AGROSAVIA
EDITORIAL

Avances en el conocimiento y recomendaciones para el manejo integrado de la enfermedad Huanglongbing (**HLB**) en los cultivos de cítricos en Colombia



AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

ICA
Instituto Colombiano Agropecuario

Avances en el conocimiento y recomendaciones para el manejo integrado de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en los cultivos de cítricos en Colombia

Avances en el conocimiento y recomendaciones para el manejo integrado de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en los cultivos de cítricos en Colombia

Takumasa Kondo

Nubia Murcia-Riaño

Lumey Pérez-Artiles

Mauricio Fernando Martínez

Liliana Ríos-Rojas

Madeleyne Parra-Fuentes

Juan Humberto Guarín

Arturo Carabalí-Muñoz

Javier Orlando Orduz-Rodríguez

Gloria Patricia Castillo

Juliene Andrea Barreto-Rojas

Juan Camilo Gómez-Correa

José Mauricio Montes Rodríguez

Marlon José Yacomelo Hernández

Carlos Esteban Brochero-Bustamante

Ronal Arturo Burbano-Díaz

Yeison López Galé

Yenifer Campos-Patiño

Andrea Amalia Ramos-Portilla

Catalina Camelo-Martínez

María Fernanda Díaz-Niño

Colección Alianzas AGROSAVIA

Avances en el conocimiento y recomendaciones para el manejo integrado de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en los cultivos de cítricos en Colombia. / Takumasa Kondo [y otros veinte] - Mosquera (Colombia): AGROSAVIA, 2024.
224 páginas (Colección Prácticas Agropecuarias)
Incluye gráficos y tablas.

ISBN: 978-958-740-782-2
ISBN e-Book: 978-958-740-784-6

1. Citrus 2. Huanglongbing de los cítricos 3. Enfermedades de las plantas 4. Control biológico 5. Análisis de riesgos 6. Seguimiento y evaluación.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura - Agrovoc
Catalogación en la publicación - Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Sede Central. Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigación Palmira. Diagonal a la intersección de la carrera 36A con calle 23, Palmira, Valle del Cauca. Código postal 763533, Colombia.

Esta publicación hace parte de los resultados del macroproyecto "Desarrollo integral de modelos productivos sostenibles para el cultivo de especies cítricas en Colombia", con vigencia 2013-2017, ejecutado por AGROSAVIA y financiado por el "Convenio derivado No. 3 del 2023 Líneas Epidemiología y modelos para la mitigación de plagas, del convenio Marco interadministrativo No. GGC- 017-2023", suscrito entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Colección: Alianzas AGROSAVIA
Tipología: Obras de Reflexión y Análisis
Fecha de recepción: 16 de noviembre de 2023
Fecha de evaluación: 4 de marzo de 2024
Fecha de aceptación: 20 de mayo de 2024

Primera edición: 3.000 ejemplares
Impreso en Bogotá, Colombia, diciembre de 2024

Autoría
Takumasa Kondo
Nubia Murcia-Riaño
Lumey Pérez-Artiles
Mauricio Fernando Martínez
Liliana Ríos-Rojas
Madeleyne Parra-Fuentes
Juan Humberto Guarín
Arturo Carabalí-Muñoz
Javier Orlando Orduz-Rodríguez
Gloria Patricia Castillo
Juliene Andrea Barreto-Rojas
Juan Camilo Gómez-Correa
José Mauricio Montes Rodríguez
Marlon José Yacomelo Hernández
Carlos Esteban Brochero-Bustamante
Ronal Arturo Burbano-Díaz
Yeison López Galé
Yenifer Campos-Patiño
Andrea Amalia Ramos-Portilla
Catalina Camelo-Martínez
María Fernanda Díaz-Niño

Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Edición: Verónica Barreto Riveros
Corrección de estilo: Sebastián Montero Vallejo
Diseño y diagramación: .Puntoaparte Editores
Impresión: 2D

Citación sugerida: Kondo, T., Murcia-Riaño, N., Pérez-Artiles, L., Martínez, M. F., Ríos-Rojas, L., Parra-Fuentes, M., Guarín, J. H., Carabalí-Muñoz, A., Orduz-Rodríguez, J. O., Castillo, G. P., Barreto-Rojas, J. A., Gómez-Correa, J. C., Montes-Rodríguez, J. M, Yacomelo-Hernández, M. J., Brochero-Bustamante, C. E., Burbano-Díaz, R. A., López-Galé, Y., Campos-Patiño, Y., Ramos-Portilla, A. A., Camelo-Martínez, C., & Díaz-Niño, M. F. (2024). Avances en el conocimiento y recomendaciones para el manejo integrado de la enfermedad Huanglongbing (HLB) en los cultivos de cítricos en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7407846

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Presentación **p. 9**
Introducción **p. 11**

Capítulo 1
Manejo integrado de plagas (MIP) **p. 14**

Parte I
Identificación del riesgo
p. 28

Capítulo 2
Aspectos claves para la identificación y análisis del riesgo del HLB de los cítricos **p. 30**

Capítulo 3
Aspectos bioecológicos de *Diaphorina citri* **p. 48**

Parte II
Prevención del riesgo
p. 56

Capítulo 4
Indexación del material de siembra de cítricos para la prevención del HLB **p. 58**

Capítulo 5
El manejo del agua para la prevencion del HLB **p. 86**

Capítulo 6
La nutrición de los cítricos y su impacto en el HLB **p. 104**

Parte III
Monitoreo del riesgo
p. 114

Capítulo 7
Monitoreo directo de las poblaciones de *Diaphorina citri* con base en los estados fenológicos de los cítricos **p. 116**

Capítulo 8
Monitoreo indirecto de *Diaphorina citri* **p. 140**

Parte IV
Intervención
p. 146

Capítulo 9
Estrategias para el control biológico de *Diaphorina citri* **p. 148**

Capítulo 10
Control biológico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* con el parasitoide primario *Tamarixia radiata* **p. 166**

Capítulo 11
Consideraciones finales y conclusiones **p. 174**

Referencias **p. 178**
Autorías **p. 214**

Presentación

El libro presenta la información en el esquema de gestión de riesgos fitosanitarios establecido por el instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Va dirigido principalmente a asistentes técnicos, productores y administradores de fincas productoras de cítricos, con la intención de dar a conocer los resultados de investigación obtenidos por AGROSAVIA en lo que respecta al manejo de *Diaphorina citri* y su implicación dentro de una estrategia de manejo integrado de la enfermedad Huanglongbing (HLB). Este trabajo ha contado con diferentes fuentes de financiación, entre ellas el convenio derivado No. 3 del 2023, "Lineas epidemiología y modelos para la mitigación de plagas del convenio marco interadministrativo No. GGC-017 del 2023", suscrito entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Con estas recomendaciones, se apunta a disminuir los niveles poblacionales de *D. citri*, vector del HLB, en fincas productoras y, por lo tanto, a disminuir la dispersión de la enfermedad. Se hace énfasis en el uso de material vegetal de cítricos certificado para establecer áreas nuevas o para las que se deban reemplazar por edad o por aparición de signos evidentes del HLB, como método para evitar su dispersión e impedir su ingreso en aquellos departamentos sin registro de la enfermedad, de manera que no se vean afectados los empleos directos e indirectos relacionados con la agroindustria citrícola.

Introducción

En Colombia, los cítricos representan el grupo de frutales con mayor área sembrada, después de las especies de plátano (Agronet, 2017). La producción nacional se concentra en seis núcleos productivos: Costa Atlántica (Atlántico, Magdalena, Cesar y Bolívar), nororiente (Santander, Norte de Santander y Boyacá), centro (Cundinamarca, Tolima y Huila), Llanos Orientales (Meta y Casanare), occidente (Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda y Quindío) y sur (Cauca y Nariño). La mayor área de cítricos se encuentra en el núcleo occidente de Colombia, región especialmente sensible a la enfermedad HLB, ya que esta región es atravesada por diversas vías.

Los cítricos se cultivan en Colombia de forma comercial desde mediados del siglo XX y el mayor incremento del área cultivada se obtuvo con el programa de sustitución de cultivos emprendido por la Federación Nacional de Cafeteros en la década de los ochenta, como reemplazo del café en las regiones en donde disminuyó el área de este cultivo (Cardona & Rodríguez, 1997). El tamaño de las fincas, su organización empresarial y su nivel tecnológico son muy variables, lo que dificulta la adopción tecnológica, la asesoría técnica y la modernización empresarial. En el país, el área cultivada de cítricos en 2017 fue de 104.367 ha, con una producción de 1.201.272 t (Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol], 2018). La composición varietal estimada es de 68 % para naranja, 17 % para limas ácidas (Tahití y de Castilla) y 14 % para mandarina (Rojas et al., 2014). El tangelo Minneola y la toronja pueden tener una participación en el área de alrededor del 5 %, pero no aparecen cifras en el estudio de estos productos.

Los cultivos se desarrollan de forma comercial en diferentes biomas, desde el nivel del mar hasta los 1.600 m s. n. m. Se encuentran árboles aislados o en solares hasta los 2.000 m s. n. m. (Orduz-Rodríguez, 2007). Se tienen cultivos en casi todos los órdenes de suelos y en regiones con precipitaciones de 700 a 800 mm (Caribe seco, Tolima y Huila) hasta los 2.500 a 4.000 mm anuales, como en el caso del piedemonte del Meta (Orduz-Rodríguez et al., 2009).

Huanglongbing (HLB) es considerada la enfermedad más devastadora para el cultivo de los cítricos a nivel mundial (Bové, 2006). En Colombia, está asociada con la bacteria *Candidatus* Liberibacter asiaticus, patógeno restricto al floema de las plantas. Es transmitida por el psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama, o durante la injertación con yemas de material infectado. Después de que el insecto vector infecta la planta con la bacteria, esta se debilita e inicia un proceso de deterioro sanitario y productivo que culmina en la muerte.

La enfermedad del HLB tiene un gran impacto económico en los cultivos, las comunidades de productores y los consumidores de las regiones donde se presenta, especialmente porque no existen variedades comerciales con resistencia ni tratamientos con efectividad demostrada para tratar la enfermedad o para recuperar las plantas afectadas. A nivel mundial, se ha reportado que el HLB ha causado la muerte de más de 63 millones de árboles, principalmente en Asia, Sudáfrica, Estados Unidos y Brasil (Bové, 2006; Halbert & Manjunath, 2004).

Para el año 2023, la presencia de *D. citri* se reportó en 25 departamentos de Colombia, mientras que la enfermedad HLB se había detectado en diez departamentos: Atlántico, Bolívar, Cesar, La Guajira, Magdalena, Norte de Santander, Santander, Sucre, Córdoba y Antioquia (con distribución restringida) (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2023). El 80 % de las 104.000 hectáreas citrícolas de Colombia está en departamentos libres de la enfermedad, pero con riesgo sanitario del HLB por la presencia del insecto vector. El manejo integrado del HLB implica reducir el daño de la enfermedad a los cítricos, mediante la puesta en marcha de acciones de identificación del patosistema, prevención, monitoreo y estrategias de supresión, especialmente del vector, con la combinación de métodos biológicos, etológicos y químicos compatibles, para obtener una reducción satisfactoria de las poblaciones a corto, mediano y largo plazo, todo ello reflejado en los rendimientos del cultivo (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [Oirsa], 2018).

La normativa del ICA (2019b) (Resolución 1668 de 2019) sobre las medidas fitosanitarias de manejo del HLB y *D. citri* establece que el material vegetal de cítricos para la propagación debe ser producido en ambiente hermético, proveniente de plantas madre y de semillas indexadas como libres de diferentes enfermedades, incluido el HLB de los cítricos (ICA, 2019a) (Resolución 12816). Por lo tanto, se requiere implementar medidas especiales de vigilancia y la participación de los productores en la adquisición de material de propagación certificado en óptimas condiciones, así como cumplir con las medidas dispuestas por el ICA para el transporte de material vegetal entre las diferentes regiones.

Este documento presenta diferentes componentes que es necesario conocer para el manejo de *D. citri* y la enfermedad HLB de los cítricos, y que son el resultado de la investigación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) o que están referenciados en la literatura científica temática. Así mismo, aborda aspectos del manejo integrado del cultivo y muestra, de manera sistemática, metodologías para el incremento de enemigos naturales de *D. citri*, con el fin de que puedan ser adoptadas, ajustadas e incorporadas por los productores, según sus necesidades, disponibilidad de recursos o escala productiva, para el manejo de esta plaga limitante del cultivo de cítricos, en especial por tener la condición de vector y ser responsable de la dispersión del HLB.

Esta publicación hace énfasis en el reconocimiento de los principales enemigos naturales de *D. citri* (principalmente *Tamarixia radiata*) y en su proceso de incremento *in situ* a nivel de las fincas, con el propósito de obtener aumentos poblacionales de los insectos benéficos en las áreas regionales de control (ARCO) y evitar la dependencia del control químico. También se recogen aspectos relacionados con el manejo del riego, la nutrición en la plantación y la producción de material cítrico certificado como elemento básico en el manejo de la enfermedad.

Capítulo 1

Manejo integrado de plagas (MIP)

Andrea Amalia Ramos-Portilla, Catalina Camelo-Martínez y María Fernanda Díaz-Niño

Antecedentes

Desde la Segunda Guerra Mundial, la agricultura ha experimentado una marcada intensificación como respuesta a la necesidad de aumentar la producción. La Revolución Verde, propuesta por Gaud en 1968, aboga por el uso sustancial de insumos, en particular plaguicidas sintéticos, siendo esta aún la tendencia en los países del mundo industrializado y en desarrollo. Si bien, desde la década de 1990, el concepto de una doble Revolución Verde demuestra el deseo de abordar preocupaciones ambientales e incorporar el concepto de sostenibilidad a la agricultura (De Schutter & Vanloqueren, 2011), la producción, el rendimiento y la rentabilidad aún son la prioridad (Deguine et al., 2021).

Actualmente, la sostenibilidad está en el centro de los debates alrededor de la agricultura. Es así como, desde hace varias décadas, especialmente desde la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, en 1992, se reconoce que la sostenibilidad de los ecosistemas, en general, y de los agroecosistemas, en particular, depende de la salud y el funcionamiento del ambiente, cuyo eje es la biodiversidad (principalmente comunidades de plantas, animales y microorganismos) (Dainese et al., 2019).

La agricultura intensiva ha alcanzado su máxima capacidad, por lo que la agroecología es crucial para impulsar la biodiversidad funcional y para contribuir con el mejoramiento de la función ecológica y los servicios del ecosistema que de ella resultan. Por lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) respalda la agroecología como una nueva perspectiva de desarrollo y como una alternativa integral al uso extenso y riesgoso de plaguicidas químicos. Esta recomendación de la ONU busca abordar los desafíos contemporáneos relacionados con los derechos alimentarios y los derechos humanos (ONU, 2017, citado por Deguine et al., 2021).

En el ámbito de la gestión de plagas, consideraciones relacionadas con la sostenibilidad han surgido con frecuencia. Entre ellas se destacan especialmente las múltiples repercusiones negativas del empleo masivo de plaguicidas. Esto se relaciona con la contaminación del agua, del suelo y de la atmósfera, así como con la pérdida de biodiversidad (en especial de insectos y aves), el efecto directo en la salud humana y el impacto socioeconómico de la implementación de las medidas tradicionales de manejo de plagas (Bourguet & Guillemaud, 2016; Deguine et al., 2021).

El esquema de manejo integrado de plagas (MIP) es un modelo de protección de cultivos que ha prevalecido desde su concepción, a finales de los años cincuenta del siglo XX, aunque con sustanciales cambios en la filosofía y las prácticas que se incluyen en su desarrollo.

Inicialmente conocido como control integrado de plagas, el MIP se fundamenta en los siguientes principios:

- Las especies potencialmente dañinas continuarán existiendo en niveles tolerables.
- El ecosistema es la unidad de gestión.
- Maximizar el uso de agentes de control natural.
- Cualquier procedimiento de control puede producir efectos inesperados y no deseados.
- Priorizar el enfoque interdisciplinario.

Hitos del concepto de manejo integrado de plagas (MIP)

El concepto de manejo integrado de plagas (MIP) surgió poco después de la Segunda Guerra Mundial y su consolidación como lo conocemos hoy se dio en varias etapas. La primera inició a fines de la década de los cuarenta y fue liderada por entomólogos californianos, quienes usaron el término control supervisado de plagas. Este consistía en el monitoreo de los niveles de poblaciones de plagas en los cultivos por parte de personal calificado, como herramienta para la selección de métodos de control, en contraste con tratamientos basados en calendarios previamente definidos (Deguine et al., 2021; Ehler, 2006).

A finales de los cincuenta, en los Estados Unidos, Stern et al. (1959) propusieron el concepto de control integrado, definido como el "control de plagas aplicado que combina e integra el control biológico y el control químico" (p. 86). Este concepto hizo énfasis en la necesidad de considerar el impacto ambiental del uso de plaguicidas e integrar el uso de enemigos naturales. En ese sentido, fue una de las primeras definiciones claras del adjetivo integrado en relación con el manejo de plagas. Además, se introdujeron los términos umbral de acción y nivel de daño económico. El primer programa de control integrado se formuló para manejar el pulgón de la alfalfa, *Therioaphis maculata* (Buckton) (Hemiptera: Aphididae), en los cultivos para heno (Deguine et al., 2021; Ehler, 2006; Stern et al., 1959).

El control integrado, tal como se formuló originalmente, tenía un enfoque relativamente estrecho. En la década de los sesenta, el concepto competidor de manejo de plagas era más amplio e incluía tácticas múltiples y supresoras, como la resistencia de las plantas hospedantes, el uso de semioquímicos (p. ej., feromonas) y el control cultural. No obstante, el control integrado y el manejo de plagas gradualmente se volvieron sinónimos, aunque permanecieron en gran medida centrados en los artrópodos plaga. No fue hasta la incorporación de todas las clases de plagas, a principios de los



Adultos y ninfas de *Diaphorina citri.* **Foto:** Takumasa Kondo

setenta, que nació el concepto moderno de MIP (Ehler, 2006).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por su sigla en inglés) (2023), el MIP consiste en la cuidadosa consideración de todas las técnicas disponibles para combatir las plagas y en la posterior integración de medidas apropiadas que disminuyan el desarrollo de sus poblaciones. El MIP combina estrategias y prácticas (culturales) específicas de gestión biológica, química, física y agrícola, para producir cultivos sanos y minimizar la utilización de plaguicidas, con lo que se mitigan o reducen al mínimo los riesgos que plantean estos productos para la salud humana y el medio ambiente.

