± 0,95 a	2,02 ± 0,46 a	2,33 ± 0,57 a	15,66 ± 0,57 a
naranja <sup>e</sup>	4,41 ± 0,43 a	1,14 ± 0,19 a	1,85 ± 0,91 a	2,50 ± 0,63 a	1,69 ± 0,63 a	2,45 ± 0,78 a	15,33 ± 0,73 a
mandarina <sup>e</sup>	4,13 ± 0,82 a	1,26 ± 0,25 a	1,85 ± 0,56 a	2,50 ± 1,31 a	1,63 ± 0,50 a	2,51 ± 0,39 a	15,26 ± 0,73 a
limón Pajarito <sup>c e</sup>	4,50 ± 0,73 a	1,34 ± 0,20 a	1,85 ± 0,67 a	3,00 ± 0,01 a	1,61 ± 0,46 a	1,50 ± 0,70 a	14,50 ± 0,70 a
	<i>F</i> = 2,05	<i>F</i> = 2,13	<i>F</i> = 0,32	<i>F</i> = 0,92	<i>F</i> = 0,59	<i>F</i> = 1,23	<i>F</i> = 1,25
	<i>df</i> = 5	<i>df</i> = 5	<i>df</i> = 5	<i>df</i> = 5	<i>df</i> = 5	<i>df</i> = 5	<i>df</i> = 5
	<i>p</i> = 0,07	<i>p</i> = 0,07	<i>p</i> = 0,901	<i>p</i> = 0,478	<i>p</i> = 0,705	<i>p</i> = 0,3223	<i>p</i> = 0,3046

**Nota:** Valores con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferente un nivel de significancia de ( $\alpha=0,05$ ) Tukey. (ns) no significativo (e) expuesto (c) confinado

Los estados ninfales (del 1er al 5to instar) de *D. citri* tuvo una duración de  $10,27 \pm 0,42$  días en temporada seca y de  $9,33 \pm 0,46$  días en temporada húmeda. Esto es cercano a lo encontrado en trabajos anteriores en los cuales se ha reportado que el rango de temperatura constante entre 28°C y 30°C ha registrado cortos periodos de duración (Liu & Tsai, 2000; Nakata,2006; Nava et al. 2007).

Sin embargo, los resultados del presente estudio difieren de lo informado por Milosavljević et al. (2020) quienes en su modelo para estimar la duración del estado ninfal en temperaturas fluctuantes a 28,2°C y 30,2°C reportaron un tiempo de 15,6 días y 13,9 días, respectivamente. Es posible que un tiempo corto de duración bajo las condiciones donde se llevó a cabo este estudio se deba a que dentro de las ramas de los árboles y debajo de la superficie de las hojas de los brotes, exista un microclima con condiciones óptimas el desarrollo de las ninfas.

### **3.2.1 Tabla de vida ecológica de *Diaphorina citri***

#### **Sobrevivencia de las cohortes**

Durante la temporada seca, la sobrevivencia de huevo a adulto fue más elevada en los tratamientos confinados que en los expuestos: naranjo (41% confinado, 7% expuesto), mandarina (29% confinado, 4% expuesto) y limón (17% confinado, 5% expuesto) (Figura 12 A, B, C). Los resultados de los tratamientos expuestos son cercanos a lo informado por Michaud (2004) en Florida (Estados Unidos) quien reportó una sobrevivencia del insecto del 6,9% (2745 huevos, 190 adultos) y del 7,8% (2046 huevos, 189 adultos). Así mismo el Sur de California, sobre brotes de limón volkameriano (*Citrus volkameriana* V. Ten. & Pasq), Kistner et al. (2016) reportaron una sobrevivencia del 4% (2032 huevos, 92 individuos) en cohortes “sin exclusión”, que contrastó con lo registrado en los “totalmente excluidos” con una sobrevivencia del 82% (1813 huevos, 1492 adultos).

La diferencia entre los tratamientos expuestos y confinados puede ser explicado por la baja de sobrevivencia del estado huevo. A propósito, Paiva & Parra (2012) en São Paulo (Brasil) mostraron que la viabilidad del estado huevo bajo condiciones controladas de

laboratorio (30°C, HR 35-45%) fue del 70% mientras que en condiciones de cultivo de naranja 'Valencia' apenas alcanzó el 40%.

La pérdida de más de la mitad de la población en los estados ninfales pequeños con relación a la cohorte inicial es consistente con lo reportado por Sule et al. (2012) quienes encontraron una alta pérdida poblacional del *D. citri* en los primeros instares. Los autores informaron que esto posiblemente se da por el hacinamiento de los individuos en el brote y la incapacidad de las ninfas para desplazarse a otros sitios.

La sobrevivencia de huevo a adulto de *D. citri* durante la temporada húmeda en los tratamientos expuestos estuvo cercana al 3% (Figura 13 A, B, C). En naranjo y mandarina, solo el 27% de las ramas se registraron poblaciones de estados adultos. Otros resultados difieren de lo encontrado en este trabajo. Por ejemplo, Michaud (2004), en Florida durante junio a julio 2002, cuando se registraron lluvias fuertes, solo los 21 individuos completaron el ciclo de 2420 huevos registrados inicialmente (0,9%). Por otra parte, Paiva & Yamamoto (2019) registraron una sobrevivencia del 12% (705 huevos; 86 individuos) a pesar de una acumulación de 165 mm para las condiciones de São Paulo (Brasil). Estos últimos autores explicaron que la alta sobrevivencia pudo haberse presentado a que los mayores ciclos de brotación coincidieron con condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa que incrementó la oviposición de insecto.

Para las condiciones de Zona Bananera, la cantidad e intensidad de las lluvias posiblemente son factores claves en la sobrevivencia de *D. citri*. Las bajas precipitaciones, como ocurre cuando inicia la temporada húmeda, pueden favorecer mayores ciclos de brotación y un menor impacto en la sobrevivencia de la población de huevos y ninfas pequeños. Sin embargo, ante un aumento de la intensidad de las precipitaciones se puede incrementar la pérdida de las poblaciones sobre todo en los primeros estados de desarrollo.

Figura 12: A, B, C Curvas de sobrevivencia de *Diaphorina citri* durante temporada seca

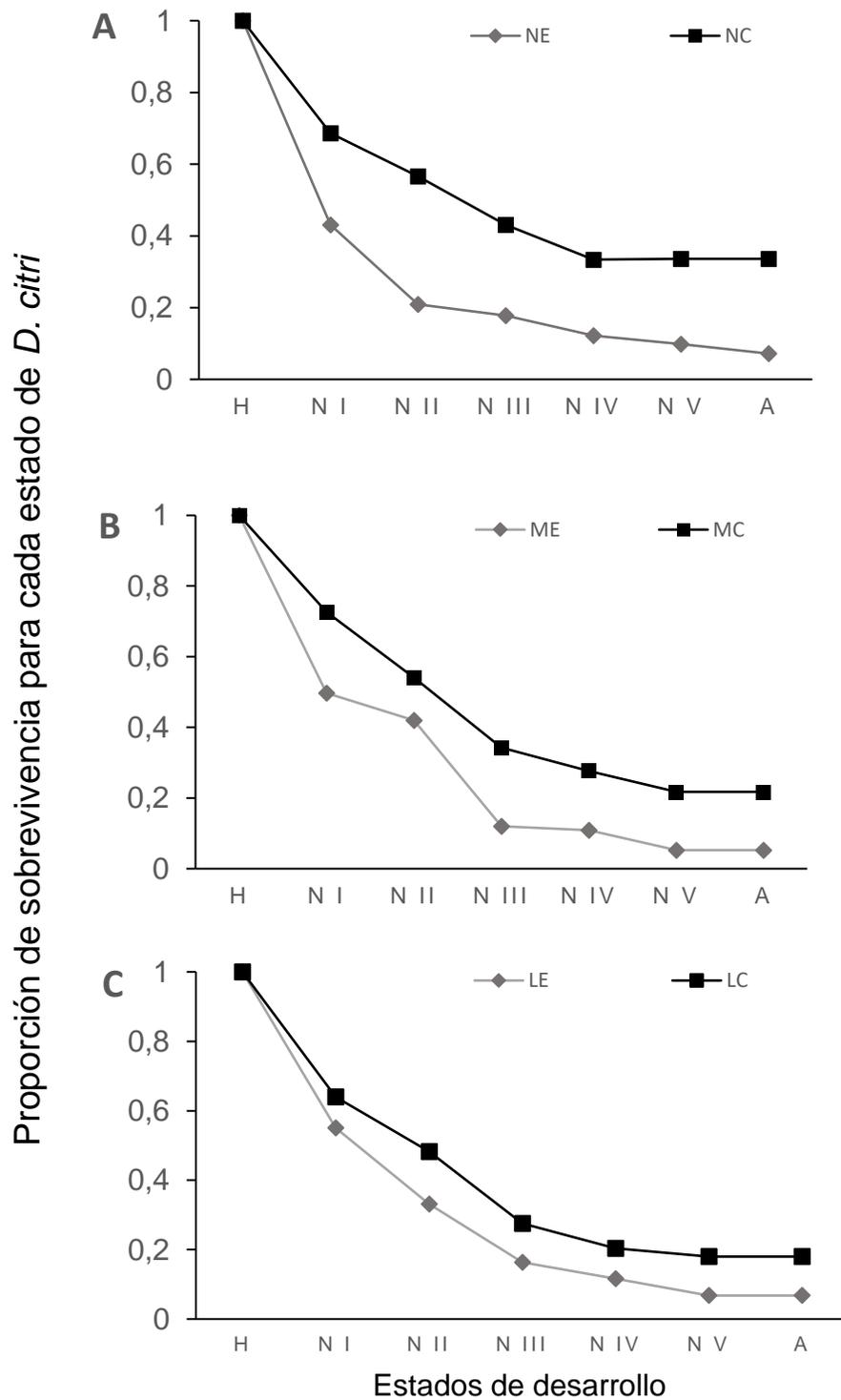
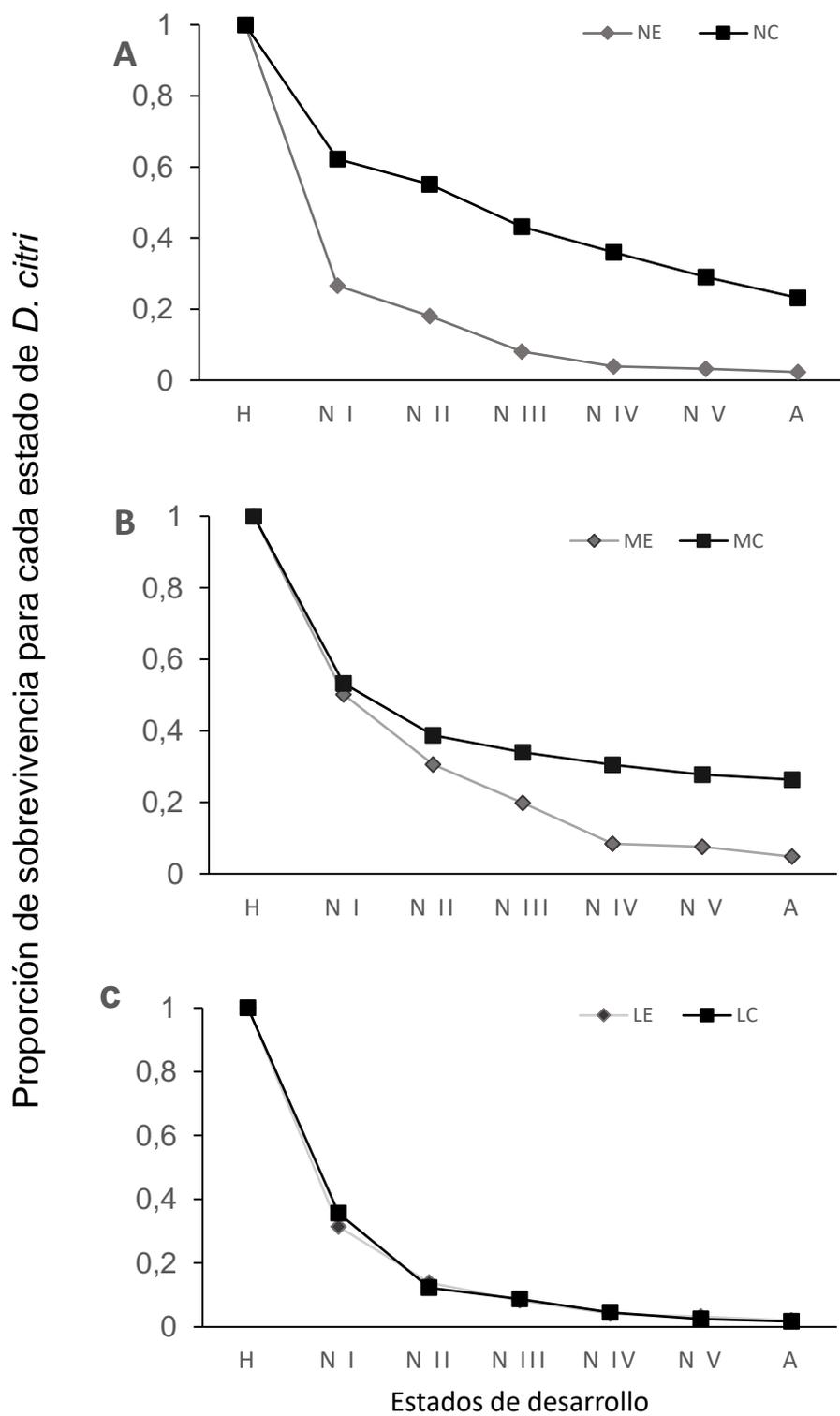


Figura 13: A, B, C Curvas de sobrevivencia de *Diaphorina citri* durante temporada húmeda



A. naranja B. mandarina C. limón 'Pajarito'

### **Tasa marginal de mortalidad ( $m_i$ )**

Durante la temporada seca, la defoliación en los brotes de naranja provocó una tasa marginal de mortalidad del 20%, 23% y 6% en los estados de huevo, ninfales pequeños y grandes de *D. citri*, respectivamente. La depredación observada causó una mortalidad en los estados ninfales menores del 21% en brotes de naranja y 16% en mandarina. También, la depredación contribuyó con el 25% de la mortalidad de los estados ninfales grandes sobre los brotes de naranja. En el cultivo de limón, el parasitoidismo ocasionó una mortalidad del 14% y la afectación del brote (entorchamiento, necrosamiento de hojas o muerte del meristemo) explicó una mortalidad marginal de los estados ninfales pequeños en 15% y 64% sobre los brotes expuestos y confinados, respectivamente. Por último, el factor desconocido explicó gran parte de la mortalidad observada en los estados de huevo y estados ninfales pequeños.

Durante marzo a abril se registraron altas temperaturas con un valor medio de  $38,5 \pm 1,11$  °C. Así mismo, en la casa malla la temperatura máxima alcanzó 39°C, señalado por Lui & Tsai (2000) como excesivo para el desarrollo del ciclo de vida del insecto. No obstante, no se evidenció la muerte de ninfas o adultos. Lo anterior puede ser explicado a que los valores máximos de temperatura en campo ocurren solo durante algunas horas del día. Además, estuvo por debajo de lo señalado por El-Shesheny et al. (2016) quienes encontraron que el rango de 40°C a 45°C generó daños irreversibles a las enzimas responsables del metabolismo energético en adultos de *D. citri*.

En temporada húmeda, los principales factores de mortalidad se relacionaron con las lluvias que impactaron la sobrevivencia de las poblaciones de huevos y de ninfas (Tabla 10). Esto es semejante a lo hallado en Ecuador por Chirinos et al. (2021) en cultivos de limón Pajarito, donde una lámina mensual entre 140 a 280 mm de lluvia redujo de manera drástica a las poblaciones de todos los estados de desarrollo. De acuerdo con Aubert (1987) la baja densidad poblacional de huevos y ninfas ocurre por un efecto lavado de las gotas de lluvia sobre la superficie de las hojas. Así mismo, la depredación fue clave en el cultivo de naranja y el parasitoidismo solo se evidenció en los árboles de limón Pajarito con una tasa del 21%.

**Tabla 9:** Tabla de vida ecológica de *Diaphorina citri* en temporada seca

Estado	Individuos sobrevivientes por estado						Factor de mortalidad	Individuos muertos por estado D <sub>x</sub>						Tasa marginal de mortalidad (m <sub>i</sub> )					
	N <sub>x</sub>																		
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Huevo	315	365	357	283	480	502	Posible inviabilidad	0	107	0	55	0	152	0,00	0,290	0,00	0,19	0,00	0,30
							Defoliación	49	0	0	0	0	0	0,20	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
							Afectación del brote	0	0	3	3	0	3	0,00	0,000	0,00	0,01	0,00	0,01
							Desconocido	126	0	198	0	215	0	0,44	0,000	0,55	0,00	0,44	0,00
I-III instar	140	258	159	225	265	347	Defoliación	21	0	0	0	0	0	0,23	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
							Afectación del brote	0	4	18	0	34	225	0,00	0,009	0,19	0,00	0,15	0,64
							Depredación	19	0	15	0	0	0	0,21	0,000	0,16	0,00	0,00	0,00
							Desconocido	64	72	89	94	190	0	0,56	0,280	0,65	0,41	0,71	0,00
IV-V instar	36	182	37	131	41	122	Defoliación	2	0	0	0	0	0	0,06	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
							afectación del brote	0	1	0	0	11	11	0,00	0,006	0,00	0,00	0,26	0,09
							Depredación	9	0	0	0	0	0	0,25	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
							Parasitoidismo	0	0	0	0	6	0	0,00	0,000	0,00	0,00	0,14	0,00
						Desconocido	0	31	10	48	0	23	0,00	0,170	0,54	0,36	0,00	0,18	
Adulto	25	150	17	83	24	88													
Hembras	14	73	12	50	13	51													

Nota: T1, naranjo confinado; T2, naranjo expuesto; T3 mandarino expuesto; T4, mandarino confinado; T5, limón Pajarito, expuesto; T6 limón Pajarito, confinado.

**Tabla 10:** Tabla de vida ecológica de *Diaphorina citri* en temporada húmeda

Estado	Individuos sobrevivientes por estado N <sub>x</sub>						Factor de mortalidad	Individuos muertos por estado D <sub>x</sub>						Tasa marginal de mortalidad (m <sub>i</sub> )					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Huevo	546	622	430	610	574	468	Lavado de huevos	389	264	197	311	411	260	0,710	0,420	0,450	0,500	0,710	0,550
I-III instar	157	358	233	299	163	208	Defoliación	0	0	39	0	5	0	0,000	0,000	0,320	0,000	0,060	0,000
							Lavado de ninfas	101	0	146	0	128	0	0,710	0,000	0,770	0,000	0,800	0,000
							Afectación del brote	20	0	0	0	0	173	0,220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,830
							Depredación	0	0	18	0	0	0	0,330	0,000	0,160	0,000	0,000	0,000
							Desconocido	3	166	0	126	0	0	0,000	0,460	0,000	0,420	0,000	0,000
IV-V instar	33	192	30	173	30	35	Lavado de ninfas	13	0	14	0	11	0	0,400	0,000	0,260	0,000	0,400	0,000
							Depredación	1	0	0	0	0	0	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
							Parasitoidismo	0	0	0	0	5	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	0,000
							Desconocido	0	74	0	15	0	20	0,000	0,380	0,000	0,080	0,000	0,570
Adulto	19	118	16	158	14	15													
Hembras	11	56	13	79	9	9													

Nota: T1, naranjo confinado; T2, naranjo expuesto; T3 mandarino expuesto; T4, mandarino confinado; T5, limón Pajarito, expuesto; T6 limón Pajarito, confinado.

## **Proporción de sexos**

La proporción de sexos en campo durante las dos temporadas osciló entre 0,47 y 0,60, con excepción de lo encontrado en mandarino donde se obtuvieron valores de 0,67 a 0,70 durante la temporada húmeda y seca respectivamente. En un ambiente controlado Nava et al. (2007) encontraron sobre lima 'Rangpur' (*Citrus x limonia* Osbeck var. *limonia*), *M. paniculata* y mandarina 'Sunki' (*C. reticulata*) una razón sexual entre 0,47 a 0,5. De la misma manera, Paiva & Parra (2012) informaron una proporción sexual cercana al 1:1 en cultivos de naranja 'Valencia' en el estado de São Paulo (Brasil).

Wenninger & Hall (2008) encontraron que, colocando una hembra con uno y tres machos por un lapso de 24 horas y una semana, las hembras alcanzaron altos valores de oviposición cuando se mantuvieron en la proporción 1:1 durante dos semanas. No obstante, se observó una baja fecundidad en los tratamientos cuando el número de machos superó al de las hembras por un periodo de 2 semanas y en los tratamientos testigos (sin machos). Por lo tanto, los autores señalaron que una proporción de sexos cercana de 1:1 favorece múltiples apareamientos que son necesarios para que las hembras de *D. citri* puedan mantener un alto valor reproductivo durante toda la vida.