La FAO, dentro de su definición, también indica que el MIP se basa en la ecología, en el concepto de ecosistema y en el objetivo de mantener las funciones ecosistémicas. Además, promueve el crecimiento de cultivos sanos, perturbando lo menos posible los ecosistemas agrícolas y fomentando los mecanismos naturales de control de plagas (FAO, 2023). La implementación de esta estrategia en los lugares de producción agrícola busca, principalmente, aplicar un control sostenible de las plagas, reducir los residuos de plaguicidas, mejorar los servicios ecosistémicos, aumentar los niveles de ingresos y reforzar los conocimientos de los agricultores (FAO, 2023).

Otras entidades internacionales, como el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por su sigla en inglés) (1998, citado por Dhaliwal et al., 2004), definen el MIP como una aproximación sostenible que combina el uso de estrategias de prevención, monitoreo y supresión en una forma que minimiza los riesgos económicos, ambientales y para la salud. Dicha aproximación, junto con la consideración de CABI (2021) de incluir la identificación de la plaga dentro del MIP, serán la base del presente documento para establecer los componentes de este manejo.

Componentes del MIP

Hitos del concepto de manejo integrado de plagas (MIP)

De acuerdo con la United States Environmental Protection Agency (EPA) (2023), un programa de MIP debe estar basado, principalmente, en cuatro componentes:



Identificación de la plaga

En este primer componente se busca conocer los riesgos fitosanitarios a los cuales estaría expuesto el cultivo o lugar de producción agrícola, ya sea porque aquellos afectan directamente la producción del sistema o porque se constituyen en limitantes sanitarios en algunos mercados (Colorado State University [CSU], 2021; CornellCALLS, 2023).

El reconocimiento y la identificación de las plagas en campo inicia cuando el monitor o productor detecta algún organismo que afecta el sistema productivo en cualquier etapa y en cualquier estructura vegetal. Si la presencia de dicho organismo es recurrente y el asistente técnico concluye que puede afectar la producción, se prosigue con la toma de muestras para su posterior identificación taxonómica en un laboratorio que cuente con este servicio (University of California-Statewide Integrated Pest Management Program [UC-IPM], 2024).

La identidad taxonómica de la plaga permite conocer los aspectos biológicos asociados, tales como ciclo de vida, condiciones ambientales favorables, alimentación, reproducción y conductas. Estos nos permiten ser efectivos con las acciones de intervención. Una mala identificación puede generar medidas de control o intervención inútiles, significativas pérdidas económicas y afectaciones en la salud del trabajador, del ambiente y del producto (Gurr et al., 2012).

Prevención

Son todas las acciones que se llevan a cabo en el cultivo, sea durante la planeación o durante el desarrollo del ciclo productivo, para evitar la llegada o instalación de poblaciones de plagas. Estas acciones permiten la expresión de todo el potencial genético del material sembrado y, por lo tanto, disminuyen la posibilidad de ataque por las plagas, y, de ocurrir este, reducen el daño (UC-IPM, 2024).

Algunas de las acciones de prevención están asociadas a la manipulación del material de siembra y, otras, a la modificación de la atmósfera en donde se desarrolla el cultivo. Muchas de estas prácticas se conocían anteriormente como control cultural, pero ahora se consideran medidas que mantienen la sanidad del cultivo y que evitan que la fuente de inóculo se establezca o que alcance niveles perjudiciales (Walgenbach, 2018).

De acuerdo con Hill (1987), las siguientes son las prácticas más importantes:

- Utilizar material genéticamente adaptado a la región, que cuente con garantías sanitarias y que se encuentre libre de plagas.
- Contar con un sistema adecuado de nutrición, con base en las necesidades de cada sistema productivo.
- Asegurar el balance hormonal de la planta.
- Asegurar la sanidad de los sustratos en los que se desarrolla el sistema productivo.
- Usar microorganismos y acondicionadores del suelo que, de manera indirecta, eviten el ataque de las plagas en el cultivo (inductores de resistencia).



Foto: Takumasa Kondo

- Manejar el microclima del invernadero o del cultivo con la utilización adecuada y oportuna de cortinas, culatas, cumbreras, ventiladores eléctricos, grados de sombrío, filtros solares, entre otros, así como con el mantenimiento de la integridad de sus cubiertas.

- Emplear factores de siembra adecuados a la variedad y especie vegetal sembrada, tales como distancias y profundidad de siembra, orientación del cultivo, entre otros.

- Ejecutar, de manera sistemática y oportuna, todas las acciones de bioseguridad en el cultivo, tales como desinfección de herramientas y equipos, utilización de vestimenta desinfestada e instalación de pediluvios, puertas y contrapuertas en los invernaderos.

- Usar barreras vivas perimetrales, las cuales deben contar con un proceso de aseguramiento de la calidad fitosanitaria para evitar el desarrollo de plagas.

- Programar periódicamente el mantenimiento de arvenses interiores y de especies de ornato.

- Mantener al día las podas de formación y fitosanitarias.

- Realizar pruebas de laboratorio para garantizar la inocuidad de aguas de riego y de aspersión.

- Cuando aplique, retirar el material vegetal proveniente de las diferentes labores del cultivo y disponerlo de forma adecuada, especialmente en fosas o pilas para compostaje.

- Utilizar elementos disruptivos para las plagas, tales como la instalación de mallas antiinsectos, cuando se trate de cultivos bajo invernadero.

Un tema de trascendental importancia para mejorar las condiciones productivas y evitar la proliferación de problemas fitosanitarios es propiciar el aumento de biodiversidad dentro y alrededor de los cultivos. Un ecosistema diversificado y complejo proporciona un mejor control de plagas (Research Institute of Organic Agriculture [FiBL, por su sigla en alemán], 2018). De acuerdo con He et al. (2019), entre las prácticas más comunes para lograr este objetivo están las siguientes:



- Preferir sistemas de cultivos que conserven la biodiversidad, tales como cultivos intercalados o cultivos múltiples.

- Conservar o sembrar cinturones de biodiversidad o corredores biológicos en las fincas, que permitan la conservación y el movimiento de polinizadores y controladores biológicos, así como su interacción con el cultivo.

- Conservar un área de vegetación natural aledaña o dentro de los cultivos (islas) y permitir que esta florezca. No existe un tamaño específico, pero se sugiere que sea al menos un 10 % del área de la plantación.

- Emplear coberturas vivas que beneficien, con la adición de materia orgánica y de nutrientes, el mejoramiento de la estructura del suelo, la supresión de malezas, el albergue de controladores biológicos y polinizadores, y la preservación de la humedad del suelo (Bertolotto & Marzetti, 2017).

- Realizar un manejo selectivo de arvenses.

- Construir refugios que proporcionen lugares para la nidificación de abejas solitarias y para la hibernación de otros polinizadores.

Monitoreo

Cuando se conozcan los riesgos fitosanitarios del cultivo y se garantice que este tiene las mejores condiciones para su desarrollo, se debe establecer un sistema de monitoreo de plagas que permita decidir sobre el momento oportuno y las estrategias de intervención a utilizar (Wu et al., 2022). Es importante que el monitoreo tenga, entre otras, las siguientes características: que sea práctico, estable, representativo y sistemático, así como estar debidamente documentado y socializado con todo el personal que lo ejecuta.

De acuerdo con Vänninen (2022), el monitoreo puede llevarse a cabo de dos maneras:



Monitoreo directo: es la revisión física de las estructuras vegetales afectadas para detectar la presencia de los individuos o del daño, según cada plaga.



Monitoreo indirecto: la población se contabiliza mediante el uso de trampas. Algunas de ellas son colorimétricas y otras emplean atrayentes alimentarios o sexuales.

El proceso de monitoreo debe ejecutarse en diferentes etapas del ciclo productivo del cultivo. En cada fase, se debe contar con un procedimiento que asegure la revisión del mayor porcentaje de plantas posible. Lo más aconsejable es manejar un esquema de monitoreo por mapas, con el fin de detectar la presencia de focos de plagas y atenderlos de manera oportuna (Rano et al., 2022).

Todos los resultados del monitoreo deben estar compilados o sistematizados, y disponibles para que el asistente técnico tome las decisiones de intervención o control con base en ellos. Así mismo, se debe procurar relacionar las fluctuaciones poblacionales con estados fisiológicos de las plantas (vegetativo, floración, producción) y con aspectos climáticos de la región. Estos datos permitirán identificar los momentos críticos en cuanto al ataque de plagas y serán la herramienta para realizar acciones preventivas (Chidawanyika et al., 2012).

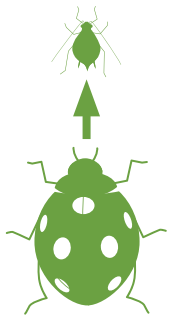
Intervención

Esta es la etapa del MIP en la que se aplican las medidas de control. La intervención debe estar basada en la información proveniente del monitoreo. Además, debe iniciarse con las estrategias menos disruptivas e impactantes con el ambiente, tales como las físicas, etológicas o biológicas, entre otras. La intervención química se debe reservar únicamente para casos en que las poblaciones de plagas no cedan ante la aplicación de otras estrategias (Gautam et al., 2023). A continuación, se enlistan las medidas de intervención:



Control físico-mecánico

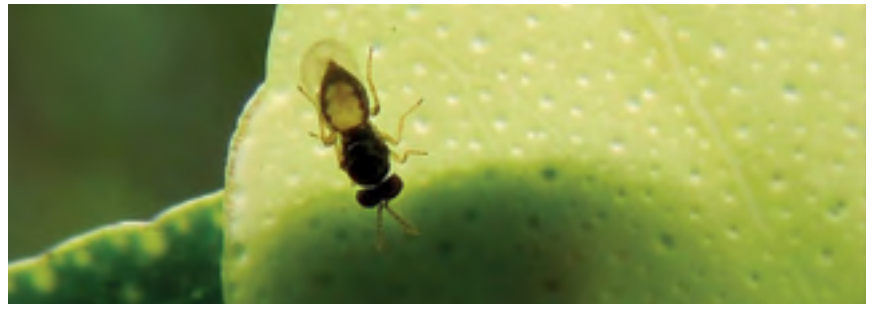
Corresponde a todas aquellas prácticas que emplean factores físicos para la disminución de las poblaciones, como trampas colorimétricas; podas sanitarias —que tienen el propósito de erradicar estructuras afectadas—; remoción de insectos plaga de los focos por medio de aspiradoras o sopladoras con pantalla pegajosa, y aplicación de agua a presión, jabones, calcio o silicio, según recomendaciones técnicas de uso (Vincent et al., 2009).



Control biológico

Existen muchas definiciones de control biológico, sin embargo, una de las más amplias y recientes es "el uso de organismos vivos para suprimir o reducir una plaga o el impacto de esta, haciéndola menos abundante o dañina" (Eilenberg et al., 2001, p. 1).

Bajo esta premisa, los tipos de control biológico más comunes son los siguientes: de conservación, clásico, aumentativo, de inoculación e inundativo —estos tres últimos hacen referencia a la liberación masiva en campo de organismos vivos que reducirán el efecto de la plaga— (Eilenberg, 2006). Enmarcadas en los diferentes conceptos del control biológico, las estrategias más usadas son: depredadores, parasitoides y entomopatógenos (organismos microbianos).



Avispa adulta de *Tamarixia radiata*. **Foto:** Takumasa Kondo

Este tipo control es de vital importancia dentro del MIP, como medida de protección del ecosistema y sus interacciones, y como alternativa para reemplazar acciones químicas cuyo uso es actualmente limitado. Es importante resaltar que, bajo la misma premisa de protección del ecosistema, la eficacia del control está condicionada por las buenas prácticas agrícolas y de aplicación de los insumos, por la disponibilidad de los huéspedes y por las condiciones climáticas favorables que permitan tanto su establecimiento como su desarrollo en el terreno (Cotes et al., 2018).



Control etológico

Se basa en la manipulación de la conducta de las plagas. De esta manera se pueden aprovechar estímulos que sirven como atrayentes, ya sea olores, colores, luces o feromonas. Estos permiten interferir en el comportamiento de las plagas, con el fin de disminuir su aparición en áreas de cultivo o como mecanismo de monitoreo para tomar futuras decisiones de control (Cañedo et al., 2011).

La eficiencia de estas prácticas radica en comprender la selectividad de respuesta del insecto plaga a estos estímulos, en su estado fisiológico y en la posición estratégica de trampas dentro de las áreas de cultivo (Cañedo et al., 2011).

Para esta práctica se encuentran disponibles feromonas sexuales, cebos alimenticios, trampas colorimétricas y semioquímicos —como kairomonas, que funcionan como elemento de captura—, así como trampas pegajosas. También se encuentran disponibles extractos con efecto repelente o antialimentario con base en ajo-ají, Sophora y plantas de la familia Fabaceae (Badii et al., 2010).

Control químico

Se refiere a moléculas de síntesis química (o productos químicos de uso agrícola [PQUA]). Los plaguicidas se han utilizado como acción primaria de control de insectos en las áreas de cultivos. Sin embargo, bajo los actuales parámetros del MIP, se recomienda usar productos con bajo impacto sobre el ambiente, con blancos biológicos específicos y preferiblemente de baja categoría toxicológica. Además, se debe acudir a estrategias que prevengan el desarrollo de resistencia, con base en las recomendaciones del Fungicide Resistance Action Committee-Insecticide Resistance Action Committee (FRAC-IRAC), y que tengan registro ICA para el cultivo y el blanco biológico (IRAC, 2024).



Foto: Mauricio Martínez

Algunos de los factores a tener en cuenta para lograr este objetivo son los siguientes (A. A. Ramos Portilla, comunicación personal, 15 de marzo de 2024):

- Que el plaguicida tenga registro ICA para la plaga y el cultivo en el que se va a usar. Antes de emplearlo, se deben tener en cuenta todas las recomendaciones de la etiqueta del producto.
- Que se actúe a tiempo. Según los resultados de monitoreo, se debe actuar lo más pronto posible ante el crecimiento poblacional de una plaga. Lo deseable es realizar aplicaciones sobre focos, con ello se disminuye la exposición de la fauna benéfica a los plaguicidas.
- Que la dosis y el modo de empleo sean los establecidos en la etiqueta del producto.
- Que la forma de aplicación minimice el riesgo para el medio ambiente, la salud humana y la inocuidad del producto.
- Que se calibre siempre la aplicación (verificar aspectos técnicos como volumen requerido, cobertura deseada y condiciones climáticas para evitar la deriva, entre otros).
- Que se pongan en práctica todas las recomendaciones de uso seguro, responsable y eficaz de los plaguicidas.

Bajo los actuales parámetros del MIP, se recomienda usar productos con bajo impacto sobre el ambiente, con blancos biológicos específicos y preferiblemente de baja categoría toxicológica.

Capítulo 2
Aspectos claves para la identificación y análisis del riesgo del HLB de los cítricos

Capítulo 3
Aspectos bioecológicos de *Diaphorina citri*

Parte I

Identificación del riesgo

Foto: Takumasa Kondo

Capítulo 2

Aspectos claves para la identificación y análisis del riesgo del HLB de los cítricos

Lumey Pérez-Artiles, Gloria Patricia Castillo, Juan Camilo Gómez-Correa y Madeleyne Parra-Fuentes

Candidatus Liberibacter spp. se ha dispersado rápidamente a nivel mundial (Wang & Trivedi, 2013). Es transmitido por: a) los insectos vectores *D. citri* (Hemiptera: Liviidae) Kuwayama, presente de forma generalizada en todos los continentes, y *Trioza erytreae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae), el cual se encuentra restringido a Asia, África y Europa (Arengo, 2013); b) material vegetal (injerto), y c) por la planta parásita *Cuscuta campestris* Yunck. *D. citri* es vector de las especies *Candidatus* L. asiaticus y *Candidatus* L. americanus, y *T. erytreae* lo es de *Candidatus* L. africanus (Mann et al., 2012; Wang & Trivedi, 2013).

La enfermedad bacteriana de mayor impacto económico en la citricultura mundial es denominada oficialmente como Huanglongbing (Garza-Saldaña et al., 2017), palabra de origen chino que significa 'enfermedad del dragón amarillo' y cuya sigla es HLB (Bové, 2006). Esta enfermedad implica un



Árbol infestado con HLB. **Foto:** Takumasa Kondo

serio problema para la supervivencia de los cultivos de cítricos, con pérdidas significativas en plantaciones jóvenes, debido a que la severidad del HLB está en función de la edad de la planta al momento de la infección (Tapia, 2009). A nivel mundial existen diferencias entre los reportes sobre la evolución de los síntomas y el tiempo que transcurre desde la infestación hasta que los árboles se vuelven improductivos. En Tailandia, la producción de los árboles de cítricos declina en un periodo de 5 a 8 años después de mostrar por primera vez la sintomatología asociada a la enfermedad (Roistacher, 1996). En Brasil, en el periodo entre 2005 y 2017, fueron erradicados 52,6 millones de árboles debido al HLB (Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo, 2017), y solo en el estado de São Paulo (principal estado productor de cítricos) se erradicaron más de 12 millones de árboles de naranja con síntomas de la enfermedad (Bassanezi et al., 2011).

Distribución

La enfermedad fue por primera vez registrada en el sudeste de China en 1919, resaltando el síntoma de ramas amarillas en cítricos. Sin embargo, en la época no se consideró una enfermedad limitante. En 1936 ya se había diseminado, lo que ocasionó serios problemas al cultivo (Bové, 2006). En 1937, el HLB fue descrito en Sudáfrica, donde recibió el nombre de *greening* o verdeado (Halbert & Manjunath, 2004). En 1956 se comprobó que la enfermedad era transmitida por medio de injerto y, en 1967, por los insectos vectores *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) y *Trioza erytreae* Del Guercio (Hemiptera: Triozidae) (Capoor et al., 1967). Los agentes asociados a los síntomas del HLB fueron identificados como bacterias restrictas a los vasos del floema de las plantas (Bové, 2006).

Para 1991, la enfermedad había sido diagnosticada en 11 países de Asia y 16 de África, (Graça, 1991) y en la siguiente década alcanzó Oceanía. En el continente americano se detectó por primera vez en Brasil, en el estado de São Paulo, en 2004 (Coletta-Filho et al., 2004; Teixeira, Danet et al., 2005; Teixeira, Saillard et al., 2005), y afectó de forma significativa la citricultura brasileña (Anónimo, 2004). Un año después, en 2005, fue diagnosticada en Estados Unidos (Halbert, 2005). Se introdujo en México en 2009, en las regiones del Pacífico y Yucatán (Mora-Aguilera et al., 2014). En 2012, la enfermedad fue detectada en Argentina (Outi et al., 2014) y en 2013, en Paraguay (Cosave, 2017).