## **Afectación del brote por otros insectos**

La defoliación del brote, como factor de mortalidad tuvo alta incidencia sobre los primeros estados de desarrollo. Se registraron a individuos del género *Trigona* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) alimentándose de la margen de las hojas. Posterior a esto, las hojas perdieron vigor, con amarillamientos progresivos y en algunos casos presentaron un ennegrecimiento parcial que condujo a la muerte del brote. Por otra parte, *Naupactus* sp. (Coleoptera: Curculionidae) causó la pérdida total del brote.

Parra & Paiva (2012) hallaron que la defoliación fue un factor de importante de mortalidad del insecto vector en los cultivos de naranja 'Valencia' en São Paulo (Brasil). Para los autores, este factor reduce la superficie vegetal y aumenta la competencia por el alimento disponible. No obstante, al afectarse las yemas necesarias para la generación de nuevas ramas y flores, se descarta dentro de las tácticas de manejo.

En los brotes expuestos de limón ocurrió un ataque generalizado del minador de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera: Gracillariidae). Como consecuencia, se observaron hojas deterioradas y entorchadas que posiblemente afectaron indirectamente la sobrevivencia de *D. citri*. En ese sentido, Fernandez et al. (2007) encontraron en Isla de La Juventud (Cuba) entre 2002 a 2003 que las poblaciones de *D. citri* predominaron sobre las de *P. citrella* en cultivos de naranja 'Valencia'. En ese sentido, estudios futuros son necesarios para entender la interacción *D. citri*, y otros insectos asociados al cultivo de limón Pajarito.

### **Interacciones biológicas**

El número de insectos que visitaron los brotes por cada hospedero se presenta en la Tabla 11. La depredación observada en campo fue ejercida por varias especies de insectos, entre ellos crisópidos (Neuroptera: Chrysopidae), mariquitas, *Cheilomenes sexmaculata* y *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) y una avispa *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae) (Figura 14).

La depredación de ninfas por larvas de la familia Chrysopidae ocurrió dentro de las hojas de los primordios foliares cerrados donde encontraba agregada la población de ninfas pequeñas. Resultados próximos fueron encontrados en California (Estados Unidos) por Kistner et al. (2016) quienes encontraron que *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) fue uno de los depredadores claves en la disminución de la sobrevivencia de *D. citri*.

Por otra parte, se registraron a individuos de *Polybia* sp. consumiendo ninfas de los estados III, IV y V. Estos insectos construyeron colmenas sobre las ramas de los cítricos y presentaron una mayor actividad de vuelo en horas de la mañana entre 7 a 10 am y durante 4 a 6 pm, por lo que se infiere que la depredación ejercida haya sido más elevada. En Colombia, este género fue reportado por Kondo et al. (2015) como depredador natural de *D. citri* en el departamento del Valle del Cauca a una altura sobre el nivel del mar de 969 y 1080 m.

En el transcurso de las revisiones diarias de los brotes se encontró que *C. sexmaculata* fue el coccinélido más frecuente e incluso se observó consumiendo adultos de *D. citri*. Trabajos realizados en el mismo cultivo por Brochero et al. (2021) señalaron que las

poblaciones de insectos adultos de *C. sexmaculata* mostraron una correlación positiva significativa con las densidades de *D. citri*.

**Tabla 11:** Número total de artrópodos observados en las cohortes en *Diaphorina citri*

Hospedero	Estado	24/03-09//04 (2020)			16/10-16/11 (2020)			Total
		naranja	mandarina	limón	naranja	mandarina	limón Pajarito	
Acari: Phytoseiidae								
sin identificar		1		3				4
Acari: Tetranychidae:								
<i>Schizotetranychus hindustanicus</i>			5	3				8
Aranae								
Sin identificar		1		1	1			3
Hemiptera: Aphididae								
Sin identificar						5		5
<i>Cheilomenes sexmaculata</i>	Larva	4		1	1	2	3	11
	Adulto			1			1	2
<i>Cycloneda sanguinea</i>	Larva					1		1
	Adulto					2		2
Coleoptera: Curculionidae								
<i>Naupactus</i> sp.	Adulto	1			1			2
Hymenoptera: Apidae								
<i>Trigona</i> sp.	Adulto	5	3		1	2		11
Hymenoptera: Eulophidae								
<i>Tamarixia radiata</i>	Momias			11			4	15
Hymenoptera: Vespidae								
<i>Polybia</i> sp.	Adultos	6	2	2		1	4	15
Hymenoptera: Formicidae								
<i>Dorymyrmex biconis</i>		13	9	6	7	5	2	42
<i>Camponotus</i> spp.		36	20	23	2	0	0	81
<i>Ectatomma ruidum</i>		1	0	0	4	0	0	5
Lepidoptera: Gracillariidae								
<i>Phyllocnistis citrella</i>	Larvas		2	8			7	17

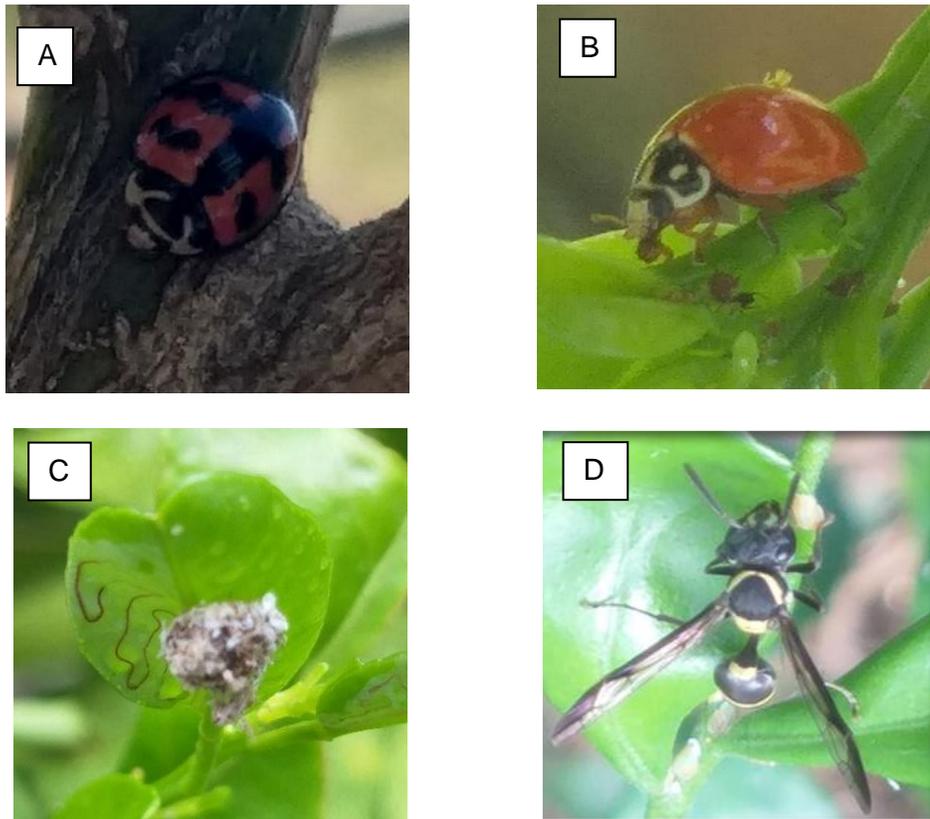
Con relación a *C. sanguinea* solo registraron dos adultos en brotes que también fueron colonizados por áfidos. Este número es inferior a lo hallado en Florida (Estados Unidos) por Michaud (2004), quien encontró entre 10 a 22 individuos sobre brotes de pomelo infestados con *D. citri* durante la primavera de 2001. Otros estudios realizados bajo condiciones de laboratorio por Pluke et al. (2005) encontraron que este coccinélido tuvo

una preferencia por una dieta basada en individuos de *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae) que de *D. citri*. No obstante, la baja diversidad de especies de coccinélidos encontrado en campo posiblemente ocurrió por metodología empleada dado no se incluyeron otros tratamientos de exclusión. Al respecto Qureshi & Stansly (2009) mejoraron el registro de coccinélidos cuando se utilizaron barretas pegajosas lo cual incrementó la captura de un mayor número de individuos.

La tasa marginal de mortalidad ocasionada por *T. radiata* en temporada seca (abril a marzo) y húmeda (octubre-noviembre) fue del 14% y 21%, respectivamente, lo que corresponde al 3% y 0,8% de la tasa de mortalidad real. Estos resultados son cercanos a lo encontrado por Kondo et al. (2022) quienes evaluaron, entre febrero de 2020 a febrero de 2021, el parasitoidismo por *T. radiata* en cultivos de limón Tahití (*C. x latifolia*), naranja 'Frost Valencia' (*C. x aurantium* var. *sinensis*) y mandarina 'Arrayana' (*C. reticulata*) en las condiciones de Palmira (Valle del Cauca). Sus resultados mostraron una tasa mínima de parasitoidismo de 1,5% (21 parasitoides de 697 ninfas) en marzo de 2020 y máxima de 24,2% (240 parasitoides de 990 ninfas) en agosto del mismo año. Además, de *T. radiata*, Kondo et al. (2022) también reportaron tasas de parasitoidismo de *D. aligarhensis* del 0,3% y 1,0%.

Qureshi & Stansly (2009) encontraron en Florida (Estados Unidos), una mortalidad real del 2,5%-6,3%. Así mismo, Kistner et al. (2016) reportaron un parasitoidismo del 21% en los tratamientos de "acceso de *T. radiata*" durante el otoño de 2015 y 2016 en California (Estados Unidos). Sin embargo, difiere de lo hallado por Gómez-Torres et al. (2012) teniendo en cuenta que los autores reportaron tasas altas de parasitoidismo entre los 25°C a 30°C. Las bajas tasas de parasitoidismo puede ser atribuido a la baja adaptabilidad de la especie. En ese sentido Baños et al. (2013) encontraron una baja sobrevivencia de adultos de *T. radiata* recién emergidos a 29°C, lo que condujo a la reducción de los parámetros poblacionales.