En Colombia, el primer reporte de la presencia de la bacteria *Ca.* L. asiaticus se hizo en el departamento de La Guajira, en noviembre de 2015, detectada en el insecto vector (Resolución ICA 2390 de 2015), y, en marzo de 2016, se reportó en tejido vegetal (Resolución ICA 4713 de 2016). En diciembre de 2018, la enfermedad había sido diagnosticada en seis departamentos: La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Cesar y Norte de Santander. En 2019, Sucre y Córdoba se sumaron al diagnóstico positivo del HLB (Resolución ICA 1668 de 2019b). Los hospedantes en los que se detectó fueron: limón común o limón pajarito, lima ácida Tahití, pomelo, naranja, mandarina, toronja e, incluso, Swinglea (ICA, 2019a).

La enfermedad fue por primera vez registrada en el sudeste de China en 1919, resaltando el síntoma de ramas amarillas en cítricos.

Importancia económica del HLB

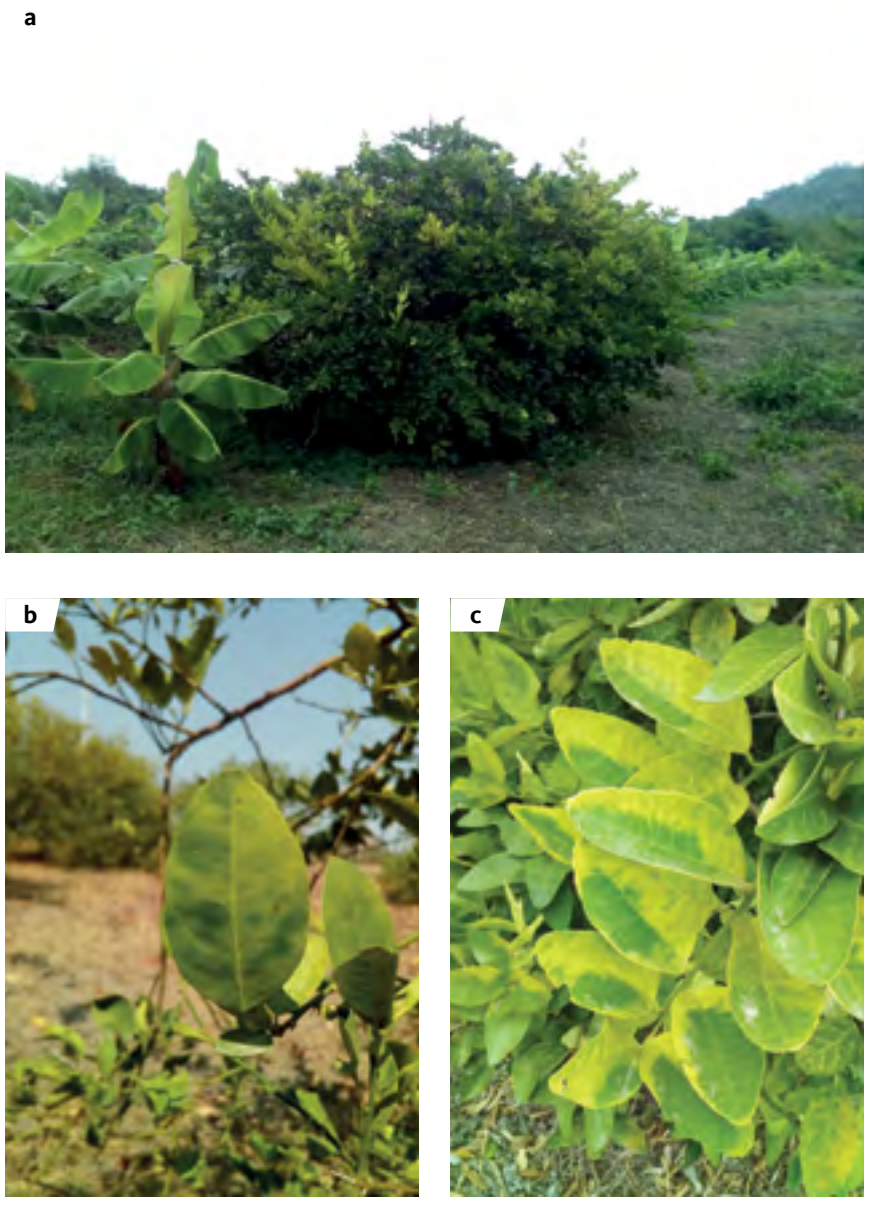
Actualmente, el HLB se considera la principal enfermedad que afecta el cultivo de los cítricos, debido a su rápida diseminación, la severidad de los daños, la falta de cultivares resistentes, la dificultad de manejo, el número considerable de plantas erradicadas y el aumento en los costos de producción (Bové, 2006). Los daños severos ocasionados por el HLB a la industria citrícola se asocian con la reducción del tiempo de vida de los árboles y con la reducción de la producción de la fruta. Los daños tienen, así mismo, carácter cualitativo, pues la enfermedad afecta el contenido de sólidos solubles totales, la acidez y la relación entre estas dos caracteristicas (Bassanezi & Gottwald, 2009). El HLB también puede debilitar la capacidad productiva de los cítricos, con pérdidas entre el 30 y 100 % (Aubert, 1993).

Sintomatología

La primera descripción de síntomas relacionados con el HLB se realizó en la India central, en 1700, y fue referida como causante de muerte descendente (Capoor, 1963). La primera mejor descripción de los síntomas fue, probablemente, la reportada por Husain y Nath en 1927, quienes describieron el declive y la muerte de los cítricos en la región de Punjab (Husain & Nath, 1927). Estos autores atribuyeron el declive al daño ocasionado por el psílido al alimentarse, pero, de acuerdo con la descripción de los síntomas, estos están relacionados con el daño ocasionado por el HLB. Esa investigación fue el primer reporte de un insecto *D. citri* asociado con el problema y como principal vector de la enfermedad.

Al afectar el floema (Mann et al., 2012), el HLB se manifiesta inicialmente como la aparición de una o más ramas cloróticas sectorizadas en la planta (figura 1a). El síntoma más característico de la enfermedad se evidencia en las hojas y es conocido como moteado asimétrico (Bové, 2006). El tipo de síntoma se caracteriza por la presencia de áreas verdes y amarillas, en las que se distinguen patrones de coloración asimétrica en las láminas foliares. La sintomatología puede variar de acuerdo con el cultivar (figuras 1b y 1c y figuras 2a y 2c).

Figura 1. Evidencia del HLB en cítricos.
a. Ramas cloróticas; **b.** Patrón de coloración asimétrica en una hoja de limón pajarito; **c.** Patrón de coloración asimétrica en láminas foliares de una rama de lima ácida Tahití.



Fotos: Juan Camilo Gómez-Correa

Figura 2. Patrón de coloración asimétrica por el HLB en hojas de cítricos.
a. Hojas con decoloraciones que contrastan con el verde oscuro de las hojas en el fondo; **b.** Hoja amarillenta con pequeños parches de verde oscuro; **c.** Hoja clorótica con parche verdoso más evidente en la parte inferior.



Fotos: Juan Camilo Gómez-Correa

Los síntomas de la enfermedad son más evidentes en los periodos fríos y secos del año, cuando la brotación vegetativa y las temperaturas son menores (Gottwald et al., 2007). De acuerdo con lo planteado por Lopes et al. (2009), las altas temperaturas pueden reducir la tasa de multiplicación de la bacteria, lo que dificulta la observación de los síntomas.

Al momento de inspeccionar las ramas que presentan la sintomatología asociada a la enfermedad, debe revisarse que la clorosis observada no sea producto de otro factor biótico o abiótico,

como heridas causadas durante las labores agronómicas, síntomas asociados con otras plagas, deficiencias nutricionales (p. ej., de zinc) (figura 3a) o ahorcamiento de la rama por plantas epífitas (figura 3b).

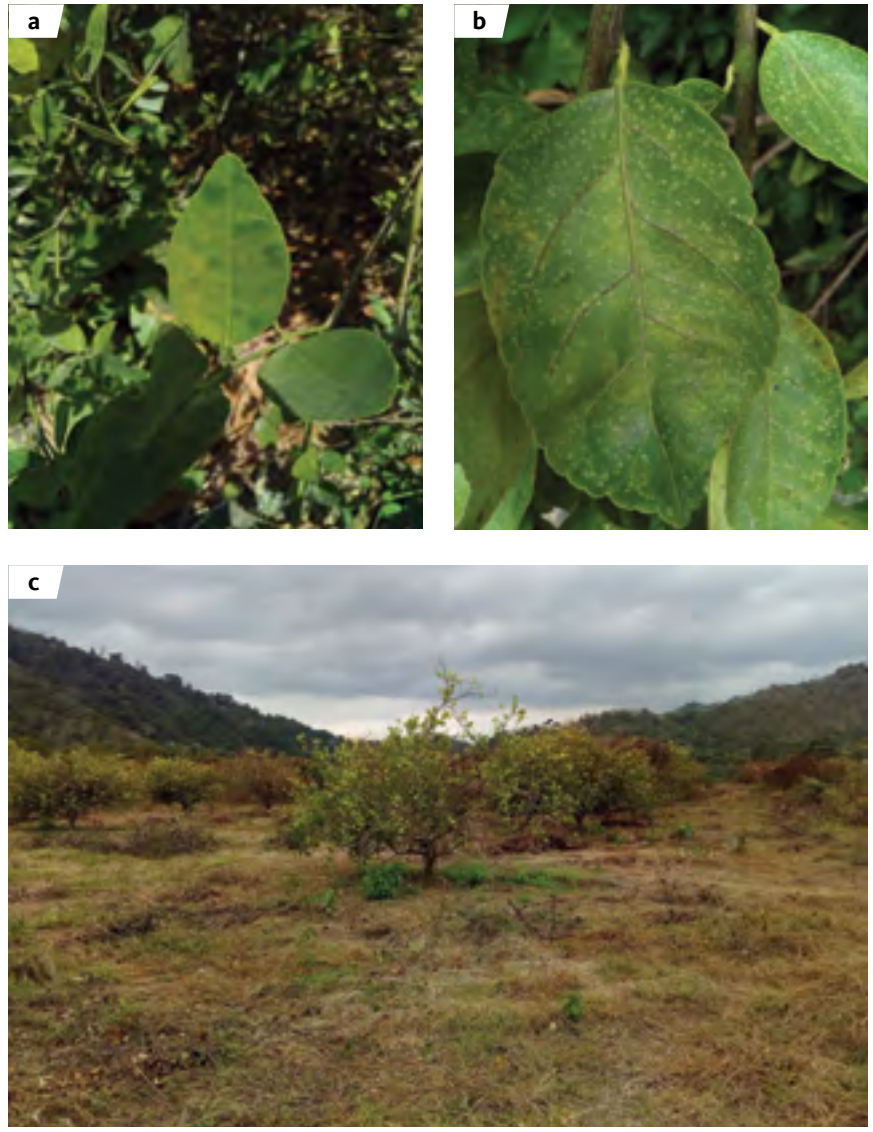
Figura 3. Síntomas similares al HLB.
a. Deficiencia de zinc; **b.** Ramo clorótico por ahorcamiento de rama por crecimiento de planta epífita.



Fotos: Mauricio Martínez y Juan Camilo Gómez-Correa.

En las láminas foliares, además de los patrones de coloración asimétrica, se puede observar también la formación de islas verdes y el engrosamiento de las nervaduras (figuras 4a y 4b). Después de detectar los primeros síntomas, según edad, cultivar, condiciones ambientales y manejo agronómico del lote, la planta pierde las hojas de las ramas y comienza su muerte regresiva, hasta que la planta queda totalmente defoliada y muere (figura 4c) (Wang & Trivedi, 2013).

Figura 4. Síntomas del HLB.
a. Islas verdes en una hoja de limón pajarito; **b.** Engrosamiento de las nervaduras y daño por ácaro hindú en lima ácida Tahití; **c.** Defoliación y muerte de plantas de lima ácida Tahití afectadas por el HLB.



Fotos: Juan Camilo Gómez-Correa

De encontrarse en etapa productiva, según el cultivar, los frutos que se forman en las ramas enfermas pueden presentar inversión del color, menor tamaño, asimetría, menor número de semillas viables y menor calidad para el mercado por la reducción en el porcentaje de jugo, disminución en los grados Brix y aumento de la acidez (Hernández-Rivera et al., 2018; Wang & Trivedi, 2013). Todo eso se traduce en la disminución progresiva del rendimiento de los árboles afectados (Alemán et al., 2007).

Los síntomas visibles característicos se desarrollan entre los seis meses y los tres años, después de la infección inicial, dependiendo de la edad del árbol (Bové, 2006; Folimonova & Achor, 2010). Los síntomas en las hojas comienzan en pocas ramas y lentamente avanzan hacia el resto del árbol, a menudo durante varios años. Sin embargo, esto no explica la rápida caída en la producción, que ocurre en árboles con síntomas tempranos y sugiere que puede estar ocurriendo un daño no observado a simple vista (Bassanezi et al., 2011). También se ha observado que árboles afectados por el HLB son más sensibles a extremos de temperatura y humedad, en comparación con árboles sanos. Consecuentemente, en árboles con la enfermedad ocurren síntomas de estrés, como fuerte defoliación y caída prematura de frutos (Gottwald et al., 2012). La intolerancia al estrés puede estar relacionada parcialmente con la pérdida de la función de las raíces absorbentes, debido a la reducción del 32 al 46 % en la densidad de las raíces (Johnson et al., 2012).

Todas las especies comerciales de cítricos son susceptibles a la infección del HLB, independientemente del patrón utilizado (Bové, 2006). Sin embargo, estudios realizados con 30 genotipos de cítricos en Florida (EE. UU.) presentaron diferentes respuestas a la enfermedad, con la siguiente clasificación: susceptibles, moderadamente tolerantes y tolerantes. Los genotipos más tolerantes fueron limón Eureka, lima Persa, citrange Carrizo y *Severinia buxifolia* (Folimonova et al., 2009).

Organismos patogénicos y agentes asociados

Tres especies de bacterias gramnegativas se asocian con los síntomas del HLB; no son cultivables y están restringidas al floema. Se trata de *Ca.* L. asiaticus, *Ca.* L. africanus y *Ca.* L. americanus (Bové, 2006; Jagoueix et al., 1994). La especie *Ca.* L. asiaticus es la más diseminada, probablemente en función de su menor sensibilidad a altas temperaturas; actualmente es la responsable de casi todas las plantas infectadas en Brasil. La especie *Ca.* L. americanus fue detectada solamente en Brasil, donde se desarrolla mejor en regiones con temperaturas menores (Bové et al., 2008). La especie *Ca.* L. africanus, registrada en el continente africano, no ha sido reportada en el continente americano hasta el momento (Lopes et al., 2009).

En 2007 se observaron en Colombia plantas con sintomatología similar a la ocasionada por el HLB, pero con ausencia de *Ca.* Liberibacter spp. En estas plantas fueron observados cuerpos pleomórficos en los vasos del floema, lo que sugiere la presencia de fitoplasmas. Estos son organismos similares a las bacterias, pero carentes de pared celular, pleomórficos, con tamaños que varían entre 200 y 800 nm. No se pueden obtener de cultivos puros *in vitro*, están restringidos al floema de las plantas infectadas, y son transmitidos por insectos vectores que se alimentan del floema pertenecientes a las familias Cicadellidae, Fulgoridae y Psylloidea (Arismendi et al., 2010). Los fitoplasmas se clasifican con base en los perfiles de restriction fragment length polymorphism (RFLP) de productos de polymerase chain reaction (PCR) o de secuenciación de fragmentos amplificados de PCR del gen 16S rRNA (RNA ribosomal). Por este sistema, los fitoplasmas son clasificados en 13 grupos, denominados de 16Sr I a 16Sr XIII (The IRPCM Phytoplasma/Spiroplasma Working Team-Phytoplasma Taxonomy Group, 2004).

En 2007, tres años después de que el HLB fuera reportado por primera vez en el estado de São Paulo, se encontraron árboles de naranja dulce (*Citrus sinensis*) con síntomas del HLB. Estos árboles fueron negativos por PCR a las tres especies de Liberibacter de cítricos, pero se encontró que estaban infectados por un fitoplasma que tenía 99 % de identidad de secuencia del 16S rDNA con un fitoplasma del grupo 16Sr IX. Además, estudios de microscopía electrónica encontraron fitoplasmas asociados a tejidos afectados y trasmisión del fitoplasma entre plantas de cítricos mediante injerto (Teixeira et al., 2008). Aunque este fitoplasma está ampliamente distribuido en varios municipios del estado de São Paulo, el número de árboles de cítricos infectados fue muy pequeño, con una incidencia que variaba de 0,1 a 1,76 % de árboles afectados (Teixiera et al., 2008). Wulff et al. (2015) detectaron, mediante qPCR, este fitoplasma (el cual fue denominado HLB-fitoplasma) asociado a *Crotalaria juncea*, una planta común en bordes de cultivos de cítricos y que sería la fuente principal de inóculo del HLB-fitoplasma.