**Figura 14:** Depredadores de ninfas de *Diaphorina citri*



**Nota:** *Cheilomenes sexmaculata*, b) *Cycloneda sanguinea*, c) larvas de crisopas, d) *Polybia* sp.

Las hormigas fueron los insectos que más visitaron las cohortes expuestas en temporada seca (Figura 15). *Camponotus* spp. (Hymenoptera: Formicidae: Formicinae), *Ectatomma ruidum* (Roger, 1860) (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae) *Dorymyrmex biconis* (Forel, 1912) (Hymenoptera: Formicidae: Dolichoderinae) se observaron con mayor frecuencia en los estados ninfales grandes cuando se registró una mayor abundancia de miel de rocío. Una alta población de hormigas sobre las cohortes de *D. citri* han sido informados por Kistner et al. (2017) en California (Estados Unidos), así como Michaud (2004) y Shrestha et al. (2021) en Florida (Estados Unidos).

Si bien, en la mayoría de las ocasiones se observó a *D. biconis* alimentándose de la miel de rocío que secretaron las ninfas, en una sola ocasión se evidenció a un individuo de esta especie llevando en sus mandíbulas un adulto recién emergido de *D. citri*. De

manera eventual se observó a *Pseudomyrmex termitarius* (Smith, 1855) (Hymenoptera: Formicidae: Pseudomyrmecinae) sobre las ramas, aunque no se registró consumiendo miel de rocío o depredando ninfas o adultos de *D. citri*. En ese sentido, en Florida (Estados Unidos), Michaud (2004) reportó las hormigas *Dorymyrmex bureni* (Trager, 1988) y a *Pseudomyrmex gracilis* (Fabricius, 1804) depredando ninfas de *D. citri*.

Teniendo en cuenta lo anterior, Way (1963) señala que las hormigas se pueden alimentar de hemípteros ante la escasez de otras fuentes de lípidos y proteínas. En Colombia, Kondo et al. (2018) encontraron que *Wasmannia auropunctata* (Roger) afectó la sobrevivencia de *D. citri*, mediante depredación y a su vez disminuyó los porcentajes de parasitoidismo por *T. radiata* bajo las condiciones de una cría de *D. citri*. A su vez, Navarrete et al. (2013) proponen una relación mutualista entre *D. citri* y las hormigas, en cual *D. citri* les proporciona alimento cuando secretan de miel de rocío, mientras las hormigas las defienden del ataque de enemigos naturales. En el presente estudio se evidenció que las hormigas también fueron claves en la limpieza de los brotes, ya que el exceso de cera sobre las hojas de brotes confinados aumentó la proliferación de los hongos.

**Figura 15:** Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a las cohortes de ninfas de *Diaphorina citri*



**Nota:** Ramas con presencia de hormigas *Camponotus* sp.

### **Hospedante**

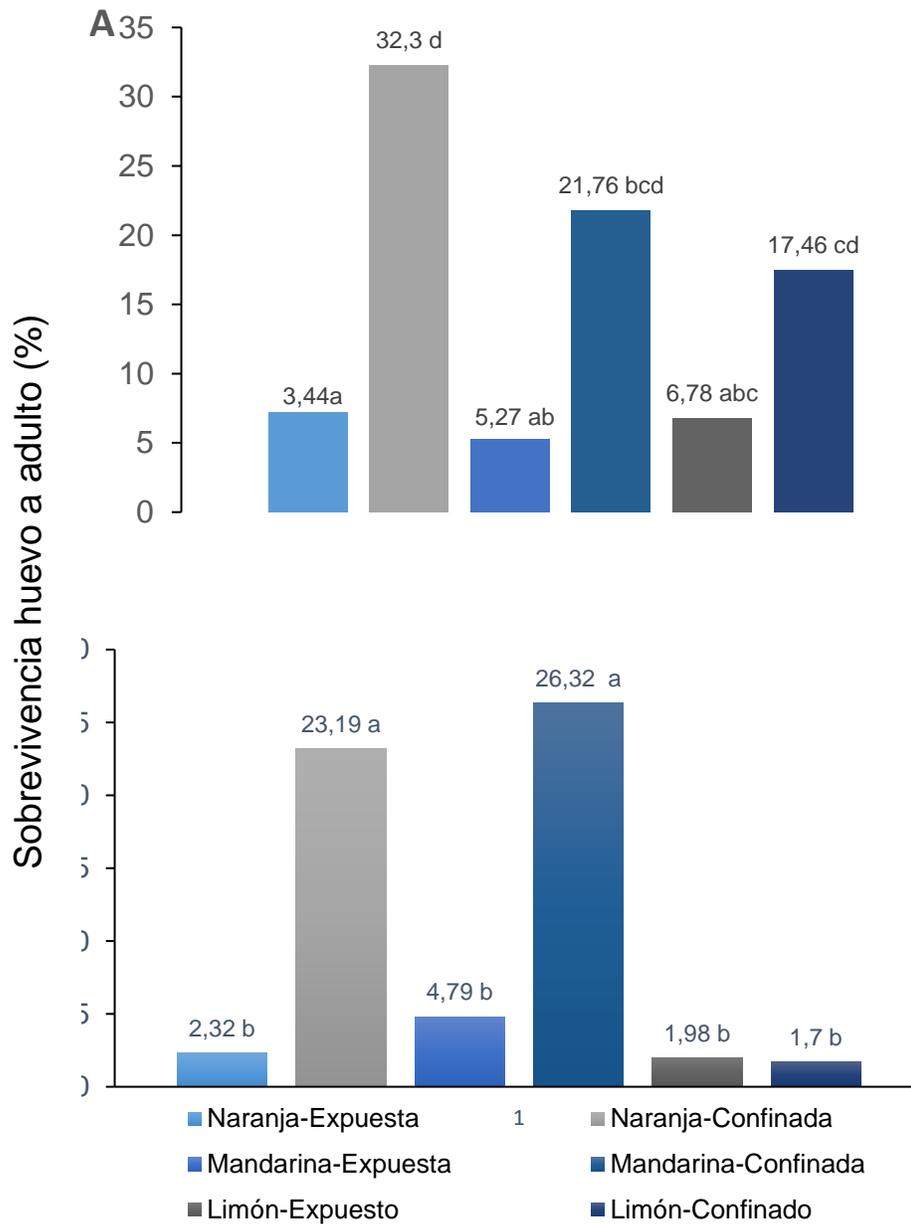
Para la temporada seca, la tasa de sobrevivencia de huevo a adulto tuvo diferencias significativas entre los hospedantes ( $\chi^2 = 21,50$   $df = 5$   $p = 0,006$ ). Por más que el número inicial de huevos por brote fue más elevado en limón ( $29 \pm 3,60$  huevos), que en naranjo ( $19 \pm 8,4$  20) y mandarino ( $18 \pm 4,5$ ) mostrando diferencias significativas ( $F = 5,48$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,005$ ) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), la cantidad inicial de huevos por brote no se correlacionó con la población adulta para ninguno de los cultivares: naranjo ( $F = 3,20$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,08$ ;  $r^2 = 0,09$ ), mandarino ( $F = 2,43$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,129$ ;  $r^2 = 0,07$ ) y limón Pajarito ( $F = 0,18$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,67$ ;  $r^2 = 0,005$ ).

De igual manera, en la temporada húmeda, la sobrevivencia de huevo a adulto de *D. citri* entre los hospedantes presentaron diferencias significativas ( $\chi^2 = 22,79$ ;  $df = 5$ ;  $p = 0,0004$ ). En todos los tratamientos se inició con un número similar de huevos en naranjo, mandarina y limón Pajarito con  $34,33 \pm 7,60$ ,  $28,08 \pm 13,9$  y  $31,77 \pm 8,3$  huevos, respectivamente ( $F = 0,32$ ;  $df = 2$ ;  $p = 0,72$ ) (Figura 16 B).

Bajo las condiciones evaluadas, los brotes de naranjo y mandarina de aproximadamente 2 cm presentaron yemas cerradas, mientras que en limón Pajarito se encontraron yemas más abiertas y en forma de lanza y formando partes acanaladas en la hoja sobre el cual las hembras colocaron los huevos. Para Sétamou & Bartels (2015) la arquitectura y la edad del brote son factores importantes en la sobrevivencia de *D. citri*. Al respecto Cifuentes-Arenas et al. (2018) en naranja 'Valencia', encontraron que la oviposición total y la tasa de sobrevivencia de huevo a adulto fue más alta en brotes de etapas tempranas de desarrollo (V1, V2 y V3), que se caracterizaron por tener hojas con márgenes dobladas hacia adentro, por lo que se infiere que la forma de la hoja sirve de protección para las ninfas pequeñas al ataque de enemigos naturales, a la exposición directa de los rayos del sol o a las gotas de lluvia. Resultados similares han sido obtenidos por Sétamou et al. (2016) quienes hallaron que *Esenbeckia berlandieri* Baill. (Rutaceae) no es un hospedante adecuado para *D. citri*, probablemente porque la arquitectura del brote joven desarrolla hojas individuales abiertas en contraste con las otras especies que desarrollan hojas agrupadas.

De igual manera, otros estudios indican que el hospedante puede afectar la sobrevivencia del vector. Alves et al. (2014) encontraron bajo condiciones 25 °C, 60% RH y un fotoperiodo de 14:10 (luz: oscuridad) una alta sobrevivencia de *D. citri* en naranja 'Valencia' de (*C. x aurantium* var. *sinensis*) con respecto a la variedad 'Ponkan' de *C. reticulata* con tasas de sobrevivencia de 65,9% y 57,46% respectivamente.

**Figura 16:** Supervivencia de huevo a adulto *Diaphorina citri* en naranja, mandarina y limón Pajarito.



**Nota:** Temporada seca (A) y temporada húmeda (B). La supervivencia entre los tratamientos se analizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis seguida de una prueba U de Mann-Whitney. Las medias seguidas de una letra diferente son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ; Corrección de Bonferroni).

Con relación a la interacción copa patrón, Alves et al. (2018) evaluaron la sobrevivencia de *D. citri* en las variedades de naranja 'Hamlin', 'Pera' y 'Valencia', mandarina 'Ponkan' y limón 'siciliano' (*C. x limon* var. *limon*) sobre los patrones 'Rangpur' (*C. x limonia* Osbeck var. *limonia*), Citrumelo Swingle Osbeck [*C. x aurantium* var. *paradisi* x *P. trifoliata*], y mandarina 'sunki' (*C. reticulata* 'Sunki'). Los resultados indicaron que mayores tasas de sobrevivencia se obtuvieron en 'Valencia', 'Pera' y 'Siciliano' y las menores en 'Hamlin', independientemente del patrón utilizado.