El vector, *Scaphytopius marginelineatus* (Hemiptera: Cicadellidae), adquiriría el HLB-fitoplasma de *C. juncea* y lo transmitiría a *C. sinensis*. Sin embargo, la transmisión de *C. juncea* a *C. sinensis* ocurre muy raramente. Trabajos recientes, utilizando qPCR para determinar la presencia del fitoplasma 16Sr IX en arvenses e insectos, encontraron que, de las 53 muestras de arvenses pertenecientes a 15 especies diferentes

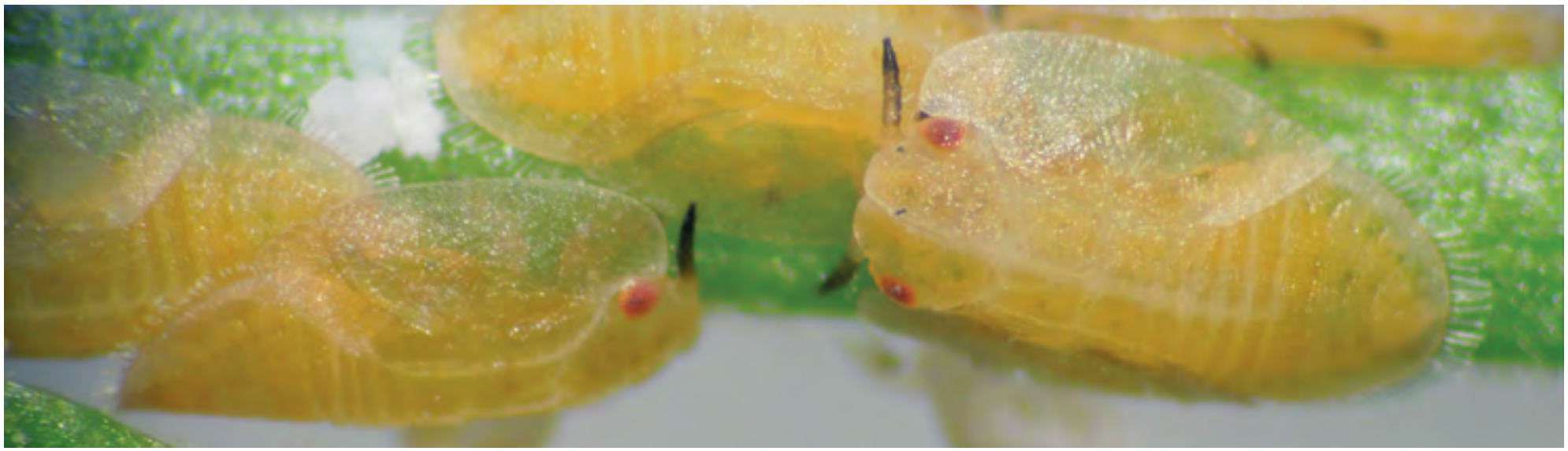
analizadas, solo una fue positiva para *Euphorbia* sp., otra para *Sida* sp. y tres para *Bidens pilosa*. Respecto al insecto vector, el fitoplasma fue detectado en 11 de 38 especímenes de *Scaphytopius* sp. Dichos resultados sugieren que estas arvenses y *Scaphytopius* sp. pueden albergar y diseminar este fitoplasma en cultivos de cítricos. No obstante, se necesita estudiar la eficiencia de *Scaphytopius* sp. como vector del fitoplasma (Lopes-da-Silva et al., 2020). Otros estados brasileños en donde se han encontrado fitoplasmas del grupo 16Sr IX asociados a síntomas del HLB son Minas Gerais, Bahía y Distrito Federal (Sanches et al., 2016; Wulff et al., 2015).

En México, también se ha detectado la presencia de fitoplasmas del grupo 16Sr IX asociados a cítricos. En China, se ha reportado un fitoplasma asociado a plantas de *Citrus* con síntomas de HLB, pero este fitoplasma pertenece al grupo 16Sr I y no al 16Sr IX (*Candidatus* Phytoplasma asteris) (Chen et al., 2009).

Diagnóstico

La detección temprana se basa en la identificación de los síntomas de la enfermedad en campo, como brotes amarillos, moteado foliar asimétrico, frutos asimétricos con inversión de color, semillas abortadas y altos niveles de almidón en las hojas (Etxeberria et al., 2009). A pesar de que la inspección visual es uno de los métodos más aplicados para el diagnóstico de HLB, este es altamente influenciado por la interpretación subjetiva y presenta errores mayores al 30 % (Pereira et al., 2011). El diagnóstico puede empeorar porque los síntomas por HLB tienden a confundirse con los asociados a factores abióticos, como, por ejemplo, deficiencias de zinc u otros minerales (Lin et al., 2010; Shokrollah et al., 2011; Venâncio, 2010). A pesar de que los síntomas por HLB son casi específicos, no siempre aparecen todos en el mismo árbol y pueden ser enmascarados por los de otros orígenes. Adicionalmente, esta bacteria tiene una distribución desigual en la planta (European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO], 2014). Los árboles pueden presentar infecciones latentes por algún tiempo, con periodos de incubación de 6 a 12 meses, dependiendo de varios factores ambientales (principalmente, temperatura), el tipo de cultivar, la edad de la planta, la concentración bacteriana en la transmisión, la época del año y el manejo de la planta afectada (Bové, 2006; EPPO, 2014).

Actualmente, el principal procedimiento inicial para la detección de *Ca.* L. asiaticus se basa en la inspección visual de los síntomas de la enfermedad en los árboles. Posteriormente, las muestras sospechosas son colectadas y enviadas a laboratorio de diagnóstico para un análisis secundario (Rigano et al., 2014). Debido a que los síntomas que ocasiona el HLB son imprecisos, se requiere una técnica inequívoca para la identificación de la enfermedad y que permita su detección temprana, para proceder a eliminar los árboles infectados y contribuir con la disminución y el control de la propagación de la enfermedad a otros huertos y a la región en general (Pourreza et al., 2015).



Ninfas de *Diaphorina citri*. **Foto:** Takumasa Kondo

Se han desarrollado diversas metodologías para detectar *Ca.* L. asiaticus, entre ellas, técnicas serológicas, microscopía electrónica, ensayos biológicos, reacción de almidón con yodo, técnicas moleculares —sondas de DNA, loop mediated isothermal amplification (LAMP), PCR y PCR en tiempo real (qPCR)—, espectroscopía y análisis de compuestos volátiles —cromatografía de gases y espectrometría de masa—, entre otras (Garnier et al., 1987; Gottwald, 2010; Kim & Wang, 2009; Rigano et al., 2014; Valdés et al., 2016).

Estudios anatómicos y bioquímicos han demostrado mayor acumulación de almidón en los tejidos foliares de plantas de naranja dulce infectadas con HLB (Schneider, 1968). El almidón se forma normalmente en las hojas durante el día y se transloca durante la noche (Santacruz et al., 2002). Debido a la obstrucción vascular por la bacteria, este almidón no se transloca y se acumula en los tejidos de las hojas. La acumulación de almidón en tejidos infectados puede ser hasta 20 veces mayor en los tejidos infectados, en comparación con tejidos sanos. El almidón de los tejidos reacciona rápidamente con el yodo, lo que produce una coloración entre café oscuro y negra. Este es considerado un diagnóstico preliminar en campo, con un 80 % de certeza, pero se requiere un posterior diagnóstico confirmativo por PCR o qPCR (Oirsa, 2018).

Ensayos serológicos con biomarcadores proteicos han sido utilizados para el diagnóstico de la enfermedad. Recientemente, anticuerpos policlonales para la proteína OmpA de *Ca.* L. asiaticus fueron exitosos para detectar el HLB (Ding et al., 2016). OmpA es la principal proteína de membrana de bacterias gramnegativas que se conserva en especies de *Ca.* Liberibacter, por consiguiente, este anticuerpo detectaría células de *Ca.* L. asiaticus en árboles infectados, pero no tendría en cuenta la distribución esporádica de estas células. Para la detección de cítricos infectados con HLB, Paggliaccia et al. (2017) propusieron una estrategia diferente, utilizando como biomarcador una proteína efectora secretada por las *Ca.* L. asiaticus, denominada SDE1, la cual ha mostrado moverse de forma sistémica por el floema. Al no estar restringido a los sitios de infección de la bacteria, este tipo de proteínas (SDE) facilita la detección de la enfermedad (Paggliaccia et al., 2017; Sugio et al., 2011).

El método más confiable y ampliamente utilizado para la identificación de las bacterias asociadas al HLB es la prueba PCR. Esta prueba molecular amplifica un fragmento de DNA de las bacterias (Garza-Saldaña et al., 2017). El análisis de PCR en tiempo real o cuantitativo (qPCR o real-time polymerase chain reaction) se ha mostrado como la técnica más eficiente de detección de *Ca.* Liberibacter, incluso cuando las bacterias están en bajas concentraciones en plantas asintomáticas (Bertolini et al., 2014; Machado et al., 2010; Irey et al., 2006).

La técnica de amplificación de ADN conocida como amplificación isotérmica mediada por lazo (loop-mediated isothermal amplification [LAMP]) se ha utilizado para la detección de *Ca.* L. asiaticus (Rigano et al., 2014). Esta metodología emplea múltiples iniciadores (4 a 6) y condiciones isotérmicas (60-65 °C) para la amplificación de la secuencia objetivo o blanco, en un tiempo relativamente corto (30 min a 1 h), por medio de una Bst DNA polimerasa con actividad desplazante de cadena. La técnica LAMP no requiere termociclador para garantizar los ciclos de desnaturalización-reasociación para la hibridación de los iniciadores y la actividad de la polimerasa, como ocurre en la PCR. En poco tiempo, la reacción genera una cantidad extraordinaria de producto de amplificación, representado por una estructura de múltiples lazos con tallos sobre el DNA objetivo. Se trata de un proceso altamente específico y de una sensibilidad comparable a la de PCR (Valdés et al., 2016). Rigano et al. (2014) desarrollaron esta metodología combinada con un dispositivo de varilla de flujo lateral para la detección visual de las amplificaciones resultantes, lo que elimina la electroforesis en gel para la visualización del resultado.

Otra técnica de detección molecular es Agdia AmplifyRP®, que emplea la metodología de polimerasa-recombinasa para ampliar el DNA a una sola temperatura. No requiere termociclador y los resultados se pueden leer en unos dispositivos pequeños y fáciles de usar (Russell et al., 2015).

Aspectos epidemiológicos de la enfermedad HLB

El análisis de los riesgos de una enfermedad implica componentes relacionados con las probabilidades de introducción, establecimiento y diseminación, junto con las consecuencias de dicha introducción (Bassanezi & Gottwald, 2009). Hasta 2020, aproximadamente el 80 % del área sembrada de cítricos en Colombia estaba localizada en regiones sin registro de HLB.

A nivel internacional, las posibles causas de introducción del HLB son: el movimiento del material vegetal infectado; el movimiento del insecto vector (*D. citri*) infectado (trasmisión local y regional) mediante vuelos cortos o llevado por masas de aire; el movimiento del vector infectado en material vegetal, y la comercialización de hospederos secundarios, como mirto (*Murraya paniculata*).

Para intervenir en el establecimiento de la enfermedad, es fundamental determinar el momento exacto de la infección, lo cual es complejo en cuanto al

HLB, debido al tiempo que puede transcurrir entre la transmisión del patógeno y la aparición de los síntomas visibles, que varía desde unos pocos meses a un año o más. Este retraso en la aparición de los síntomas convierte a las plantas asintomáticas en fuente de inóculo de la enfermedad que contribuyen a su dispersión.

Al no observar síntomas —o no contar con reportes anteriores—, muchos productores descuidan el manejo del psílido vector. Si bien muchos autores relacionan las poblaciones y migraciones más altas del vector con los picos de brotación del cultivo, diversos trabajos reflejan la presencia de psílidos adultos infectados en las plantaciones durante todo el año (Manjunath et al., 2008). Se ha determinado que el mayor porcentaje de psílidos infectados se encuentra en el periodo de máxima expresión de los síntomas de la enfermedad.

Irey et al. (2006) encontraron casi el mismo número de árboles positivos asintomáticos (pero qPCR positivos) y de árboles visualmente sintomáticos en los cultivos evaluados. La incidencia de la infección basada en análisis por qPCR puede ser dos veces la incidencia de la infección estimada solo por síntomas visibles, además de un porcentaje adicional de árboles infectados que, por el título tan bajo, no se pueden detectar por qPCR.

La tasa de progreso de la enfermedad depende de: a) la medida del depósito de inóculo, b) las poblaciones de vectores locales y c) la edad de los árboles en la primera infección. Esta información es muy útil y puede proporcionar pistas para la futura gestión de la enfermedad, así como para las estrategias de toma de decisiones relativas al mantenimiento de la plantación. Donde no hay un control efectivo de la enfermedad (reducción de la fuente de inóculo mediante la erradicación de plantas enfermas y manejo del insecto vector), la incidencia puede llegar a más del 50 %, en un lapso de 3 a 5 años, en plantaciones jóvenes (hasta 3 años). En plantaciones mayores a los 3 años, este valor se alcanza a partir de los 5 años.

La distribución espacial del HLB presenta un característico efecto de borde: el mayor número de árboles sintomáticos se encuentra en los bordes de la plantación. La propagación espacial primaria de la enfermedad se da al azar y ocurre como resultante de psílidos infecciosos que migran periódicamente a partir de fuentes de HLB externas a las parcelas. La propagación secundaria o transmisión local opera en distancias cortas, a través de los psílidos que transportan el patógeno dentro de la plantación, aunque no necesariamente de árboles adyacentes o cercanos (Gottwald, 2010; Gottwald et al., 2007).

Esta diseminación secundaria puede ser mitigada con control del vector, fundamentalmente con aplicaciones de insecticidas y eliminación de árboles sintomáticos. Sin embargo, la propagación primaria es el tipo más peligroso de diseminación, porque incluso con un gran número de aplicaciones de insecticidas es difícil lograr que los psílidos no se alimenten de plantas HLB-positivas distantes. También se deben considerar la migración a los árboles infectados a cierta distancia y la transmisión del patógeno bacteriano antes de que muera debido al insecticida aplicado a los nuevos árboles. Por estas razones, solo es probable lograr un control significativo de la enfermedad mediante el manejo a nivel regional.



Hojas de limón pajarito con síntomas de HLB. **Foto:** Takumasa Kondo

Transmisión y dispersión de la enfermedad

El tipo de transmisión de la bacteria por *D. citri* es persistente circulativo propagativo, lo cual significa que, una vez que el insecto adquiere la bacteria, esta se multiplica, circula y permanece dentro del insecto durante toda su vida (Ammar et al., 2011; Xu et al., 1988). También fueron descritas la transmisión transovárica en *D. citri* (Pelz-Stelinski et al., 2010) y la transmisión horizontal de *Ca.* L. asiaticus por machos infectados a hembras sanas durante la cópula, aunque la tasa de transmisión es baja: de 2 a 6 % para la transmisión transovárica y 4 % para la horizontal (Mann et al., 2011). En Colombia, hasta la fecha, solo se ha reportado *Ca.* L. asiaticus (CABI, 2021; Cook et al., 2021; Wang, 2022), por lo que la transmisión del patógeno por *D. citri* es el factor dominante en la epidemiología de la enfermedad (Wang & Trivedi, 2013).

Todos los cítricos se han encontrado susceptibles, en diferentes grados, a la enfermedad y pueden ser hospederos de *D. citri*. No obstante, se ha demostrado la preferencia del insecto por algunas especies en particular (Wang & Trivedi, 2013), entre ellas, el mirto (*Murraya paniculata*), también conocido como jazmín o azahar de la India, y el limón criollo (*Citrus aurantiifolia*).

Los primeros síntomas se observan aproximadamente después de 4 o más meses de haber sido transmitido el patógeno (Iftikhar et al., 2014). Pasados 3 meses de haberse detectado los síntomas iniciales y encontrarse establecido el insecto vector en la plantación, podrían observarse tres árboles nuevos con la sintomatología asociada a la enfermedad. Al cabo de 6 meses, 16 árboles; pasados 9 meses, 64 árboles, y transcurrido un año, 256 árboles (Iftikhar et al., 2014).

En plantaciones adultas y productivas, después de observarse los primeros síntomas de la enfermedad, Iftikhar et al. (2014) reportan que la productividad se puede reducir entre el 30 y el 100 %, según la severidad de la enfermedad, y que los árboles pueden llegar a ser improductivos en un periodo de entre 2 y 5 años. El deterioro progresivo de los árboles se ve acelerado por condiciones extremas de temperatura y estrés hídrico, ya que los árboles van perdiendo las raíces fibrosas funcionales, lo que los hace menos tolerantes a estas condiciones abióticas (Wang & Trivedi, 2013).

Según Mann et al. (2012), la bacteria induce la emisión de salicilato de metilo en los árboles afectados, compuesto volátil que atrae a *D. citri* al actuar como señalizador del sitio de alimentación. El insecto vector requiere mínimo 15 minutos de alimentación en la planta enferma para adquirir la bacteria. Posteriormente, migra a árboles sanos en busca de alimento de mayor calidad, y la bacteria asegura su dispersión (Wang & Trivedi, 2013). El patógeno se ha encontrado tanto en ninfas como en adultos de *D. citri*. Sin embargo, no se ha hallado transmisión de una hembra a su descendencia (Mann et al., 2012). Los resultados de las investigaciones frente a la transmisión tansovárica no son concluyentes y esta ha sido reportada por pocos autores (Wang & Trivedi, 2013). La adquisición y transmisión de la bacteria depende:



Del tiempo que dura *D. citri* alimentándose de un árbol enfermo y del estado de desarrollo del insecto. Se ha reportado que los estados ninfales adquieren la bacteria en mayor porcentaje (60-100 %) respecto a los adultos (40 %) (Pelz-Stelinsk et al., 2010).



Del periodo de incubación de la bacteria en el insecto, ya que no es transmisible inmediatamente este la adquiere, pero permanece en el insecto durante toda su esperanza de vida.

En condiciones de campo, la dispersión ocurre principalmente por *D. citri*. Este insecto se mueve activamente por vuelos cortos o puede ser llevado, a largas distancias, por el viento. Además, puede dispersarse pasivamente de una región a otra en cargamentos de frutos cítricos y de plantas hospederas, lo que torna difícil prevenir e impedir su establecimiento en nuevas áreas (Wang & Trivedi, 2013).

Cuando las ninfas se desarrollan en plantas enfermas, el porcentaje de adquisición del patógeno es mayor que cuando es adquirido por adultos sanos durante su alimentación en plantas enfermas (Pelz-Stelinski et al., 2010). De acuerdo con Xu et al. (1988), el periodo de adquisición (PA) es de más de una hora y las ninfas pueden contraer la bacteria a partir del segundo instar (Hung et al., 2004; Xu et al., 1988). Pelz-Stelinski et al. (2010) indican que este periodo de adquisición puede ser menor a 15 minutos, pero con bajo grado de efectividad en la adquisición de la bacteria.

Capítulo 3

Aspectos bioecológicos de *Diaphorina citri*

Lumey Pérez-Artiles, Takumasa Kondo y Madeleyne Parra-Fuentes

El psílido asiático de los cítricos (acp, por su sigla en inglés), *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae), es una especie nativa del subcontinente indio (Hollis, 1987). De ahí se extendió a otras regiones productoras de cítricos de Asia (Arabia Saudita, Irán), Oceanía (Nueva Guinea, Isla Reunión, Isla Mauricio) y Suramérica (Halbert & Núñez, 2004; Waterhouse, 1998). En Colombia, la presencia de *D. citri* fue notificada oficialmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en 2007 (ICA, 2023).

Plantas hospederas del vector

Diaphorina citri se desarrolla exclusivamente sobre plantas de la familia Rutaceae. *Murraya paniculata* (L.) Jacq. es considerada su hospedero preferencial (Aubert, 1990; Bové, 2006; Étienne et al., 1998; Mead, 1977). Dentro de las rutáceas, la presencia de *D. citri* está reportada, aproximadamente, en 56 especies (Aubert, 1987). Este insecto causa daños directos al cultivo debido a la cantidad de savia que extrae de los brotes tiernos durante su alimentación, lo cual se manifiesta como clorosis y necrosis en los tejidos, caída de las hojas, inducción de superbrotación y reducción en la producción de frutos (Cermeli et al., 2000; Chariada et al., 2006; Mead & Fasulo, 2014).

El insecto está asociado con la transmisión de dos especies bacterianas limitadas al floema de la planta: *Candidatus* Liberibacter asiaticus y *Candidatus* Liberibacter americanus (Teixeira, Danet et al., 2005; Teixeira, Saillard et al., 2005). Estas bacterias están asociadas a Huanglongbing (HLB), considerada la enfermedad bacteriana más destructiva para el cultivo de cítricos, debido a que causa pérdidas significativas en la producción (Bassanezi et al., 2011; Bové, 2006; Halbert & Manjunath, 2004). La adquisición del patógeno ocurre durante la alimentación del insecto en plantas enfermas.



Ninfas y adultos de *Diaphorina citri*. **Foto:** Takumasa Kondo

Morfología, ciclo biológico y parámetros poblacionales de *D. citri*

Principales características morfológicas*

Huevos: miden alrededor de 0,3 mm de largo, son elongados, en forma de pera, más gruesos en la base y cónicos hacia su extremo distal. Recién puestos son pálidos, luego se tornan amarillos y, finalmente, anaranjados en el momento de la eclosión (figura 5).

Figura 5. Huevos de *Diaphorina citri.*



Foto: Takumasa Kondo

Ninfas: varían de 0,25 a 1,7 mm de largo, aproximadamente, desde el primer al quinto instar. Los apéndices locomotores se caracterizan por su grosor y, en el extremo terminal, se observan dos setas conspicuas rodeando la garra que termina el tarso. Generalmente, son de color amarillo-naranja y no tienen manchas abdominales (figura 6).

Figura 6. Ninfas de *D. citri.*



Foto: Lumey Pérez Artiles

Adultos: miden de 3 a 4 mm de largo, tienen el cuerpo pardo moteado, la cabeza parda clara, el ala anterior más ancha en la mitad apical, moteada y con una banda parda que se extiende alrededor de la periferia de la mitad exterior del ala, banda ligeramente interrumpida cerca del ápice. Las antenas tienen el ápice negro y dos pequeñas manchas pardas en los segmentos centrales. El insecto vivo está cubierto de una secreción cerosa blancuzca que le otorga una apariencia polvorienta (figura 7a). Se puede distinguir de otras especies del género, como *Diaphorina punctulata* Pettey, que presenta el mismo patrón de máculas en las alas, y la genitalia del macho de *D. citri* tiene una placa subgenital triangular con dos largos parámeros característicos (figura 7b) (Halbert & Manjunath, 2004).

*Ver también capítulo VII.

Figura 7. Insecto adulto y genitalia.
a. Adulto de *D. citri*. **b.** Genitalia externa femenina de *D. citri*.



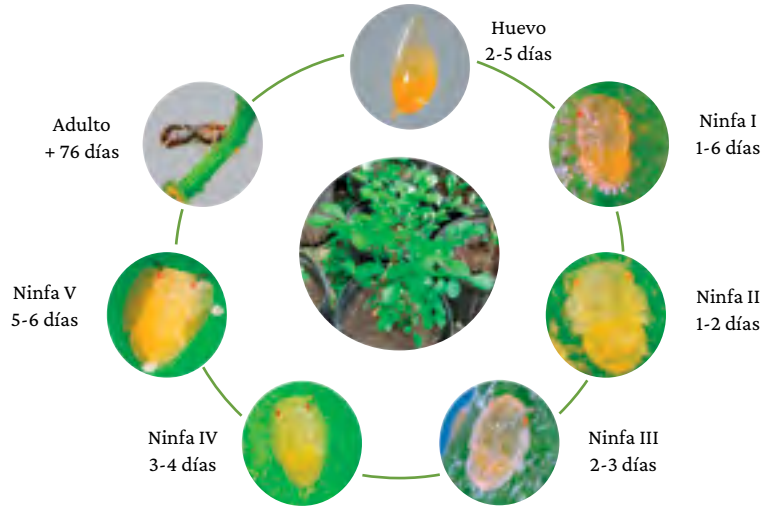
Fotos: Lumey Pérez Artiles

Ciclo biológico

La duración del ciclo de vida de *D. citri* está relacionada principalmente con la temperatura. Oscila entre los 14,1 y los 49,3 días para temperaturas entre 28 y 15 °C, respectivamente. El rango de temperatura más adecuado para el desarrollo de *D. citri* es de 25 a 28 °C. La capacidad reproductiva de *D. citri* puede variar entre los hospederos, con preferencia por la oviposición en pomelo (*Citrus paradisi*), con hasta 858 huevos y una tasa intrínseca de crecimiento de 0,188 (Liu & Tsai, 2000). La combinación del portainjerto y la copa es otra variable que modifica tanto los parámetros poblacionales de la plaga como el tiempo de desarrollo del insecto de huevo a adulto (Pérez-Artiles et al., 2017).

Estudios sobre la biología y los parámetros poblacionales de *D. citri* fueron realizados por AGROSAVIA en condiciones de invernadero en el Centro de Investigación Palmira, utilizando *M. paniculata* como planta hospedera para el establecimiento de la cría de *D. citri* (figura 8). En estas condiciones, se determinó una duración del ciclo biológico del huevo hasta adulto de 15,41 ± 0,49 días, una tasa de supervivencia de 6,86 % de la cohorte inicial (n = 102 huevos), una longevidad de los adultos mayor a 64 días, una relación de sexos de 1:1 y un tiempo medio de supervivencia de 48,25 días para las hembras y 50 días para los machos (García et al., 2017).

Figura 8. Duración de los diferentes estados de desarrollo de *D. citri* sobre mirto (*M. paniculata*) bajo condiciones de invernadero (temperatura promedio 29,7 °C, HR promedio: 63 %), Palmira, Valle del Cauca, Colombia.



Fuente: Elaboración propia con base en García et al. (2017)

Parámetros poblacionales

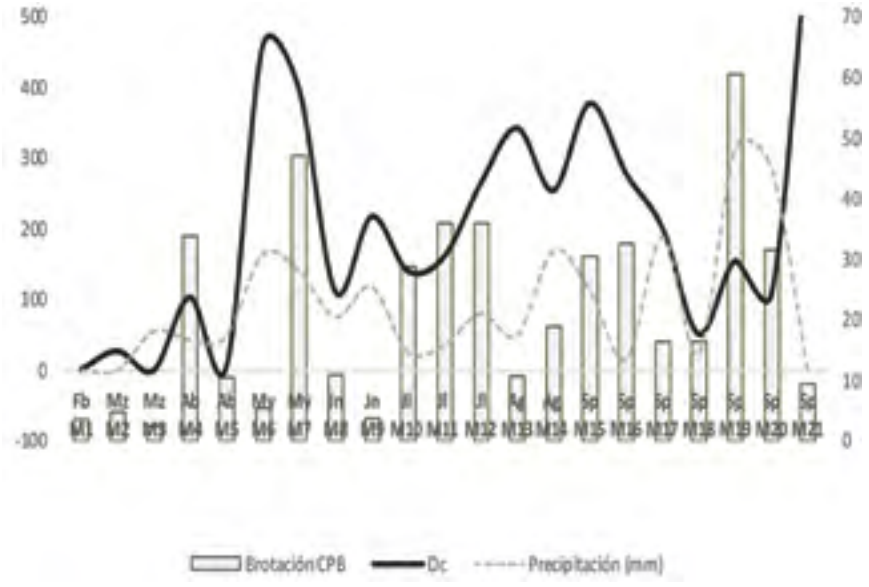
El periodo de preoviposición en las condiciones del Centro de Investigación Palmira es de aproximadamente 2 días. Posteriormente, las hembras continúan ovipositando de forma regular hasta los 49 días. El pico de oviposición ocurre a los 35 días y el promedio de huevos por hembra es de 238, con un mínimo de 91 y un máximo de 362, durante el ciclo reproductivo. Los estudios poblacionales muestran una tasa reproductiva neta (Ro) de 8,078 e indican que cada hembra es reemplazada por aproximadamente 8 hijas (García et al., 2017), lo cual supone un crecimiento constante de la población (Rabinovich, 1980; Southwood, 1991). Adicionalmente, la tasa intrínseca de crecimiento natural (rm) de 0,087 indica un crecimiento del 9 % en la población de *D. citri*, bajo las condiciones climáticas evaluadas (García et al., 2017).

El tiempo generacional estimado (T) sugiere que una hembra proveniente de una generación requiere 23 días para empezar a ovipositar, es decir que, bajo las condiciones de invernadero, *D. citri* tiene el potencial para generar aproximadamente 16 generaciones por año, con la posibilidad de duplicar la población inicial en un periodo de tiempo (Dt) de 7,86 días. Además, en el primer estadio ninfal se presenta la más alta mortalidad (García et al., 2017), aunque es posible una supervivencia de huevo a adulto de 32,2 % en *M. paniculata* y de 36,3 % en *Citrus aurantiifolia* (Pérez-Artiles et al., 2011). Por ello, las estrategias de supresión de poblaciones de *D. citri* deben estar enfocadas en el primer estadio de desarrollo, durante la primera semana de presencia de los adultos en los cultivos, teniendo en consideración la duración del huevo y el primer instar ninfal (García et al., 2017).

Fluctuación poblacional de *D. citri*

Estudios relacionados con la fluctuación poblacional de *D. citri* fueron realizados en lima ácida Tahití sobre Citrumelo CPB 4475, en huertos establecidos por AGROSAVIA en el Centro de Investigación Caribia, ubicado en el municipio Zona Bananera, Magdalena (Colombia), durante el año 2017. En estas condiciones, se determinó que *D. citri* está presente en el cultivo prácticamente durante todo el año, con mayores picos poblacionales en mayo, septiembre y diciembre (Parra et al., 2018) (figura 9).

Figura 9. Fluctuación poblacional de *D. citri* en lima ácida Tahití, sobre Citrumelo CPB 4475, Magdalena, 2017.



Fuente: Elaboración propia

Los cambios de tamaño de población están regulados por aspectos externos, como los factores de mortalidad bióticos y abióticos, que van a regular el número de individuos o la densidad poblacional (número de individuos por unidad de área o volumen). El tamaño y la densidad son importantes para describir el estado actual de la población y, potencialmente, para hacer predicciones de cómo cambiará en el futuro. Para predecir si una población crecerá o disminuirá, es necesario saber las tasas de natalidad y mortalidad de los organismos a diferentes edades, así como su composición de edades y sexos (Erviti & Segura, 2000).

Entre los principales factores identificados que pueden afectar el incremento poblacional de *D. citri* se encuentra la abundancia de brotes susceptibles a infestación, los cuales, a su vez, muestran una correlación positiva con la temperatura y las precipitaciones (Ortega-Arenas et al., 2013). Otro de los factores es el control natural, principalmente por la acción de los enemigos naturales presentes en el agroecosistema (Shrestha et al., 2021). Estos aspectos son claves para el manejo integrado del insecto vector, teniendo como base el monitoreo de la plaga, el reconocimiento de los enemigos naturales y el control biológico.

Capítulo 4
Indexación del material de siembra de cítricos para la prevención del HLB

Capítulo 5
El manejo del agua para la prevencion del HLB

Capítulo 6
La nutrición de los cítricos y su impacto en el HLB

Parte II

Prevención del riesgo

Foto: Shutterstock

Capítulo 4

Indexación del material de siembra de cítricos para la prevención del HLB

Mauricio Fernando Martínez, Juliene Andrea Barreto-Rojas y Nubia Murcia-Riaño

Colombia tiene aproximadamente 104 mil hectáreas sembradas de cítricos, que incluyen cultivos de naranja, limón, mandarina, toronja, tangelos, pomelos y limas ácidas (Agronet, 2017). Estos cultivos se encuentran afectados por diferentes problemas fitosanitarios, entre los cuales se mencionan las enfermedades causadas por virus, viroides, bacterias y fitoplasmas, que se transmiten por el injerto y por insectos vectores. La tristeza de los cítricos (CTV), la leprosis (CiLV) y la psorosis (CPsV) son causadas por diferentes virus; la exocortis (CEVd) y la caquexia (HSVd), por viroides y Huanglongbing (HLB), por bacterias. Estas enfermedades disminuyen la productividad y la calidad de los árboles, y generan pérdidas económicas importantes. Diferentes autores han determinado que uno de los principales medios de dispersión del HLB es la distribución de material infectado desde vivero, cuando no se utilizan modelos de producción de plantas certificadas (Akarapisan et al., 2016; Gottwald, 2010; Mora-Aguilera et al., 2014; Santivañez et al., 2014). Por esta razón, se requiere implementar el programa de certificación de material vegetal de propagación como estrategia fundamental de prevención, ya que permite llevar al campo árboles sanos que mantengan su potencial productivo.

Certificación del material de siembra de cítricos

La certificación del material de siembra de cítricos es una estrategia de sostenibilidad a largo plazo, diseñada para proteger la citricultura de enfermedades catastróficas a partir de la producción de plantas sanas. Esta estrategia integra normas y regulaciones técnicas de carácter oficial con técnicas de control y procedimientos de campo y laboratorio. Durante la producción de las plantas, los viveristas deben cumplir todos los requisitos establecidos en la Resolución 12816 de 2019 (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2019a) para el registro ante el ICA de los viveros o huertos básicos productores o comercializadores de semilla sexual o asexual (material vegetal de propagación) de cítricos, así como los requisitos fitosanitarios para la conservación, producción, certificación y distribución de material de propagación de cítricos en viveros, en el territorio nacional (ICA, 2019c).

Es decir que se debe asegurar la autenticidad varietal de las copas y de los portainjertos, realizar diagnósticos fitosanitarios de las plagas y establecer diferentes prácticas de manejo, de acuerdo con las etapas de desarrollo, que aseguren la obtención de plantas con alta calidad hortícola. Esto les permite a los productores establecer sus huertos con plantas sanas certificadas, lo que mejora la sanidad del cultivo y prolonga la vida útil de los árboles.

El concepto de calidad hortícola en la producción debe incluir los siguientes aspectos:



Calidad genética

Se refiere a la autenticidad varietal, tanto del portainjerto como de la copa o cultivar. En esta categoría es recomendable el uso de portainjertos y cultivares evaluados en el país, de manera que se tenga información sobre la adaptación y el comportamiento productivo.

Calidad sanitaria

Hace referencia a que las plantas de vivero deben estar libres de plagas que limiten su desarrollo o potencial productivo. En esta categoría se incluyen plantas libres de ácaros, bacterias, hongos, insectos, nematodos, virus, viroides y de cualquier otro organismo que pueda afectar su desarrollo.

Calidad agronómica (física y fisiológica)

Incluye diferentes parámetros relacionados con el desarrollo y vigor de las plantas, como la altura de injertación, la afinidad entre la copa y el portainjerto, el tipo de injerto utilizado, su crecimiento, la poda de formación en fase de vivero, el tutorado, el desarrollo radical de portainjerto, el estado nutricional, entre otros aspectos que indiquen una planta con buen porte y desarrollo.

La calidad sanitaria asegura un control efectivo para los patógenos transmisibles por injerto que no tienen vectores, como los viroides de la exocortis (CEVd) y la caquexia de los cítricos (HSVd), y reduce el riego con los patógenos que tienen como vectores insectos, ácaros u otro medio de diseminación, como el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) y las bacterias *Candidatus* Liberibacter spp., entre otros.

Componentes de un programa de certificación de material de siembra de cítricos

Un programa para certificar material de siembra de cítricos comprende una serie de aspectos como:

- Saneamiento del material de propagación que se produce en el país y de los materiales introducidos seleccionados para su propagación.
- Conservación de material genético que da origen a los bloques de semilla básica.
- Multiplicación ampliada de yemas del material básico por medio de los viveros propagadores y multiplicadores para cubrir la demanda de los viveros comerciales.
- Verificación de la sanidad mediante un sistema de inspecciones apoyado en pruebas de diagnóstico biológico, serológico y molecular, para asegurar que las plantas estén sanas.
- Implementación de la producción de plantas certificadas a partir de los bloques de multiplicación.



Foto: Mauricio Martínez

Implementación de un programa de producción de material certificado de cítricos libre de HLB

- Norma vigente: Resolución 12816 de 2019 (ICA, 2019a), para el registro ante el ICA de los viveros o huertos básicos productores o comercializadores de semilla sexual o asexual (material vegetal de propagación) de cítricos, así como para los requisitos fitosanitarios orientados a la conservación, producción, certificación y distribución de material de propagación de cítricos en viveros, en el territorio nacional.

- Banco de germoplasma de cítricos conservado en casa de malla con 381 introducciones de los géneros *Citrus*, *Poncirus* y *Fortunella*.

- Colección de material vegetal de 15 variedades de cítricos libres de las enfermedades CTV, CEVd y HLB, cuya procedencia es el banco de germoplasma de cítricos nacional y que fueron saneadas por la técnica de microinjertación de ápices caulinares *in vitro*. Este bloque conforma la categoría de semilla básica.

- Laboratorios públicos de investigación y servicios equipados para la aplicación de diferentes protocolos y técnicas de diagnóstico (serológicas y moleculares).

- Infraestructura de casa de malla con regulación de temperatura para realizar los diagnósticos biológicos de los diferentes patógenos, y colección de plantas indicadoras para realizar estos diagnósticos.

- Producción de bloques de fundación para el incremento de yemas en bloques de multiplicación, que serán administrados por los viveros que se registren para esta categoría. La producción se realiza en casas de malla antipulgón de AGROSAVIA avaladas por la autoridad fitosanitaria (ICA).

- Viveros en diferentes regiones del país con infraestructura de casa de malla para la producción de material certificado.

- Apoyo por parte del Gobierno, a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y de las instituciones de soporte, como AGROSAVIA y el ICA.

- Interés y apoyo por parte de los gremios de productores de cítricos y viveristas.

- Personal científico y técnico capacitado para realizar los diagnósticos y recomendaciones.