No obstante, Pérez-Artiles et al. (2017) bajo condiciones de temperatura de  $27 \pm 1$  °C,  $60 \pm 10$  % HR y fotoperiodo de 14: 10 luz: oscuridad reportaron que la sobrevivencia de huevo a adulto evaluadas directamente sobre Citrumelo Swingle y Rangpur fueron de 70,27% y 58,97%, respectivamente. Estas diferencias siguieron manteniéndose cuando estos hospederos se utilizaron como patrones de las variedades 'Pera', 'Hamlin' y 'Valencia', en el cual la mayor sobrevivencia se presentó en Pera/Rangpur (71,07%) y la menor en 'Hamlin'/Citrumelo Swingle (56,16%).

Además de la morfología del brote y de la interacción copa-patrón, Souza et al. (2012) relacionaron que la sobrevivencia de *D. citri* en diferentes hospederos puede deberse a la calidad nutricional del brote. Los autores reportaron una diferencia de 20% en los niveles de nitrato entre la sabia de la variedad 'Valencia' y 'Hamlin'. Por otro lado, Sétamou et al. (2016) encontraron que la baja sobrevivencia en especies nativas de la familia Rutaceae pudo haber sido provocada por la baja calidad nutricional y la dificultad del insecto para llegar al floema.

## 4. Conclusiones

- Para las condiciones de Zona Bananera (Magdalena) el ciclo de brotación fue diferente para cada hospedante lo cual influyó en la dinámica de las poblaciones de los estados ninfales de *D. citri*.
- Con relación a las variables climáticas, las poblaciones de los insectos adultos de *D. citri* se correlacionaron de manera significativa con la temperatura, la humedad relativa y el viento.
- El tiempo de la duración de huevo a adulto fue semejante para todos los hospedantes y durante las dos temporadas. La duración de huevo a adulto para la temporada seca en naranja, mandarina y limón alcanzaron valores de  $12,02 \pm 5,32$  días a  $14,46 \pm 0,79$  días y en la temporada húmeda, fue de  $14,4 \pm 0,84$ , a  $15,66 \pm 0,57$  días, respectivamente.
- Las mayores tasas de mortalidad se presentaron durante los primeros estados de desarrollo. En la temporada seca, se identificaron como factores de mortalidad, la depredación, el parasitoidismo, la afectación del brote por defoliación por insectos fitófagos y necrosis de las hojas, mientras que en la en la temporada húmeda la precipitación acumulada de 155,2 mm ocasionó una drástica disminución de la población.
- La mayor tasa de sobrevivencia de *D. citri* se presentó en brotes de naranja 'García-Valencia' y mandarina 'Arrayana' y la menor se registró en limón 'Pajarito'.

## 5. Referencias Bibliográficas

- AGRONET. (2019). Estadísticas agropecuarias [Evaluaciones Agropecuarias - EVA]. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=3>
- Alba-Alejandre, I., Alba-Tercedor, J., & Hunter, W. B. (2020). Anatomical study of the female reproductive system and bacteriome of *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera, Liviidae) using micro-computed tomography. *Scientific Reports*, *10*(1).
- Alemán, J., Baños, H., & Ravelo, J. (2007). *Diaphorina citri* y la enfermedad del Huanglongbing: una combinación destructiva para la producción cítrica. *Revista de Protección Vegetal*, *22*(3), 154-165
- Alves, G. R., Beloti, V. H., Faggioni-Floriano, K. M., de Carvalho, S. A., Moral, R. A., Demétrio, C. G. B., Parra, J. R. P., & Yamamoto, P. T. (2018). Does the scion or rootstock of *Citrus* sp. affect the feeding and biology of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) *Arthropod-Plant Interactions*, *12*(1), 77–84.
- Alves, G. R., Diniz, A. J. F., & Parra, J. R. P. (2014). Biology of the Huanglongbing vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) on different host plants. *Journal of Economic Entomology*, *107*(2), 691–696.
- Ammar, E.-D., Ramos, J. E., Hall, D. G., Dawson, W. O., & Shatters, R. G. (2016). Acquisition, replication and inoculation of *Candidatus Liberibacter asiaticus* following various acquisition periods on Huanglongbing-Infected Citrus by nymphs and adults of the asian citrus psyllid. *PLoS ONE*, *11*(7) e0159594.
- Ammar, E. D., Shatters, R. G., Lynch, C., & Hall, D. G. (2011). Detection and relative titer of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in the salivary glands and alimentary canal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) vector of citrus Huanglongbing disease. *Annals of the Entomological Society of America*, *104*(3), 526–53
- Arias-Ortega, P., Restrepo-García, A., & Soto-Giraldo, A. (2016). Primer registro de *Diaphorencyrtus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) en Colombia. *Boletín Científico del Centro de Museos de la Universidad de Caldas*, *20*(1), 157–165.
- Aubert, B. (1987). *Trioza erytrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera:Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. *Fruits*, *42*(3), 149–162).
- Baños, H. L., Miranda, I., & Martínez, M. D. (2013). Biología y tabla de vida de *Tamarixia radiata* Waterston bajo condiciones controladas. *Revista de Protección Vegetal*, *28*(2), 120–126.

- Bassanezi, R. B., Lopes, S. A., de Miranda, M. P., Wulff, N. A., Volpe, H. X. L., & Ayres, A. J. (2020). Overview of citrus Huanglongbing spread and management strategies in Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 45(3), 251–264.
- Bellows, T. S., & Van Driesche, R. G. (1999). Life table construction and analysis for evaluating biological control agents. In: Bellows, T.S., Fisher, T.W. (Eds.), Handbook of biological control; principles and applications of biological control. Academic Press, NY, p. 1046. ISBN 9780122573057.
- Beloti, V. H., Rugno, G. R., Felipe, M. R., Carmo-Uehara, A. Do, Garbim, L. F., Godoy, W. A. C., & Yamamoto, P. T. (2013). Population dynamics of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in orchards of “Valencia” orange, “Ponkan” mandarin and “Murcott” tangor trees. *Florida Entomologist*, 96(1), 173–179.
- Boina, D. R., & Bloomquist, J. R. (2015). Chemical control of the Asian citrus psyllid and of Huanglongbing disease in citrus. *Pest Management Science*, 71(6), 808–823.
- Bonani, J. P., Fereres, A., Garzo, E., Miranda, M. P., Apezato-Da-Gloria, B., & Lopes, J. R. S. (2010). Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in sweet orange seedlings. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 134(1), 35–49.
- Botero, V., Ochoa, A., Gastón-Zamora, J., Ortiz-Reyes, A., Fuel-Tobar, S., Moná-Florez, E., Mejía, L., Guarín, J., Orduz-Rodríguez, J., Chaparro-Zambrano, H., Arévalo, E., & Peñaranda, E. (2014). 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. <https://doi.org/10.13140/2.1.5056.6087>
- Bové, J. M. (2006). Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, 88(1), 7–37.
- Bové, J. M. (2012). Huanglongbing and the future of Citrus in São Paulo state, Brasil. *Journal of Plant Pathology*, 94(3), 465–467.
- Boykin, L. M., De Barro, P., Hall, D. G., Hunter, W. B., McKenzie, C. L., Powell, C. A., & Shatters, R. G. (2012). Overview of worldwide diversity of *Diaphorina citri* Kuwayama mitochondrial cytochrome oxidase 1 haplotypes: two Old World lineages and a New World invasion. *Bulletin of Entomological Research*, 102(5), 573–582.
- Brochero, C., Guzmán, L., Herrera, V., Parra-Fuentes, M., & Perez-Artiles, L. (2021). Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) y *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781) (Coleoptera: Coccinellidae) en cítricos.

- (Socolen) Sociedad Colombiana de Entomología. *Resúmenes XLVIII Sociedad Colombiana de Entomología*. p. 87.
- Canale, M. C., Komada, K. M. A., & Lopes, J. R. S. (2020). Latency and incubation of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' in citrus after vector inoculation. *Tropical Plant Pathology*, 45(3), 320–326.
- Canale, M. C., Tomaseto, A. F., Haddad, M. de L., Della Coletta-Filho, H., & Lopes, J. R. S. (2017). Latency and persistence of 'Candidatus Liberibacter asiaticus' in its psyllid vector, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Phytopathology*, 107(3), 264–272.
- Capoor, S. P., Rao, D. G., & Viswanath, S. M. (1974). Greening disease of Citrus in the deccan trap country and its relationship with the vector, *Diaphorina citri* Kuwayama. *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*, 6(6).
- Carmo-Sousa, M., Cortés, M. T. B., & Lopes, J. R. S. (2020). Understanding psyllid transmission of *Candidatus Liberibacter* as a basis for managing Huanglongbing. *Tropical Plant Pathology*, 45(6), 572–585.
- Carvalho, E. V., Cifuentes-Arenas, J. C., Raiol-Junior, L. L., Stuchi, E. S., Girardi, E. A., & Lopes, S. A. (2021). Modeling seasonal flushing and shoot growth on different citrus scion-rootstock combinations. *Scientia Horticulturae*, 288(2021), 1-11
- Chavez, Y., Castro, C., González, G. F., Castro, J., Peñarrieta, S., Perez-Almeida, I., Chirinos, D. T., & Kondo, T. (2019). Population fluctuation of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) and survey of some natural enemies in Ecuador. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(3), 449–453.
- Chen, X. D., Gill, T. A., Pelz-Stelinski, K. S., & Stelinski, L. L. (2017). Risk assessment of various insecticides used for management of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Florida citrus, against honey bee, *Apis mellifera*. *Ecotoxicology*, 26(3), 351–359.
- Chirinos, D. T., Cuadros, I. M., Velez, J., Castro, R., Sornoza, G., & Kondo, T. (2021). Predicting the establishment of *Diaphorina citri* and *Tamarixia radiata* on *Citrus x aurantiifolia* orchards based on the plant–psyllid–parasitoid interaction on *Murraya paniculata*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1–9.
- Cifuentes-Arenas, J. C., de Goes, A., de Miranda, M. P., Beattie, G. A. C., & Lopes, S. A. (2018). Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. *PLoS ONE*, 13(1), e0190563.
- Coletta-Filho, H. D., Daugherty, M. P., Ferreira, C., & Lopes, J. R. S. (2014). Temporal Progression of "Candidatus Liberibacter asiaticus" infection in *Citrus* and acquisition efficiency by *Diaphorina citri*. *Phytopathology*, 104(4), 416–421.

- Costa-Lima, A. (1942). Homopteros. Insetos do Brazil. Escola Nacional de Agronomia, Rio de Janeiro.
- Curk, F., Ollitrault, F., Garcia-Lor, A., Luro, F., Navarro, L., & Ollitrault, P. (2016). Phylogenetic origin of limes and lemons revealed by cytoplasmic and nuclear markers. *Annals of Botany*, 117(4), 565–583.
- da Costa, G. V., Neves, C. S. V. J., Bassanezi, R. B., Junior, R. P. L., & Telles, T. S. (2021). Economic impact of Huanglongbing on orange production. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43(3), 1.
- Dala-Paula, B.M., Smita R., Manthey, J.A., Baldwin, E.A., Bai, J., Zhao, M.W., Glória B.A, & Plotto, A. (2018). Active taste compounds in juice from oranges symptomatic for Huanglongbing (HLB) citrus greening disease, 91(2018) 518-525.
- Devia, E. H. V., Flórez, C. M., Pérez, L., & Barrios, C. J. (2020). Comparación de técnicas de muestreo para *Diaphorina citri* Kuwayama en cultivos de cítricos del Tolima, Colombia. *Revista de Protección Vegetal*, 35(3), 1–11.
- Díaz, R. B., & Carabalí, A. (2018). Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera : Psyllidae) en relación con los flujos fenológicos de naranja Valencia. Presentado en la sesión de posters del 45 Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22167>
- Do Carmo Teixeira, D., Saillard, C., Eveillard, S., Danet, J. L., da Costa, P. I., Ayres, A. J., & Bové, J. (2005). “*Candidatus Liberibacter americanus*”, associated with citrus Huanglongbing (greening disease) in São Paulo State, Brazil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55(5), 1857–1862.
- Ebratt-Ravelo, E. E., Rubio-González, L. T., Costa, V. A., Castro- Ávila, Á. P., Zambrano-Gómez, E. M., & Ángel-Díaz, J. E. (2011). *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1907) and *Tamarixia radiata* (Waterson, 1922) in citrus crops of Cundinamarca, Colombia. *Agronomia Colombiana*, 29(3), 487–493.
- El-Shesheny, I., Hijaz, F., El-Hawary, I., Mesbah, I., & Killiny, N. (2016). Impact of different temperatures on survival and energy metabolism in the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. *Comparative Biochemistry and Physiology -Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 192, 28–37.
- Elkinton, J. ., Buonaccorsi, J. ., Bellows, J., & Van Driesche, R. (1992). Marginal attack rate, k-values and density dependense in the analysis of contemporaneous mortality factors. *Researches on Population Ecology*, 34, 29-44.
- EPPO. (2022). *Diaphorina citri* (DIAACI)[Distribución mundial]] Base de datos mundial de la EPPO. <https://gd.eppo.int/taxon/DIAACI/distribution>

- FAO STAT. (2020). Crops and livestock products. [Food and agriculture data]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Fernandez, M., Miranda, I., & Díaz, M. H. (2007). Competencia de *Diaphorina citri* Kuwayama y *Phyllocnistes citrella* Stainton en el agroecosistema cítrico en la Isla de la Juventud, Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 22, 18–24.
- Fonseca, O., Valera, N., & Vásquez, C. (2007). Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) entre hospederos en el estado Lara, Venezuela. *Entomotropica*, 22(3), 145–152.
- García-Garduza, D., Sánchez-Soto, S., Romero-Nápoles, J., & Pérez-Flores, J. (2013). Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en limón Persa (*Citrus latifolia*), en Huimanguillo, Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 39(2), 201–204.
- García-Marí, F. (2015). Los psílidos vectores del HLB *Trioza erytreae* y *Diaphorina citri*. *Phytoma España: La Revista Profesional de Sanidad Vegetal*, 270, 26.
- García-Méndez, V. H., Ortega-Arenas, L. D., Villanueva-Jiménez, J. A., & Osorio-Acosta, F. (2019). Resistance of *Diaphorina citri* Kuwayama to insecticides in five regional control areas in Mexico. *Southwestern Entomologist*, 44(4), 947–954.
- García, Y., Ramos, Y. P., Sotelo, P. A., & Kondo, T. (2016). Biology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) under glass house conditions in Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(1), 36–42.
- Gaut, B. S., Díez, C. M., & Morrell, P. L. (2015). Genomics and the contrasting dynamics of annual and perennial domestication. *Trends in Genetics*, 31(12), 709–719.
- Gómez-Correa, J. C., Robledo-Buriticá, J., Parra-Fuentes, M., Brochero-Bustamante, C. E., Guzmán-Sánchez, L. F. & Pérez-Artiles, L. (2021). Caracterización del sistema productivo de cítricos, con énfasis en la enfermedad Huanglongbing, en Ponedera, Atlántico. *Temas Agrarios*, 26(2), 170–181.
- Gomez-Marco, F., Gebiola, M., Baker, B. G., Stouthamer, R., & Simmons, G. S. (2019). Impact of the temperature on the phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and on the establishment of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in urban areas in the Lower Colorado Desert in Arizona. *Environmental Entomology*, 48(3), 514–523.
- Gomez-Torres, M. L., Nava, D. E., & Parra, J. R. P. (2012). Life table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at different temperatures. *Journal of Economic Entomology*, 105(2), 338–343.

- González, C., Hernández, D., Cabrera, R. I., & Tapia, J. R. (2005). *Diaphorina citri* Kuw., inventario y comportamiento de los enemigos naturales en la citricultura cubana. FAO. <https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000393.pdf>
- Grafton-Cardwell, E. E., Stelinski, L. L., & Stansly, P. A. (2013). Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. *Annual Review of Entomology*, 58, 413–432.
- Guzman, D., Ruiz, J., & Cardena, M. (2014). Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través análisis de componentes principales (ACP). IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21141/Regionalizacion+de+la+Precipitacion+Media+Mensual/1239c8b3-299d-4099-bf52-55a414557119>
- Halbert, S., & Manjunath, K. (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. (2009). An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Journal of Economic Entomology*, 102(1), 446–452.
- Hall, D. G., Richardson, M. L., Ammar, E. D., & Halbert, S. E. (2012). Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus Huanglongbing disease. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 146(2), 207–223.
- Hall, D., & Hentz, M. (2011). Seasonal flight activity by the Asian citrus psyllid in east central Florida. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 139(1), 75–85
- Hall, D., Hentz, M., & Adair, R. (2008). Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Two Florida Citrus Groves. *Environmental Entomology*, 37(4), 914–924.
- Hernández-Landa, L., Lopez-Collado, J., González-Hernández, H., Vargas-Mendoza, M., Osorio-Acosta, F., & Nava-Tablada, M. E. (2018). Fluctuation and synchronization of adults catches of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in urban backyards and commercial citrus plantations. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(3), 745–753.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2014). Boletín epidemiológico. Vigilancia del Hunglongbing (HLB) de los cítricos *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en Colombia. [https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologiaagricola/huanglongbing/bol\\_hlb\\_2012\\_2014.aspx](https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologiaagricola/huanglongbing/bol_hlb_2012_2014.aspx)

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015). Por medio de la cual se declara el estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de adultos de *Diaphorina citri*. Resolución 2390. <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/res-2390-de-2015.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2016) a. "Por medio de la cual se declara encuarentena fitosanitaria el departamento de La Guajira, por la presencia de la plaga denominada Huanglongbing (HLB) de los cítricos. Resolución 4713. <https://www.ica.gov.co/getattachment/3774bbb3-46a3-41a7-af14-3863c470ba8d/2016R4713.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2016) b. "Por medio de la cual se declara en cuarentena fitosanitaria el Departamento de Atlántico, por la presencia de la plaga denominada Huanglongbing (HLB) de los cítricos. Resolución 10508. <https://www.ica.gov.co/getattachment/7b0cf8e8-c92a-480f-8c8a-af6417107bec/2016R10508.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2016) c. "Por medio de la cual se declara en cuarentena fitosanitaria el departamento del Magdalena, por la presencia de la plaga denominada Huanglongbing (HLB) de los cítricos. Resolución 19703. <https://www.ica.gov.co/getattachment/1fc021bc-a8cf-4f57-950a-c4b47c5a8924/2016R19703.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2017). "Por medio de la cual se declara el estado de emergencia en el territorio nacional por la presencia de la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB de los cítricos" . Resolución 7109. <https://www.ica.gov.co/getattachment/13aec80-7a8a-4e9f-b209-4b11d0fcc1b/2017R7109.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2018). "Por medio de la cual se modifica el artículo 1 de la Resolución 7109 de 2017". Resolución 26415. <https://www.ica.gov.co/getattachment/7e317a35-9567-4896-8453-1ef3f48fb7fc/2018R26415.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2019) a. "Por medio del cual se declaran la enfermedad del Huanglongbing (HLB) de los cítricos y su vector *Diaphorina citri* Kuwayama como plagas de control oficial y se establecen las medidas fitosanitarias para su manejo y control". <https://www.ica.gov.co/getattachment/877b5bbb-0f20-4253-9f7d-7b20f03e2629/2019R01668.aspx>

- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2019) b. Con vigilancia en 26 departamentos y 440 municipios del país, el ICA trabaja para contener el HLB. <https://www.ica.gov.co/noticias/avances-ica-prevencion-erradicacion-hlb>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020). Alertas tempranas fitosanitarias. Cambiante oferta climática favorece problemas como Fusarium R4T y el HLB de los cítricos. <https://www.ica.gov.co/getattachment/ICAComunica/alertasfito/ALERTA-CLIMATICA-FUSARIUM-RT4-Y-HLB-ICA-2020.pdf.aspx?lang=es-CO>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2021). “El ICA atiende alerta por reportes de HLB de los cítricos en árboles de traspatio en el Urabá antioqueño. <https://www.ica.gov.co/noticias/ica-atiende-alerta-hlb-citricos-uraba>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2014). Atlas Interactivo Climatológico IDEAM. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html#>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). Comunicado especial n°156 finalización temporada de huracanes 2020. <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/documents/78690/112425654/COMUNICADO+ESPECIAL+N°156+FINALIZACION+TEMPORADA+DE+HURACANES+2020.pdf/d031692a-19e2-4733-bec5-b9f23170bfc2?version=1.0>
- Johnston, N., Stansly, P. A., & Stelinski, L. L. (2019). Secondary hosts of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama: Survivorship and preference. *Journal of Applied Entomology*, 143(9), 921–928.
- Jorge, S.J., Rueda-Ramírez, D. & de Moraes, G. J. (2021). Predation capacity of phytoseiid mites (Mesostigmata: Phytoseiidae) from Brazil on eggs of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Phytoparasitica* 49, 603–611. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00898-9>
- Kalita, B., Roy, A., Annamalai, A., & PTV, L. (2021). A molecular perspective on the taxonomy and journey of *Citrus* domestication. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 53(2021), 125644.
- Kanga, H. B., Eason, J., Haseeb, M., Qureshi, J. & Stansly, P. (2016) Monitoring for insecticide resistance in asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida, *Journal of Economic Entomology*, 109 (2) 832–836.
- Keremane, M., Ramadugu, C., Castaneda, A., Diaz, J., Peñaranda, E., Chen, J., Duan, Y., Halbert, S., & Lee, R. (2015). Informe de *Candidatus Liberibacter caribbeanus*, un nuevo *Liberibacter* asociado a cítricos y psílidos de Colombia, Sudamérica.