- Oferta tecnológica de AGROSAVIA con recomendaciones técnicas para la producción de material de siembra de cítricos en ambientes protegidos de casa de malla antipulgón.

Producción de plantas de cítricos certificadas libres de las principales enfermedades transmitidas por injerto o vectores

Durante el desarrollo del programa de producción de plantas de cítricos certificadas libres de las principales enfermedades transmitidas por injerto o vectores, se han evaluado todas las variedades comerciales frente a CTV, HLB y el viroide CEVd, para confirmar su sanidad. Las variedades se encuentran conservadas y protegidas de insectos vectores en casa de malla antipulgón. Dentro de este ambiente se manejan con un programa preventivo de plagas y enfermedades que consta de nutrición, podas, riego y control (Murcia et al., 2012).

Para su propagación comercial en Colombia, y de acuerdo con la Resolución 12816 del ICA (2019a), se establecieron cuatro categorías de semillas:

Categoría genética (banco de germoplasma reconocido por el ICA)

Debe cumplir con pasaporte con los correspondientes descriptores para el recurso genético, ya sea importado o local. Esta información debe estar avalada por la institución oficial garante del recurso genético y con las técnicas que permitan la completa identificación.

El Centro de Investigación Palmira de AGROSAVIA recibió del ICA el banco de germoplasma de cítricos y continuó con el proceso de microinjertación de ápices caulinares. Se obtuvo un total de 107 clones, 13 especies del género *Citrus* y 9 híbridos (Caicedo et al., 2006), que sirvieron de plantas donadoras de yemas, entre ellas las 15 variedades comerciales priorizadas por el sector viverista: naranjas (Frost Valencia, García Valencia, Olinda Valencia, Salustiana, Sweety Orange, Valencia Campbell, Valle Washington), mandarinas (Clemenules, lCA Bolo, Oneco), limas ácidas (pajarito y Tahití), tangelos (Minneola, Orlando) y Toronja (Star Ruby). Todas las plantas de esta categoría, generalmente injertadas en citranges Carrizo o Troyer (*Citrus sinensis* [L.] Osb. × *Poncirus trifoliata* [L.] Raf.), se conservan en el C. I. Palmira de AGROSAVIA, en materas de arcilla de 35 litros, dentro de casas de malla antipulgón (figura 10). Estas plantas se han evaluado respecto a diferentes enfermedades por medio de la indexación biológica y del análisis con técnicas moleculares, lo que ha permitido comprobar su sanidad frente a los patógenos CTV, CEVd, HSVd y HLB.

Figura 10. Plantas de cítricos en categoría genética (banco de germoplasma) conservadas en casa de malla antipulgón.



Foto: Nubia Murcia

Categoría básica (bloque de fundación)

El material vegetal de los cultivares debe provenir de un banco de germoplasma que disponga de descripción varietal, haber pasado por proceso de saneamiento (microinjertación), contar con un registro oficial de cantidad de cultivares adquiridos y tener una constancia ICA de registro y componente fitosanitario. Los árboles de cada cultivar se deben identificar individualmente con una etiqueta que contenga la información de cultivar, portainjerto y fecha de injertación.

Categoría registrada (bloque de multiplicación)

El material vegetal de los cultivares que se establezcan en este bloque debe provenir del bloque de fundación protegido en casa de malla con registro de certificación genética, y disponer de un soporte de entrega con la trazabilidad fitosanitaria, la cantidad, la información de fecha de trasplante y de injertación, así como del código de las plantas madre donadoras de yemas. Los árboles de cada cultivar en esta categoría se deben identificar individualmente por medio de una etiqueta con la información del cultivar, fecha de injertación, portainjerto establecido, número de yemas extraídas, fecha del último corte de material vegetativo y condición fitosanitaria.

Categoría certificada (bloque de multiplicación masiva)

El material vegetal de los cultivares que se establecerán en este bloque debe provenir del bloque de multiplicación protegido por casa de malla y contar con un soporte documental de entrega con trazabilidad, cantidad e información. Los bloques de cada cultivar en esta categoría se deben identificar con una etiqueta que contenga la información del cultivar, el estado de desarrollo, el portainjerto utilizado, la fecha de injertación y la procedencia de las yemas utilizadas para la injertación.

Todas las categorías de plantas, conforme con la normativa fitosanitaria vigente, se producen en casa de malla antipulgón. Las plantas de las diferentes categorías se cultivan con las mejores prácticas agronómicas disponibles, haciendo énfasis en el control de plagas. Todas las herramientas se desinfectan con hipoclorito de sodio entre el 1 y el 3 %, antes de cualquier actividad de poda, eliminación de chupones, injertación y colecta de varetas, para evitar la contaminación por transmisión mecánica.

Además, se dispone de instalaciones, oficinas, almacenes, maquinaria, terrenos, personal con los conocimientos técnicos necesarios y todo lo requerido para la producción.

Los bloques de cada cultivar en esta categoría se deben identificar con una etiqueta que contenga la información del cultivar, el estado de desarrollo, el portainjerto utilizado, la fecha de injertación y la procedencia de las yemas utilizadas para la injertación.

Producción de plantas de cítricos libres del HLB en ambientes protegidos: categorías registradas y certificadas

Infraestructura mínima requerida para la producción de plantas de cítricos en viveros

La producción de plantas de cítricos en Colombia para las cuatro categorías se debe realizar en viveros registrados ante el ICA, según la Resolución 12816 de 21 de agosto de 2019 (ICA, 2019a). A continuación, se relacionan algunas recomendaciones para multiplicación de cítricos en casas de malla.

Selección y adecuación del terreno para el vivero

El terreno donde se instalan las casas de malla, ya sea propio o alquilado, debe estar delimitado y alejado más de 100 m de cultivos comerciales de cítricos o especies afines que tengan similitud de plagas; debe tener fácil acceso y buen drenaje. El área contará con un plano de ubicación (coordenadas, límites, infraestructura o distribución) que indique las dimensiones en metros cuadrados.

Ambiente protegido

Es la infraestructura protegida con malla antipulgón, la cual genera una barrera física para salvaguardar las plantas de cítricos de algunos insectos vectores de enfermedades, como *D. citri*.

Áreas de producción

Las áreas dedicadas a la producción de plantas de cítricos deben estar establecidas dentro de la casa de malla (figura 11), que debe estar construida sobre una estructura metálica o de otro tipo de material resistente. El techo debe estar cubierto por plástico calibre 6, 7 u 8, con filtro UV, preferiblemente con tratamientos antivectores (longitud de onda entre 360 y 380 nm), u otro que cumpla con el objetivo de manera efectiva. Las paredes de la casa de malla deben estar recubiertas con malla antiáfido con dimensiones de 0,87 x 0,30 mm. Toda la periferia de la casa de malla deberá contar con aislamiento (plástico, metálico o en concreto) de entre 40 cm y 1 m de alto. Además, se debe disponer de sistema de riego por goteo o microaspersión, sistema de intercambio de aire y antesala de mínimo 4 m^2 con doble puerta y lavado de pies y manos.

Figura 11. Modelo de casa de malla para la multiplicación de plantas de cítricos con antesala con doble puerta y cubierta con teja plástica.



Foto: Mauricio Martínez

Es importante tener en cuenta que un vivero destinado a la producción de plantas de cítricos que cumpla con la normatividad vigente debe tener, al menos, dos unidades de producción:

- Área de semilleros.
- Área destinada al vivero productor de plantas de cítricos (este espacio se constituye en la vitrina de venta del material y de allí salen las plantas para la siembra en lotes comerciales).

Recomendaciones de bioseguridad

- Uso de pediluvio para el lavado de botas, o uso de polainas.
- Utilización de amonio cuaternario o de la molécula autorizada por el ente regulatorio para la desinfección de calzado al ingreso a casas de malla.
- Desinfección constante de las herramientas y del vestuario.
- Herramientas exclusivas para cada casa de malla o bloque de producción.
- Lavado regular de la malla antiáfido para evitar el uso de productos abrasivos que puedan deteriorarla.
- Prohibición de entrar en el vivero si en el mismo día se ha visitado o trabajado en otra finca o lotes de cítricos.
- Uso de ropa y calzado exclusivos para trabajo en cada casa de malla o bloque de producción, y uso de polainas, para el caso de los visitantes.
- Control de arvenses alrededor del área perimetral de la casa de malla.
- Prohibición de ingreso a personal no autorizado.
- Establecimiento de un protocolo de monitoreo de plagas de interés en las casas de malla.
- Determinación de un protocolo de manejo para posibles rupturas de la malla antiáfido.

La producción de plantas de cítricos certificadas en viveros registrados es la única garantía que tienen los productores para acceder a material sano libre del HLB y establecer sus huertos con plantas de calidad.

Producción de patrones

Los patrones de mayor uso en la citricultura colombiana son: limón Volkameriano (*Citrus volkameriana*), citranges Carrizo y Troyer (*C. sinensis* "Washington" sweet orange x *P. trifoliata*), Citrumello CPB 4475 (*Citrus paradisi* "pomelo Duncan" x *P. trifoliata*), Sunky x English (*Citrus unshiu* x *P. trifoliata*) y, en aumento, el Flying Dragon (*P. trifoliata* var. Mostruosa). Sin embargo, es recomendable mantenerse alerta a la posible introducción de nuevos materiales de patrones previamente evaluados, dada su adaptabilidad a la oferta ambiental y a los sistemas de producción del país.

Huertos básicos de patrones de cítricos registrados

Son necesarios para garantizar la disponibilidad de la semilla sexual requerida para la producción de portainjertos en casas de malla. Los viveristas productores de semilla sexual de portainjertos deben disponer de un huerto plenamente identificado, de procedencia conocida, con calidad genética y fitosanitaria que garantice la calidad de las semillas a comercializar. Los huertos básicos deben estar registrados ante el ICA y cumplir con los requisitos establecidos en las resoluciones del ICA 3168 de 2015 y 12816 de 2019 (ICA, 2019a). Los huertos de producción de semillas de patrones se pueden establecer a campo abierto (figura 12), ya que no se ha comprobado que el HLB se transmita vía semilla (Albrecht & Bowman, 2009; Hajivand et al., 2009; Lou et al., 2012; Widyaningsih et al., 2017). Sin embargo, árboles afectados por el HLB y otras enfermedades como el virus de la tristeza de los cítricos pueden producir menos frutos y menos semillas (Albrecht et al., 2019).



Figura 12. Árbol del portainjerto Carrizo (*C. sinensis* 'Washington' Sweet Orange x *P. trifoliata*) a campo abierto para producción de semillas.

Foto: Mauricio Martínez

Recomendaciones para la obtención de semillas de patrones o portainjertos

- Seleccionar frutos con tamaño promedio y con madurez fisiológica (figura 13) que garanticen obtener un buen número de semillas viables y con el vigor necesario para producir una plántula normal.
- Utilizar semillas provenientes de frutos que no presenten síntomas de pudriciones o malformaciones, como asimetrías.
- Cosechar directamente del árbol los frutos para extracción de semillas, nunca del suelo. Estos se deben almacenar en canastillas limpias.

Figura 13. Fruto de Sunky x English con grado de madurez adecuado para extracción de semillas.



Foto: Mauricio Martínez

Después de seleccionar los frutos, se realiza la extracción de semillas, que puede ser manual o mecánica. Los pasos son los siguientes:

1. Se divide el fruto realizando un corte superficial y, mediante torsión manual, se separan las dos mitades (figura 14).
2. Mediante presión, se separa la semilla de la pulpa, luego se agrega agua y se deja aproximadamente dos horas para separación del mucílago.
3. Se realizan varios lavados para asegurar la limpieza. Se descartan las semillas vanas que queden flotando en la superficie.
4. Se seca la semilla a la sombra y se selecciona de acuerdo con tamaño, peso y sanidad. El tiempo de secado debe oscilar entre dos y tres días.
5. Se deben seleccionar las semillas y eliminar cualquier tipo de contaminación. La Resolución 12816 de 2019 (ICA, 2019a) establece un porcentaje de pureza del 99 % para los portainjertos de cítricos.
6. Se aplica un tratamiento de desinfección con fungicida protectante para la siembra o el almacenamiento. Los productos que se utilicen deben estar registrados ante el ICA.

Figura 14. Fruto del portainjerto Citrumello CPB 4475 listo para la extracción de semillas.



Foto: Mauricio Martínez

Una vez se haya secado la semilla, se procede a realizar la siembra. Si se van a almacenar las semillas, se recomienda que sea por periodos de tiempo breves, no superiores a seis meses para algunos portainjertos (Martínez et al., 2022). El almacenamiento se debe realizar en condiciones de temperatura inferior a 10 °C (Jaramillo et al., 2012).

Semilleros de patrones de cítricos

Para la siembra de semillas de patrones de cítricos se pueden utilizar camas de germinación, ya sea en concreto u otros materiales, o bandejas de germinación. En caso de sembrar las semillas en camas con arena u otros sustratos, se deben hacer surcos entre 2 y 2,5 cm de profundidad, con una separación de 10 cm entre ellos (figura 15a). Para la siembra en germinadores plásticos con alveolos (figura 15b), se recomienda depositar dos semillas por cada alveolo, a una profundidad de 2 a 2,5 cm, con el fin de eliminar las plantas atípicas, deformes o poco desarrolladas.

Figura 15. Semilleros para portainjertos de cítricos en casa de malla antipulgón. **a.** Germinadores en arena; **b.** Germinadores en bandejas con alveolos.





Fotos: Mauricio Martínez

La profundidad de la siembra puede variar para cada portainjerto, dependiendo del tamaño de cada uno. Se sugiere sembrar las semillas pequeñas a una profundidad de entre 1,5 y 2 cm, y las semillas grandes, entre 2,5 y 3,0 cm. La emergencia de las plántulas en casa de malla varía de 15 a 35 días después de la siembra (Burgos et al., 2011; Martínez et al., 2022). La Resolución 12816 de 2019 (ICA, 2019b) establece un porcentaje mínimo de germinación de los portainjertos de cítricos del 70 %.

Riego y fertilización de semilleros

Después de sembrar las semillas en los sustratos, se deben realizar riegos periódicos para asegurar la suficiente hidratación del medio de germinación. El área del semillero debe estar cubierta con una polisombra del 50 % de reducción de luz, para evitar quemar las plántulas cuando inicie la emergencia y disminuir la tasa de humedad de los sustratos utilizados en la germinación. El tiempo entre los riegos dependerá del sustrato de germinación utilizado. Si se trata de arena, los riegos deben ser diarios. Si se utiliza otro sustrato de mayor retención de humedad, pueden hacerse día de por medio.

Durante el periodo de desarrollo de las plántulas, se recomienda hacer fertilización con una fuente de nitrógeno en *drench*, preferiblemente con sulfato de amonio, en baja concentración, para evitar quemar las plantas. La etapa de semillero tarda entre 75 y 90 días para que las plantas estén listas para el trasplante a las bolsas con el sustrato (Burgos et al., 2011; Martínez et al., 2022).

Trasplantes de portainjertos a bolsa

Para el trasplante, se deben seleccionar plántulas bien formadas, que tengan entre 10 y 15 cm de altura, que estén sanas, con tres hojas verdaderas y con raíces fibrosas, abundantes y sin torceduras (figura 16). Las plantas con raíces torcidas o que muestren poco vigor (desarrollo) se deben descartar. Esta actividad se encarga al personal operativo que se ha capacitado en manejo de plantas en vivero.

Después de sembrar las semillas en los sustratos, se deben realizar riegos periódicos para asegurar la suficiente hidratación del medio de germinación.

Figura 16. Plántulas de patrones de cítricos adecuadas para el trasplante en bolsa.



Foto: Mauricio Martínez

Una vez se clasifiquen las mejores plántulas, se debe realizar el trasplante (figura 17) a las bolsas de 43 cm de largo x 18 cm de ancho, calibre 3, con el sustrato utilizado en el vivero y desinfectado previamente. El uso de bolsas con esta capacidad de sustrato proporciona un mejor desarrollo del sistema radical, lo que incide también en un mejor desarrollo y formación de la parte aérea. De esto resulta una planta de vivero más vigorosa y apta para ser llevada a plantación en menor tiempo (Bordignon et al., 2006). El sustrato debe estar libre de malezas de plantas invasoras susceptibles de ser hospederas de plagas o de microorganismos patógenos que pueden generar enfermedades, como *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Phytophthora* spp., entre otros. El sustrato debe ser de textura suelta, que permita el buen desarrollo de las raíces, y con buena retención de humedad.

Figura 17. Esquema de trasplante y desarrollo de portainjertos de cítricos en casas de malla.



Fotos: Gustavo Acosta y Nubia Murcia

Cuando se haya realizado el trasplante, se recomienda aplicar un fungicida sobre el cuello de la raíz de las plantas para protegerlas de enfermedades causadas por microorganismos como *Fusarium* spp. y *Phytophthora* spp., entre otros. Las aplicaciones deberán efectuarse a los 7 y 21 días después del trasplante. Para promover un mejor desarrollo de raíces, se recomienda aplicar un enraizador que contenga preferiblemente auxinas, como el ácido naftalenacético y el ácido indolbutírico.

Las bolsas con las plántulas recién trasplantadas se deben organizar en camas elevadas del piso a 30 cm y se han de rotular indicando el tipo de portainjerto y la fecha exacta del trasplante. Si se utilizan varios portainjertos, se pueden usar pinturas en vinilo de diferentes colores para diferenciar los bloques de plantas que se certificarán. No se recomienda la mezcla de portainjertos en un mismo bloque.

Manejo de los portainjertos de cítricos en fase de vivero

El desarrollo de los portainjertos en fase de vivero dependerá del portainjerto utilizado y de las condiciones de temperatura y humedad relativa dentro de las casas de malla. En condiciones de mayor temperatura, el desarrollo se logra más rápido. En los trabajos de investigación adelantados por AGROSAVIA, bajo las condiciones de casas de malla en Palmira (Valle del Cauca), se ha encontrado que los portainjertos logran un diámetro de injertación de 5 a 8 mm después de los 4 meses de trasplantados (Martínez et al., 2022). Según Girardi et al. (2007) y Arrieta-Ramos et al. (2014), el limón Volkameriano alcanza un grosor de injertación más rápido que otros portainjertos, lo que representa menor tiempo en vivero, costos de producción más bajos y una excelente alternativa para los viveristas en cuanto a plantas en categoría de multiplicación, que sirven para la proveeduría de yemas y para multiplicar plántulas de categoría certificada con las copas que son compatibles con este portainjerto.

Riego

La frecuencia de los riegos dependerá de los sustratos utilizados. Generalmente, con sustratos porosos se recomienda realizar riegos cada 2 o 3 días, dependiendo del estado de desarrollo de las plántulas (Martínez et al., 2022). Se sugiere monitorear la humedad de los sustratos con sensores que permitan mejorar la actividad del riego, y aplicar agua solo en los momentos requeridos. Cuando se utiliza riego por microaspersión o con manguera tipo jardín, se debe evitar mojar las hojas para prevenir el ataque de microorganismos que generen enfermedades.

Fertilización

Se recomienda realizar una primera fertilización en *drench* con fertilizantes compuestos, con base en nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K), entre 8 y 15 días después del trasplante. La dosis para preparar la mezcla para la fertilización debe estar recomendada por un ingeniero agrónomo que tenga conocimiento del proceso, y tomando como referente los resultados de los análisis químicos y de fertilidad de los sustratos utilizados. Durante el desarrollo de los patrones o portainjertos, se sugiere realizar, al menos, una fertilización mensual para favorecer el buen desarrollo de las plantas en condiciones adecuadas.



Foto: Nubia Murcia

Injertación de patrones de cítricos con cultivares comerciales para los bloques de multiplicación y certificación

Cuando los patrones o portainjertos han alcanzado de 5 a 8 mm de diámetro después de los 20 cm de longitud, se puede realizar la injertación con yemas certificadas libres de enfermedades como CTV, CEVd y HLB, entre otros patógenos. Se debe tener en cuenta:



Si la injertación se realiza para producir árboles de bloque de multiplicación, las yemas deben provenir de las plantas de bloque de fundación.



Si la injertación es para producir plantas certificadas con el fin de ser entregadas a los productores, las yemas deben provenir de las plantas del bloque de multiplicación.

En caso de que el vivero no disponga de los bloques en las categorías básica (bloque de fundación) y registrada (bloque de multiplicación), se debe garantizar que el material de propagación —es decir, las yemas— provenga de un vivero registrado ante el ICA, según la Resolución 12816 de 2019 (ICA, 2019b), y que disponga de los certificados fitosanitarios expedidos por el ICA en cuanto a las principales enfermedades de transmisión por injerto (CTV, CEVd y HLB, entre otras).

Los análisis de laboratorio por métodos moleculares se realizan para verificar la sanidad y expedir los certificados fitosanitarios para cada categoría, de acuerdo con lo establecido en la tabla 1.

Tabla 1. Verificación fitosanitaria de enfermedades y porcentaje de muestreo para especies cítricas en las diferentes categorías

Enfermedad	Genética	Básica	Registrada	Certificada
Tristeza de los cítricos (CTV)	Una vez al año, 100 % del material.	Una vez al año, 100 % del material.	Una vez al año, 2 % del material.	Una vez al año, 0,2 % del material.
Exococortis (CEVd)	Una vez cada 3 años, 100 % del material.	Una vez cada 3 años, 100 % del material.	Una vez al año, 5 % del material.	Una vez al año, 0,1 % del material.
Huanglongbing (HLB)	Una vez al año, 100 % del material.	Una vez al año, 100 % del material.	Una vez al año, 5 % del material.	Una vez al año, 0,1 % del material.

Fuente: ICA (2019b)

De acuerdo con la norma actual, el nivel de tolerancia a las enfermedades CTV, CEVd y HLB es cero, es decir que ninguna planta puede resultar contaminada, porque se debería descartar todo el bloque.

Una vez se tenga la certeza de que las plantas a partir de las cuales se van a colectar las yemas están libres de enfermedades, se realiza una selección de varetas con diámetros similares a los portainjertos, con el fin de asegurar el contacto entre los tejidos de las dos partes (figura 18).

Si el vivero no dispone de los bloques en las categorías básica y registrada, se debe garantizar que el material de propagación provenga de un vivero registrado ante el ICA.

Figura 18. Varetas aptas para la injertación de patrones.

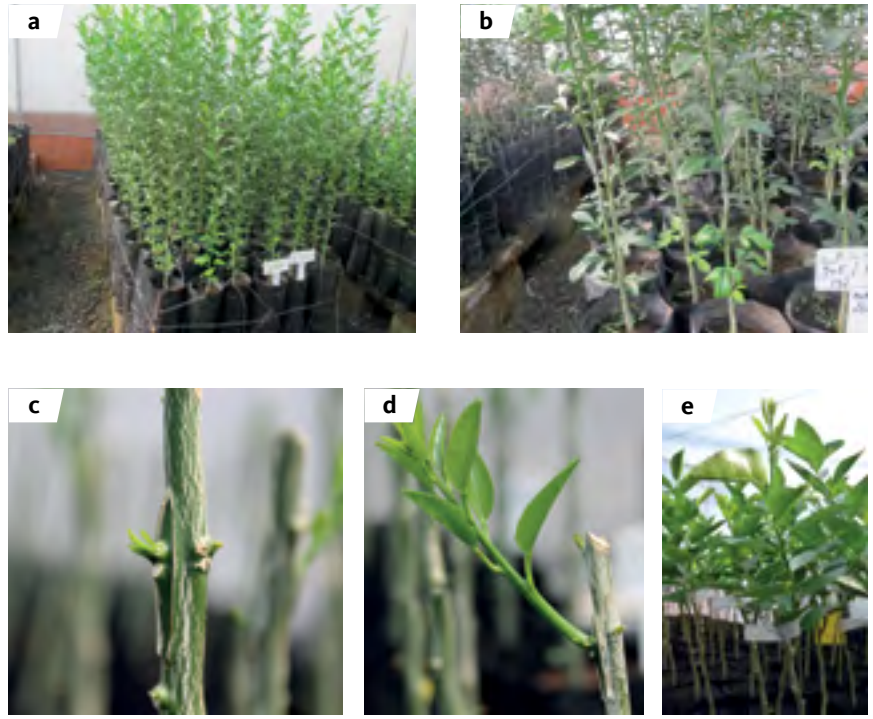


Foto: Juliene Andrea Barreto-Rojas

Previamente a la injertación, se recomienda realizar una clasificación de los patrones, seleccionando aquellos que tengan un diámetro entre 5 y 8 mm, entre los 20 y 30 cm de altura desde la base del tallo (figura 19a). Al momento de realizar el injerto, el patrón debe estar hidratado. Se recomienda realizar un riego abundante uno o dos días antes de la injertación y que hayan transcurrido al menos 15 días desde la última fertilización, para favorecer el prendimiento de las yemas.

El método de injertación más utilizado en cítricos es el de T invertida, que consiste en realizar dos cortes en el patrón, uno horizontal y otro vertical, en la parte más lisa. Después de hacer el injerto, se realiza un amarre y cubrimiento con cinta plástica de aproximadamente 2 cm de ancho x 10 cm de largo, el cual debe ajustarse bien para hacer un buen contacto entre la yema y el portainjerto (figura 19b). Se recomienda que, al pasar de una planta injertada a otra sin injertar, las navajas utilizadas se desinfecten en una solución de hipoclorito de sodio al 1 % y luego se pasen por agua, para evitar el daño en las yemas. De esta manera se disminuye el riesgo de contaminación de la planta.

Figura 19. Desarrollo de los injertos.
a. Patrones adecuados para la injertación; **b.** Patrón recién injertado con cubrimiento total de la zona de injertación; **c.** Yema viable a los 10 días después de la injertación; **d.** Desarrollo del brote a los 15 días después de la injertación; **e.** Desarrollo de la variedad comercial injertada en patrones bajo condiciones de casas de malla.



Fotos: Mauricio Martínez

La eliminación del plástico se debe realizar entre los 10 y 20 días posteriores al injerto (figura 19c), dependiendo de las condiciones ambientales de las casas de malla: a mayor temperatura, menor tiempo para el desamarre del injerto (figura 19c). Una vez se haya confirmado el prendimiento de este, se debe realizar el corte del portainjerto (figura 19d). Luego, se recomienda realizar el tutorado para promover el crecimiento erecto del brote emergido (figura 19e) (Martínez et al., 2022).

Durante el desarrollo del injerto, y para mantener un solo tallo con crecimiento vertical, se deben eliminar los brotes laterales, mediante el deschuponado o poda. Es muy importante desinfectar con una solución de hipoclorito de sodio al 1 % las tijeras, navajas u otras herramientas de corte que se utilicen para podar las plantas de cada variedad, o al cambiar de lote de plantas.

Manejo agronómico de las plantas en vivero después de la injertación

Después de tener las plántulas en vivero, el manejo agronómico es fundamental para asegurar que se desarrollen con buen porte y vigor. Para esto se deben tener en cuenta las siguientes prácticas:



Control de malezas

Debe ser manual y consiste en retirar de la bolsa todas las hierbas que crecen al lado de la plántula, evitándole así la competencia por agua, luz y nutrientes. Es fundamental hacer esta labor periódicamente durante los primeros tres meses, y en los siguientes se debe continuar con menor rigurosidad.



Fertilización

El suministro de los nutrientes que requieren las plántulas para su normal desarrollo y futura producción tiene que ser diligentemente programado. La fertilización de las plántulas debe ser edáfica y foliar, según recomendaciones del ingeniero agrónomo.

Manejo de plagas

El éxito en la producción de árboles frutales de calidad implica, además, un correcto manejo de los problemas fitosanitarios. En esta etapa, las plántulas son muy susceptibles a plagas, por lo cual se debe implementar un plan de manejo que incluya:



Identificar las plagas

Las principales limitantes fitosanitarias durante la producción son las causadas por hongos (*Fusarium* y *Alternaria*) y oomicetos (*Phytophthora* y *Pythium*), e insectos como psílidos (*D. citri*), áfidos (*Toxoptera citricida, Aphis citricola* y *Aphis gossypii*), comedores de follaje (*Compsus* spp.), mosca blanca (*Aleurothrixus floccosus*), minador de los cítricos (*Phyllocnistis citrella*) y ácaros (*Polyphagotarsonemus latus*) (Martínez et al., 2022).

Si las condiciones de humedad relativa son muy altas, se pueden presentar enfermedades foliares causadas por hongos y bacterias, las cuales se deben controlar durante toda la etapa de producción.



Prevenir el incremento poblacional de plagas

En los viveros se debe evitar el exceso de humedad en los sustratos, utilizando la cantidad de agua requerida (impedir riego excesivo) y contando con un medio de buen drenaje. Además, se requiere promover la buena aireación del lugar, para prevenir la proliferación de los hongos del suelo. Se recomienda no manipular las plantas cuando estén húmedas, para evitar la diseminación de enfermedades.

Antes de sacarlas del vivero, se sugiere realizar la aplicación preventiva de un insecticida que disminuya el riesgo de contaminación de algún patógeno transmitido por un vector.



Monitorear las poblaciones de las plagas como principal factor de decisión

Esta práctica evita pérdidas significativas del material vegetal. Durante la producción de plantas de cítricos en las distintas categorías, se recomienda realizar monitoreos por parte del personal capacitado, haciendo dos tipos de inspección: indirecta (trampas cromáticas) y directa (monitoreo visual). El objetivo es verificar la ausencia o presencia de los diferentes artrópodos plaga en las casas de malla y hacer estimaciones de la población, para categorizar el riesgo e implementar medidas de control. También es importante detectar cualquier síntoma asociado a las enfermedades que pueden presentarse en los cítricos.

Controlar

Las hojas que presenten síntomas de necrosis y halos amarillentos deben removerse. Las aspersiones con fungicidas registrados ante el ICA pueden ayudar en el control de enfermedades foliares.

Después de los 90 días de injertación, las plantas tienen el desarrollo adecuado para ser llevadas a campo (figura 20).

Figura 20. Plantas de cítricos libres de HLB y otras enfermedades, y aptas para el establecimiento en huertos de productores.



Foto: Juliene Andrea Barreto-Rojas

Algunas recomendaciones adicionales

- Etiquetar las plantas con el nombre de la especie, el código, la fecha de multiplicación y el tipo de patrón de todas las plantas.
- Mapear la ubicación de cada una de las plantas.
- Registrar todas las actividades en bitácoras.
- Revisar permanentemente la infraestructura de las casas de malla y el programa de manejo para implementar los correctivos necesarios.

Capítulo 5

El manejo del agua para la prevencion del HLB

Liliana Ríos-Rojas



Foto: Liliana Ríos-Rojas

La inadecuada cantidad de agua y nutrientes en los cultivos genera debilidad y aumenta la susceptibilidad a las enfermedades (Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA], 2010). Por ello, un adecuado manejo agronómico potencia la sanidad y productividad de los cultivos, lo que prolonga su vida útil (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2014). Las pérdidas significativas causadas por plagas pueden ser prevenidas y mitigadas mediante el manejo integrado del cultivo (Gutiérrez et al., 2015).

En la actualidad, no existe un método correctivo que mitigue el efecto del patosistema Huanglongbing (HLB) - *Diaphorina citri* - *Candidatus* Liberibacter asiaticus, lo cual impone un reto a la citricultura de Colombia. Por ello, es necesario mejorar e intensificar las buenas prácticas de manejo del cultivo mientras la bacteria lo permita.

El HLB produce una obstrucción en los conductos por donde transitan los nutrientes (floema) (Bové, 2006). La interrupción del transporte de fotosintatos de los brotes hacia la raíz trunca el desarrollo de la planta (Cimo et al., 2013; Etxeberria et al., 2009; Manzanilla-Ramírez et al., 2019) y, en consecuencia, afecta la captación de agua. Por esta razón, la planta sufre una desnutrición generalizada (Huang & Cheng, 2015).

En condiciones normales, los órganos de las plantas están en constante regeneración y crecimiento. Esto hace que en los periodos previos a la infección siempre puedan tener conductos libres de la obstrucción que causa la bacteria. Para hacer frente al problema de taponamiento generado por el HLB, se debe estimular una más rápida y continuada regeneración de los conductos, de tal manera que la planta posea siempre un sistema que le permita translocar las sustancias nutritivas y el agua. Este estímulo se puede lograr con la mejora del manejo agronómico del cultivo, a fin de aportar suficiente agua y nutrientes a la planta (Pérez-Pérez et al., 2010; Ríos-Rojas et al., 2018; Vanegas, 2002).

Respecto al aporte hídrico para prolongar la vida de la planta, es importante que el agua siempre esté disponible en la matriz del suelo: sin exceso, que genera proliferación de patógenos en la zona de raíces, y sin déficit, que afecta la correcta hidratación y nutrición mineral (Helyes et al., 2012).

Para hacer un adecuado manejo del agua y cuantificar la disponibilidad, el productor debe conocer el suelo, en la superficie y en la profundidad, así como el clima predominante (Vélez, et al., 2012). Con esta información podrá calcular el volumen de agua a aplicar y la frecuencia de aplicación, así como determinar el sistema de riego más adecuado al tipo de suelo. Con la correcta aplicación del riego, el productor estará potenciando la sanidad del huerto, al estimular su crecimiento y su respuesta productiva (Ismail et al., 2008).

El riego

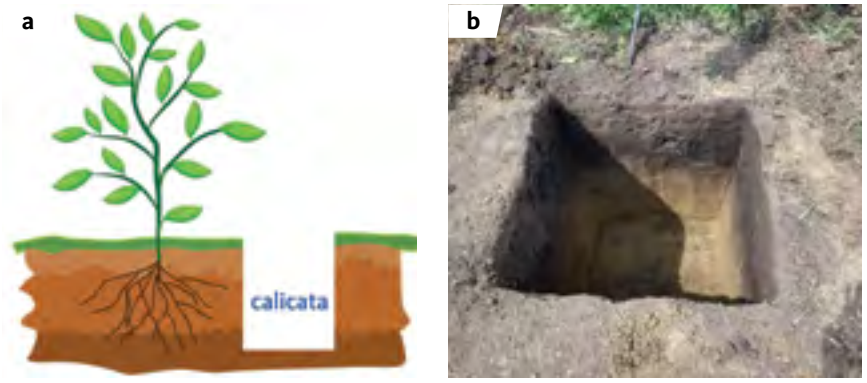
Regar no es solo aplicar agua; es saber dónde, cuándo, cuánto y cómo hacerlo para lograr el objetivo de satisfacer las necesidades hídricas de la planta para mantener su integridad y mejorar su productividad.

En este capítulo se presentan las técnicas y tecnologías disponibles para resolver las preguntas fundamentales sobre la aplicación de riego, enfocadas en la prevención de enfermedades, aspecto que afecta directamente la productividad.

Ubicación del riego en el árbol

El agua en el suelo debe tener contacto con todas las raíces del árbol, ya que ellas son las que la conducen al interior de la planta. Para garantizar que el agua penetre en el suelo y se logre este contacto, es necesario procurar un volumen de agua y una cantidad de tiempo suficientes en la aplicación del riego. El agua debe llegar hasta la última raíz en la profundidad del suelo, por lo que el primer dato que se debe conocer es a qué profundidad están las raíces. Esta información se consigue excavando una calicata, agujero de 1 m de lado x 1 m de profundidad (figura 21), al lado del plato del árbol. Con ello se puede identificar el perfil del suelo en el cual se desarrolla la planta y sus limitantes (Comisión Nacional de Riego de Chile [CNR], 2017).

Figura 21. Diseño y ubicación de la calicata.
a. Ubicación de la calicata al lado del plato del árbol;
b. Dimensión de la calicata: 1 m x 1 m x 1 m.



Fuente: Ríos-Rojas et al. (2024)
Foto: Juliene Andrea Barreto-Rojas

En la calicata es posible observar si las raíces están sanas o no (Martínez et al., 2019). De estar enfermas, se pueden evidenciar los síntomas y se podrán tomar fácilmente muestras y describir los factores asociados a la sintomatología. También se pueden ver los diferentes horizontes del suelo, es decir, los cambios de color o textura, las capas endurecidas, las capas con gravas, la acumulación de sales (capas blanquecinas) y los niveles freáticos altos (CNR, 2017; Molinas et al., 1988) que aportan humedad y pueden generar pudrición de raíces y proliferación de hongos y bacterias. En general, en la calicata se pueden descubrir todos aquellos factores que afecten el adecuado desarrollo de las raíces.

Por ejemplo, en zonas donde los huertos citrícolas se instalan sobre lotes que han sido altamente mecanizados, hay riesgo de encontrar horizontes compactados bajo la superficie. La dureza de estos horizontes los hace casi impenetrables, incluso a las herramientas agrícolas. Estas capas endurecidas (figura 22) bloquean la infiltración y pueden generar una acumulación de agua por periodos prolongados en los horizontes superficiales. Estos excesos de saturación disminuyen la disponibilidad de oxígeno para las raíces e incluso pueden producir pudriciones (Ríos-Rojas et al., 2015).