[https://www.apsnet.org/meetings/Documents/2015\\_meeting\\_abstracts/aps2015abO253.htm](https://www.apsnet.org/meetings/Documents/2015_meeting_abstracts/aps2015abO253.htm)

- Khan, S. Z., Arif, M. J., Hoddle, C. D., & Hoddle, M. S. (2014). Phenology of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) and associated parasitoids on two species of Citrus, kinnow mandarin and sweet orange, in Punjab Pakistan. *Environmental Entomology*, 43(5), 1145–1156.
- Killiny, N. (2022). Made for Each Other: Vector–Pathogen Interfaces in the Huanglongbing Pathosystem. *Phytopathology*, 112(1), 26–43.
- Killiny, N., Hijaz, F., Ebert, T. A., & Rogers, M. E. (2017). A plant bacterial pathogen manipulates its insect vector’s energy metabolism. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(5).
- King, W., Gomez, C., Ebratt, E., Ramos, A., Burckhardt, D., Moreno, H., & Castañeda, A. (2008). Detección de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) asociado a cítricos en Colombia (Sociedad Colombiana de Entomología p. 281). Congreso XXXV Sociedad Colombiana de Entomología.
- Kistner, E., Amrich, R., Castillo, M., Strode, V., & Hoddle, M. S. (2016). Phenology of asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae), with special reference to biological control by *Tamarixia radiata* in the residential landscape of southern California. *Journal of Economic Entomology*, 109(3), 1047–1057.
- Kistner, E. J., Lewis, M., Carpenter, E., Melhem, N., Hoddle, C., Strode, V., Oliva, J., Castillo, M., & Hoddle, M. S. (2017). Digital video surveillance of natural enemy activity on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) colonies infesting citrus in the southern California urban landscape. *Biological Control*, 115, 141–151.
- Kistner, E. J., Melhem, N., Carpenter, E., Castillo, M., & Hoddle, M. S. (2016). Abiotic and biotic mortality factors affecting Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) demographics in Southern California. *Annals of the Entomological Society of America*, 109(6), 860–871.
- Kondo, T., González F., G., Guzmán Sarmiento, Y.C. (2017). Capítulo I. Enemigos naturales de *Diaphorina citri*. Pp. 23–32. En: Kondo, T. (Ed.). Protocolo de cría y liberación de *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae). Mosquera (Colombia): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). 128 pp. ISBN Print: 978-958-740-240-7; ISBN (e): 978-958-740-241-4.
- Kondo, T., Arcila, A. M., Colorado, L. I., Campos-Patiño, Y., Sotelo-Cardona, P. (2018). *Wasmannia auropunctata* (Roger) (Hymenoptera: Formicidae), a small but voracious

- predator of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 34(1), 1–5.
- Kondo, T., González, G., Tauber, C., Guzmán-Sarmiento, Y. C., Vinasco-Mondragon, A. F., & Forero, D. (2015a). A checklist of natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia and the world. *Insecta Mundi*, 457, 1–14.
- Kondo, T., Palacino Rodríguez, F., Peña Cuellar, R.D. (2015b). Report of *Erpetogomphus sabaleticus* Williamson, 1918 (Odonata: Gomphidae) feeding on *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 16(1): 17–26.
- Kondo, T., Quintero, E.M., Campuzano, M., Wyckhuys, K.A.G., Heraty, J. (2012). First report of *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 13(1), 48–51.
- Kondo, T., Woolley, J.B., Arciniegas, K.T., & Campos-Patiño, Y. (2022). First report from Colombia and diagnosis of the wasp *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shafee, Alam and Agarwal) (Insecta: Hymenoptera: Encyrtidae), a parasitoid of Asian citrus psyllid. *Caldasia*, 44(3). Doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n3.95918>
- Lee, J. A., Halbert, S. E., Dawson, W. O., Robertson, C. J., Keesling, J. E., & Singer, B. H. (2015). Asymptomatic spread of Huanglongbing and implications for disease control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(24), 7605–7610.
- León, G., Kondo, T. (2017). Insectos y ácaros de los cítricos; Compendio ilustrado de especies dañinas y benéficas, con técnicas para el manejo integrado de plagas. Mosquera (Colombia): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). 182 pp. ISBN Print: 978-958-740-245-2.
- Lewis-Rosenblum, H., Martini, X., Tiwari, S., & Stelinski, L. L. (2015). Seasonal movement patterns and long-range dispersal of Asian citrus psyllid in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology*, 108(1), 3–10.
- Li, S., Wu, F., Duan, Y., Singerman, A., & Guan, Z. (2020). Citrus greening: Management strategies and their economic impact. *HortScience*, 55(5), 604–612.
- Liu, Y., Heying, E., & Tanumihardjo, S. A. (2012). History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(6), 530–545.

- Liu, Y., & Tsai, J. (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.
- Lopez-García, A., Ibañez, V., Pérez-Roman, E., Terol, J., & Talón, M. (2017). Citricultura: origen de las variedades cultivadas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Lozano-Contreras, M. G., & Jasso, J. A. (2012). Original. Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina Citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad*, 16(1), 5–11.
- Martini, X., Addison, T., Fleming, B., Jackson, I., Pelz-Stelinski, K., & Stelinski, L. L. (2013). Occurrence of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in an unexpected ecosystem: The Lake Kissimmee State Park Forest, Florida. *Florida Entomologist*, 96(2), 658–660.
- Martini, X., Pelz-Stelinski, K. S., & Stelinski, L. L. (2016). Factors affecting the overwintering abundance of the Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Liviidae) in Florida *Citrus* (Sapindales: Rutaceae) Orchards. *Florida Entomologist*, 99(2), 178–186.
- Martini, X., Rivera, M., Hoyte, A., Sétamou, M., & Stelinski, L. (2018). Effects of wind, temperature, and barometric pressure on Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Liviidae) flight behavior. *Journal of Economic Entomology*, 111(6), 2570–2577.
- McCollum, G., & Baldwin, E. (2016). Huanglongbing: devastating disease of *Citrus*. *Horticultural Reviews*, 44, 315–361.
- Mead, F. W., & Fasulo, T. R. (2010). Asian Citrus Psyllid , *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta : Hemiptera : Psyllidae) 1. *Sciences-New York*, 1–8.
- Mendoza-Peña, E., Cibrián-Tovar, J., Velázquez-González, J., Tafoya-Rangel, F., & Azuara-Domínguez, A. (2018). volatile compounds of persian and mexican lime associated with HLB (Huanglongbing) symptoms. *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), 19–24.
- Michaud, J. P. (2004). Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control*, 29(2), 260–269.
- Milosavljević, I., McCalla, K. A., Morgan, D. J. W., Hoddle, M. S., & Bextine, B. (2020). The Effects of Constant and Fluctuating Temperatures on Development of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), the Asian Citrus Psyllid. *Journal of Economic Entomology*, 113(2), 633–645.
- Milosavljević, I., Morgan, D. J. W., Massie, R. E., & Hoddle, M. S. (2021). Density dependent mortality, climate, and Argentine ants affect population dynamics of an invasive citrus

pest, *Diaphorina citri*, and its specialist parasitoid, *Tamarixia radiata*, in Southern California, USA. *Biological Control*, 159, 104627.

- (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2021). Cadena de cítricos. indicadores e instrumentos para el segundo trimestre del 2021 [Diapositiva de PowerPoint]. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Citricos/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Monzo, C., Qureshi, J. A., & Stansly, P. A. (2014). Insecticide sprays, natural enemy assemblages and predation on Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Bulletin of Entomological Research*, 104(5), 576–585.
- Monzó, C., Urbaneja, A., & Tena, A. (2015). Los psílidos *Diaphorina citri* y *Trioza erytreae* como vectores de la enfermedad de cítricos Huanglongbing ( HLB ): reciente detección de *T. erytreae* en la Península Ibérica. *Boletín SEEA*, 2011, 29–37.
- Mora-Aguilera, G., Robles-García, P., López-Arroyo, J. I., Flores-Sánchez, J., Acevedo-Sánchez, G., Domínguez-Monge, S., Gutiérrez-Espinosa, A., Loeza-Kuk, E., & González-Gómez, R. (2014). Situación Actual y Perspectivas del Manejo del HLB de los Cítricos. *Revista mexicana de fitopatología*, 32(2), 108-119.
- Nakata, T. (2006). Temperature-dependent development of the citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psylloidea), and the predicted limit of its spread based on overwintering in the nymphal stage in temperate regions of Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 41(3), 383–387.
- Nava, D. E., Gomez-Torres, M. L., Rodrigues, M. D., Bento, J. M., Haddad, M. L., & Parra, J. R. (2010). The effects of host, geographic origin, and gender on the thermal requirements of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental Entomology*, 39(2), 678–684.
- Nava, D., Torres, M., Rodrigues, M., Bento, J., & Parra, J. (2007). Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 131(9–10), 709–715.
- Navarrete, B., McAuslane, H., Deyrup, M., & Peña, J. E. (2013). Ants (Hymenoptera: Formicidae) associated with *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and their role in its biological control. *Florida Entomologist*, 96(2), 590–597.
- Orduz, J., Monroy, H., & Fischer, G. (2010). Comportamiento fenológico de la mandarina Arrayana en el piedemonte del Meta, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 28(1), 63–70.
- Ortega-Arenas, L. D., A. Villegas-Monter, A. J. Ramírez-Reyes, E. E. Mendoza-García. 2013. Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en

- plantaciones de cítricos en Cazones, Veracruz, México. *Act. Zool. Mex. (n.s.)* 29: 317–333.
- Ouvrard, D. (2022). Psyllist - The World Psylloidea Database. <http://www.hemiptera-databases.org/psyllist/>
- Paiva, P. E. B., & Yamamoto, P. T. (2019). Survival analyses of *Diaphorina citri* immatures on young citrus orchard in São Paulo, Brazil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 86, 1–7.
- Paiva, P., & Parra, J. (2012). Life table analysis of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) infesting sweet orange (*Citrus sinensis*) in São Paulo. *Florida Entomologist*, 95(2), 278–284.
- Patt, J. M., & Sétamou, M. (2010). Responses of the asian citrus psyllid to volatiles emitted by the flushing shoots of its rutaceous host plants. *Environmental Entomology*, 39(2), 618–624.
- Pelz-Stelinski, K. S., Brlansky, R. H., Ebert, T. A., & Rogers, M. E. (2010). Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology*, 103(5), 1531–1541.
- Pelz-Stelinski, K. S., & Killiny, N. (2016). Better Together: Association with “*Candidatus Liberibacter Asiaticus*” Increases the Reproductive Fitness of Its Insect Vector, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 109(3), 371–376.
- Peña, J. E., Duncan, R., & Jacas, J. (2008). Dynamics of mortality factors of the citrus psyllid in South Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 121, 113–117.
- Pérez-Artiles, L., Busoli, A. C., Sotelo, P. A., & Arcila, A. M. (2017). Biology and reproductive parameters of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in different Rutaceae hosts. *Revista Colombiana de Entomología*, 43(2), 141–150.
- Pérez-Artiles, L., González, C., Hernández, D., Fernández, M., & Rodríguez, J. L. (2011). Ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuw. ( Hemiptera : Psyllidae ) en *Citrus aurantifolia* L . y *Murraya paniculata* (L.) Jack en condiciones de laboratorio. *Citrifrut, Cuba*, 28(2), 12–18.
- Pluke, R., Escribano, A., Michaud, J. ., & Stansly, P. A. (2005). Potential Impact of Lady Beetles on *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Puerto Rico. *Florida Entomologist*, 88(2), 123–128.
- Qureshi, J. A., Rogers, M. E., Hall, D. G., & Stansly, P. A. (2009). Incidence of Invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and Its Introduced Parasitoid *Tamarixia*

- radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida Citrus. *Journal of Economic Entomology*, 102(1), 247–256.
- Qureshi, J. A., & Stansly, P. A. (2009). Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. *Biological Control*, 50(2), 129–136.
- Rabinovich, J. (1980). Introducción a la ecología de poblaciones animales. (pp. 104–123). Compañía Editorial Continental S.A.
- Ramírez-Sánchez, A. K., Ortega-Arenas, L. D., Velázquez-Monreal, J. J., & Valdez-Carrasco, J. M. (2016). Supervivencia y reproducción de *Diaphorina citri* en plantas de naranja y lima mexicana sanas e infectadas con *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Southwestern Entomologist*, 41(3), 801-812,
- Restrepo-García, A. M., Arias-Ortega, P. L., & Soto-Giraldo, A. (2016). Primer reporte de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en el departamento de Caldas, Colombia. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 20(1), 204–210.
- Robles-González, M. M., Orozco-santos, M., Manzanilla-ramírez, M. Á., & Velázquez-monreal, J. J. (2017). Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima , México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(5), 1101–1111
- Rodríguez, R., & Vargas, S. (2008). Capítulo 7. Dinámica de poblaciones. Pp. 99-105. En: Ripa S., Renato & Larral D., Pilar (eds.). Manejo de plagas en paltos y cítricos. Quillota, Chile: Versión Producciones Graficas Ltda. Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 23. 387 pp.
- SAS-INSTITUTE, 2013. SAS® 9.4 Statements: Reference. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Santos, O. F., Guerrero, M. R., & Palacino, J. H. (2020). Bases para el manejo integrado de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): Vector del HLB de los cítricos. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). p. 21. ISBN 978-958-523-914-2
- SENASICA (2018) Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Manual operativo de la campaña contra el Huanglongbing de los cítricos. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/302344/Estrategia\\_HLB\\_2018\\_ver15Feb018\\_ConAnexos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/302344/Estrategia_HLB_2018_ver15Feb018_ConAnexos.pdf)
- Sétamou, M., & Bartels, D. W. (2015). Living on the edges: Spatial niche occupation of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* kuwayama (Hemiptera: Liviidae), in citrus groves. *PLoS ONE*, 10(7).
- Sétamou, M., da Graça, J. V., & Sandoval, J. L. (2016). Suitability of native North American Rutaceae to serve as host plants for the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). *Journal of Applied Entomology*, 140(9), 645–654.

- Sétamou, M., Flores, D., French, J. V., & Hall, D. G. (2008). Dispersion patterns and sampling plans for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Journal of Economic Entomology*, *101*(4), 1478–1487.
- Sétamou, M., Saldaña, R. R., Hearn, J. M., Dale, J., Feria-Arroyo, T. P., & Czokajlo, D. (2019). Screening sticky cards as a simple method for improving efficiency of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) monitoring and reducing nontarget organisms. *Journal of Economic Entomology*, *112*(3), 1167–1174.
- Shrestha, B., Martini, X., & Stelinski, L. L. (2021). Population fluctuations of *Diaphorina citri* and its natural enemies in response to various management practices in Florida. *Florida Entomologist*, *104*(3), 178–185.
- Southwood, T. R. E. (1978). The construction, description and analysis of Age-specific life-tables. In: *Ecological Methods*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-015-7291-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-015-7291-0_10)
- Souza, T. R., Bôas, R. L. V., Quaggio, J. A., & Salomão, L. C. (2012). Nutrientes na seiva de plantas cítricas fertirrigadas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *34*(2), 482–492.
- Sule, H., Muhamad, R., Omar, D., & Hee, A. (2012). Life table and demographic parameters of asian citrus psyllid *Diaphorina citri* on limau madu *Citrus suhuiensis*. *Journal of Entomology*, *9*(3), 146–154.
- Teixeira, D. C., Saillard, C., Couture, C., Martins, E. C., Wulff, N. A., Eveillard-Jagoueix, S., Yamamoto, P. T., Ayres, A. J., & Bové, J. M. (2008). Distribution and quantification of *Candidatus Liberibacter americanus*, agent of huanglongbing disease of citrus in São Paulo State, Brasil, in leaves of an affected sweet orange tree as determined by PCR. *Molecular and Cellular Probes*, *22*(3), 139–150.
- Thomas, D. B., & León, J. H. D. (2011). Is the old world fig, *Ficus carica* L. (Moraceae), an alternative host for the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Homoptera: Psyllidae). *Florida Entomologist*, *94*(4), 1081–1083.
- Tsai, J., & Lui, Y. H. (2000). Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology*, *93*(6), 1721–1725.
- United States Department of Agriculture (USDA/FAS). (2019). Citrus: World Markets and Trade. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service, February, 1–13. <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/w66343603/1j92gk610/tx31qw072/Citrus.pdf>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2020). Florida Citrus Statistics 2019-2020. [https://www.nass.usda.gov/Statistics\\_by\\_State/Florida/Publications/Citrus/Citrus\\_Statistics/2019-20/fcs1920b.pdf](https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/Florida/Publications/Citrus/Citrus_Statistics/2019-20/fcs1920b.pdf)

- Vankosky, M. A., & Hoddle, M. S. (2019). Two parasitoids of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) have shared, stage-specific preference for host nymphs that does not impact pest mortality rates. *Source: The Florida Entomologist*, 102(1), 49–58.
- Varón-Devia, E. H., Vargas-Berdugo, Á. M., Rodríguez-Polanco, E., Pérez-Artiles, L., Guarín-Molina, J. H., Kondo-Rodríguez, D. T., Flórez-Cárdenas, C. M., Bermeo Fúquene, P. A., & Rico Sierra, E. M. (2020). Métodos de detección de HLB y de monitoreo y control biológico del vector *Diaphorina citri* en cultivos de cítricos en el Tolima. Espinal (Tolima): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). Ibagué (Tolima): Asociación de Productores de Limón del Valle del Magdalena. Gobernación del Tolima. Universidad del Tolima. 106 pp. ISBN 978-958-740-356-5.  
<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/122/103/958-1>
- Wang, N. (2020). A perspective of citrus Huanglongbing in the context of the Mediterranean Basin. *Journal of Plant Pathology*, 102(3), 635–640.
- Wang, Y., Kondo, T., He, Y., Zhou, Z., & Lu, J. (2020). Genome sequence resource of Candidatus *Liberibacter asiaticus* from *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in Colombia. *Plant Disease*, (ja).
- Wang, Y., Lu, J., Beattie, G. A. C., Islam, M. R., Om, N., Dao, H. T., Van Nguyen, L., Zaka, S. M., Guo, J., Tian, M., Deng, X., Tan, S., Holford, P., He, Y., & Cen, Y. (2018). Phylogeography of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and its primary endosymbiont, ‘*Candidatus* *Carsonella ruddii*’: an evolutionary approach to host–endosymbiont interaction. *Pest Management Science*, 74(9), 2185–2194.
- Way M. J. (1963). Mutualism between ants and honeydew producing homoptera. *Annual Review of Entomology*, 8, 307–344.
- Weninger, E. J., & Hall, D. G. (2008). Importance of multiple mating to female reproductive output in *Diaphorina citri*. *Physiological Entomology*, 33(4), 316–321.
- Wu, G. A., Terol, J., Ibanez, V., López-García, A., Pérez-Román, E., Borredá, C., Domingo, C., Tadeo, F. R., Carbonell-Caballero, J., Alonso, R., Curk, F., Du, D., Ollitrault, P., Roose, M. L., Dopazo, J., Gmitter, F. G., Rokhsar, D. S., & Talon, M. (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature*, 554(7692), 311–316.
- Yacomelo-Hernandez, M. J., Arias-Bonilla, H. A., & Martínez, M. F. (2020). Manual técnico para la producción de cítricos en la región de la Depresión Momposina. Agrosavia. Mosquera (Colombia): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). 128 pp. ISBN 978-958-740-334-3.  
<https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403336>

- Yang, Y., Huang, M., Andrew, G., Beattie, C., Xia, Y., Ouyang, G., & Xiong, J. (2006). Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for China. *International Journal of Pest Management*, 52(4), 343–352.
- Yzquierdo-Alvarez, M., Alberto Rincón-Ramírez, J., Loeza-Kuk, E., Francisco López-Olguín, J., Aceves-Navarro, L. A., Fredy Ortiz-García, C., & Rosales, M. C. (2021). Fluctuación espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en limón Persa (*Citrus latifolia*) en la zona citrícola de Huimanguillo, Tabasco. *Acta Zoológica Mexicana*, 37, 1–14.