Si las raíces están enfermas, se pueden evidenciar los síntomas y se podrán tomar fácilmente muestras y describir los factores asociados a la sintomatología.

Figura 22. Capa endurecida cerca de la superficie del suelo.



Foto: Liliana Ríos-Rojas

Si el sitio donde está el cultivo tiene problemas de drenaje, es decir, si cuando llueve se generan espejos de agua (charcos) que permanecen por un tiempo prolongado en la superficie del suelo, se debe optar por excavar drenajes a lo largo de las hileras del cultivo. Si en este tipo de suelos se va a instalar un cultivo nuevo, será recomendable sembrar en camellones altos. Los camellones son montículos de tierra de unos 50 cm de altura y 1,5 m de ancho en la base (Carabalí et al., 2019), lo que permite dar un ambiente adecuado al desarrollo de las raíces para evitar que estén siempre en contacto con un medio húmedo y se enfermen. Un aporque alto también será recomendable en aquellos huertos ya instalados, para evitar el encharcamiento en la zona de raíces y mejorar la oxigenación. En la figura 23 se muestra un cultivo instalado en camellones.

Figura 23. Cultivo instalado en camellones.



Foto: Liliana Ríos-Rojas

Así como hay condiciones ambientales que generan y promueven el exceso de almacenamiento de agua cerca de las raíces, también existen aquellas que promueven el drenaje, lo que afecta la disponibilidad de agua para la planta (CNR, 2017). Con ello se altera la captura del agua por parte de la planta, es decir que esta sufre por déficit hídrico aun en un día de lluvia o después de un evento de riego. Se trata de horizontes profundos con gravas o arenas en la zona de raíces. En esta condición, se debe reponer agua al árbol al menos dos veces al día, para potenciar el funcionamiento de la planta en las horas con luminosidad, lo cual garantiza la continuidad en la regeneración de tejidos.

Además de penetrar hasta la última raíz, el agua debe cubrir toda el área del plato. Esta es el área que debe cubrir el riego en la superficie. En los cítricos se recomienda regar con sistemas de microaspersión o goteo (Fernández et al., 2015; Martínez et al., 2019), en suelos arcillosos se recomienda riego por goteo y en suelos arenosos, microaspersión con emisores de 25 $l*h^{-1}$. Los emisores (microaspersores o goteros) se insertan en una manguera de polietileno de 16 mm, formando un anillo alrededor del árbol. Cada anillo se conecta a una manguera lateral enterrada, ubicada paralelamente a la línea de cultivo. Esta manguera es de polietileno de 16 mm. El anillo se ubica a una distancia media entre el tronco y la parte exterior del plato (también llamado gotera del árbol). Esta distancia se denomina radio mojado. En la figura 24 se muestra la ubicación del anillo de riego.

Figura 24. Ubicación del anillo de riego.



Foto: Liliana Ríos-Rojas

Para definir cuántos emisores se deben poner para cubrir toda el área del plato, se inserta un gotero o microaspersor, según corresponda al tipo de suelo, y se deja funcionar por una hora. Después, se mide el área que se mojó (área mojada del emisor). El área del plato (área a regar) se divide por el área mojada del emisor y así se obtiene el número de emisores (ecuación 1) (figura 25).

Área mojada emisor = 3,1416 * (radio mojado * radio mojado)

Si el radio mojado por el emisor es 0,3 m, el área mojada sería:

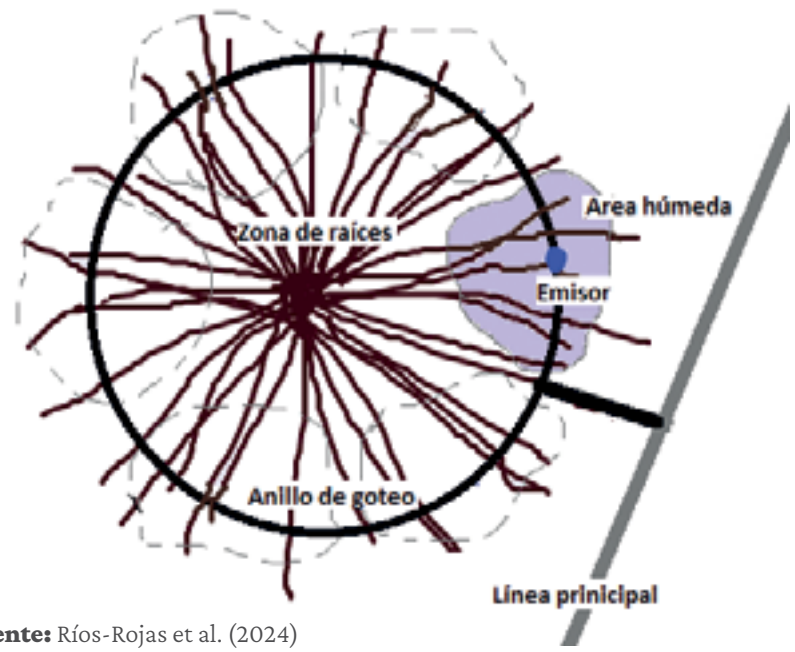
Área mojada emisor = 3,1416 * (0,3 m * 0,3 m) = 0,28 m^2

Así, el número de emisores será:

Ecuación 1

Área regar / área mojada emisor = 2,0 m^2 / 0,28 m^2 = 7

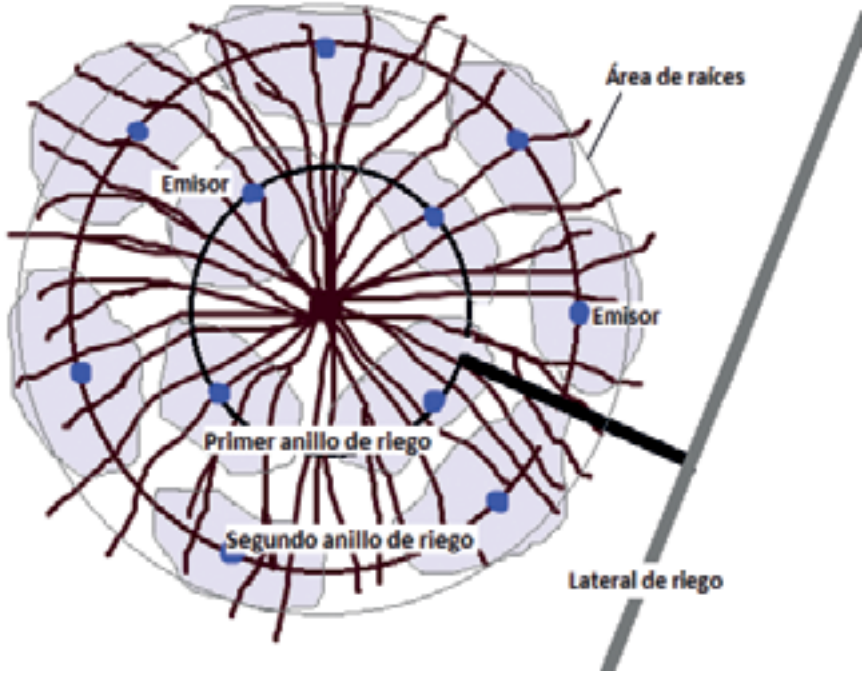
Figura 25. Ubicación de los emisores.



Fuente: Ríos-Rojas et al. (2024)

Cuando el árbol está joven, los emisores se ubican en un primer anillo. A medida que el árbol crece, se debe ampliar el área de riego, para lo cual se adiciona un segundo anillo externo con emisores (Martínez et al., 2019). Así se garantiza el cubrimiento del área del plato (figura 26).

Figura 26. Doble anillo de riego para árboles grandes.



Fuente: Ríos-Rojas et al. (2024)

Si al regar se observan espejos de agua o charcos que permanecen, no se infiltran y, además, crecen y se desbordan de manera exagerada del área del plato, quiere decir que se eligió mal el caudal del emisor, dado que la capacidad de infiltración del suelo es menor a la emisión del riego. Esto indica que se deben cambiar los emisores por unos de menor caudal. Para suelos de infiltración baja (suelos arcillosos) o en pendiente, se recomiendan goteros de 4 $l*h^{-1}$. Para suelos francos —en los cuales la infiltración es un poco más rápida— en pendientes poco pronunciadas, se deben usar goteros de 8 $l*h^{-1}$. En suelos planos —que no se encharcan— se recomienda un sistema de microaspersores de bajo caudal de 25 $l*h^{-1}$.

No se debe generar un ambiente húmedo sobre la superficie del suelo ya que con ello se promueve el establecimiento y desarrollo de hongos y bacterias. Por ello, será importante considerar que, cuando se usa un sistema de riego por microaspersión, se debe procurar no mojar el tronco del árbol para evitar procesos de pudrición y, en general, para prevenir enfermedades. Con este fin, se debe poner especial cuidado en la selección y ubicación de los microaspersores. Se recomienda el uso de microaspersores de 180°, es decir, aquellos cuya emisión de agua abarca solo la mitad de la sección circular. Así, la zona ciega se direcciona hacia el tronco. En la figura 27 se muestra un microaspersor del tipo 180°.

Figura 27. Microaspersor con emisión en 180°.



Fotos: Liliana Ríos-Rojas

Para mantener la sanidad en la zona de raíces en el cuello del tallo o tronco y, en general, en toda la planta, no se debe aplicar agua en exceso. No es recomendable la práctica de riego por gravedad o por canales alrededor del árbol, porque no se logra ubicar el riego ni controlar el volumen de agua aplicada. En suelos arcillosos, este tipo de riego normalmente satura la zona superficial, lo que genera espejos de agua prolongados. Al observar este exceso de humedad, el productor deja de regar, aduciendo que ha mojado toda la zona de raíces; sin embargo, puede suceder que el agua no haya penetrado suficientemente. En este caso, la planta sufre por déficit, incluso después del riego. En suelos con alta capacidad de drenaje, o con alto contenido de arena, por el contrario, la aplicación de un volumen descontrolado satura y supera rápidamente la zona de raíces y, dado que no se forman charcos, el productor considera que le falta riego y genera un sobrerriego, es decir, un excedente en el consumo de agua y energía.

Tiempo de riego: regar sin exceso y sin déficit

Para no incurrir en un exceso o déficit hídrico, al regar se debe definir en cuánto tiempo el agua logra cubrir toda la zona de raíces. Este tiempo está en función de la capacidad de infiltración del suelo y depende del tipo de suelo. Una vez ubicados todos los emisores (goteros o microaspersores), se inicia la operación del sistema de riego. Pasados 15 min, se perfora en el plato del árbol, en la zona mojada y se mide hasta qué profundidad ha penetrado el agua. Hecha la primera medición, se esperan otros 15 min y se hace otra perforación, en un punto diferente del árbol, para medir hasta dónde ha penetrado el agua. Se continúa así, perforando y midiendo, hasta que el agua haya penetrado en toda la zona de raíces (figura 28). Esta profundidad debe ser cercana a la observada en la calicata para la ubicación de las raíces. En este momento se puede detener el riego.

Figura 28. Perforación alrededor del árbol para verificar penetración del agua.



Foto: Liliana Ríos-Rojas

El tiempo de riego será el tiempo que haya tomado mojar toda la zona de raíces. Si se trata de un suelo arenoso, será recomendable medir cada 10 min y no cada 15. Con este método se garantiza que el agua penetró en toda la zona de raíces y que no habrá exceso ni déficit. El volumen regado será el caudal del total de emisores que se haya puesto en el árbol multiplicado por el total de los minutos regados, dividido en 60 min. Por ejemplo, si ubicamos 7 goteros de 8 $l*h^{-1}$ y regamos 48 min, el volumen aplicado con el riego por árbol será el indicado en la ecuación 2:

Ecuación 2

Volumen regado = 7 goteros * 8 $l*h^{-1}$ = (56 $l*h^{-1}$ * 48 min) / 60 min = 44,8 l

Frecuencia de riego

La frecuencia de riego indica cuándo se debe volver a regar. En el momento en que se haya terminado de regar, es decir, cuando el agua haya penetrado hasta el final de la zona de raíces, se toma una muestra de suelo entre los 10 y 20 cm. En este momento, el suelo ya estará a capacidad de campo (CC). A la muestra se le hace una prueba gravimétrica (figura 29) para determinar cuánta agua tiene el suelo con base en su peso. Después, este contenido de humedad se multiplica por la densidad aparente y se halla el contenido de agua con base en el volumen, es decir, qué tanto de ese volumen que ocupan las raíces debe ser agua.

Recuerde que, además de raíces, esta zona tiene partículas sólidas, o lo que se denomina comúnmente *tierra + aire + agua*, y que cuando el suelo está a CC, se hace referencia a que estos tres componentes tienen un contenido adecuado y se dice que este sistema está en equilibrio. La CC es obtenida desde un análisis físico de suelos, esto es, desde una curva de retención de humedad (CRH), a 0,33 bar. Este análisis se hace en un laboratorio especializado en física de suelos, a partir de una muestra de suelo sin disturbar, tomada con un anillo de acero. AGROSAVIA lleva a cabo este tipo de análisis.

Prueba gravimétrica

Se toma una muestra de suelo en la zona mojada por el riego. Esta muestra se pesa —en este caso se trata de *peso húmedo*— y se pone a secar en la estufa en un recipiente limpio. Cuando se observe seca, se pesa de nuevo. El proceso de pesado y secado se hace repetidamente hasta conseguir un peso constante, que, en este caso, será *peso seco*. Recuerde descontar cada vez el peso del recipiente que contiene la muestra. En la figura 29 se esquematiza el proceso de la prueba gravimétrica.

Figura 29. Prueba gravimétrica del suelo.
a. Sitio de extracción de la muestra; **b.** Esquema de la prueba gravimétrica.



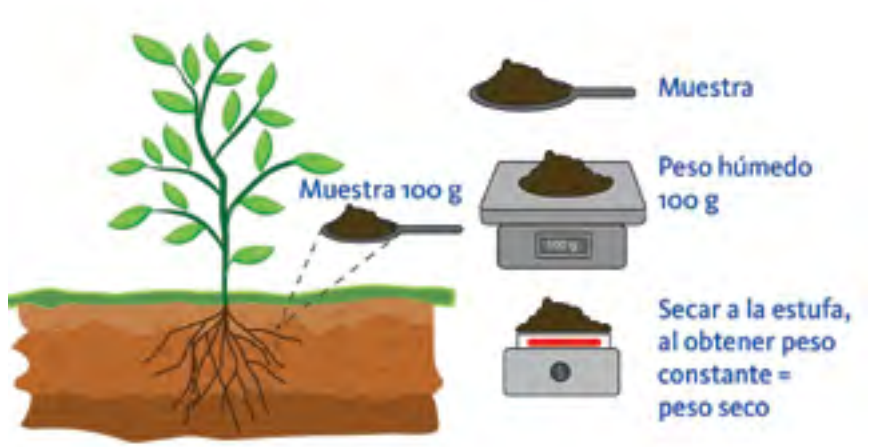


Foto: Liliana Ríos-Rojas
Fuente: Ríos-Rojas et al. (2024)

Se aplica la ecuación 3 para definir el contenido de humedad con base en el peso.

Ecuación 3

$$\% \text{ Agua (peso)} = \frac{\textit{Peso húmedo} - \textit{peso seco}}{\textit{peso seco}} * 100$$

Para obtener el contenido de humedad con base en el volumen, que es la unidad en la cual se cuantifica la CC, el resultado de la ecuación 3 se multiplica por la densidad aparente (Da). La Da es otro parámetro que entrega un laboratorio especializado en física de suelos y también es resultado de una muestra de suelo sin disturbar, tomada con un anillo de acero (ecuación 4).

Ecuación 4

$$\% \text{ Agua (volumen)} = \% \text{ agua (peso)} * \textit{Da}$$

El resultado de la ecuación 4 indica cuánta humedad tiene el suelo en el momento de la medición. Dado que la humedad del suelo cambia —pues se agota por el desplazamiento interno y por el consumo de la atmósfera y de la planta—, siempre que se desee saber el contenido de humedad se debe hacer la prueba gravimétrica.

La humedad ideal para mantener en el suelo es 80 % CC, sin embargo, se vuelve a regar una vez se haya consumido el 80 % de esa humedad o, lo que es lo mismo, el 64 % de CC. Por ejemplo, si la capacidad de campo es 28 %, la humedad ideal a mantener es 22,4 %. Cuando se haya consumido el 20 % de ese 22,4 %, se debe volver a regar, es decir que, cuando el contenido de humedad haya llegado a 17,9 %, se riega hasta que el contenido vuelva a ser 22,4 %.

Es recomendable hacer la prueba gravimétrica diariamente, con ello se puede determinar cuánta agua se consume a diario en el cultivo y, de esta manera, se va calibrando la frecuencia de riego, hasta llegar a un número de días específico para volver a regar. En zonas de suelos arenosos con clima cálido seco, la prueba se debe hacer dos veces al día, en la mañana y en la tarde. Lo anterior define si la frecuencia de riego es menor o mayor a un día.

Sensores para control de riego

El uso de sensores en el manejo de los cultivos es una práctica ya generalizada en explotaciones comerciales de alta rentabilidad, ya que permite distribuir de forma eficiente los recursos e incrementar la calidad de los productos (Castro et al., 2016). La tecnología para manejo controlado y continuado del riego se encuentra disponible para grandes y pequeños productores. Se trata de sensores que miden la humedad del suelo desde la constante dieléctrica o desde la tensión a la cual se encuentra el agua entre las partículas. Los primeros usan el principio de capacitancia y los demás usan directamente la resistencia que se ejerce sobre la salida de agua desde un medio poroso similar al suelo. Ambos sensores se instalan en el sitio donde se desea conocer la información.

Con los sensores de capacitancia se puede conocer directamente en el sitio y en tiempo real el contenido de humedad del suelo con base en volumen (Castro et al., 2016). Este dato puede ser inmediatamente comparado con la capacidad de campo para tomar la decisión de riego (Ríos-Rojas, 2015). Así, se procede de la misma forma que con la prueba gravimétrica: se riega si la humedad que indica el sensor está por debajo del 64 % CC, y se riega hasta que el sensor indique que la humedad ha llegado al 80 % CC. En la figura 30 se muestra un sensor de capacitancia insertado en la zona de raíces de una planta.

Figura 30. Sensores de capacitancia instalados en la zona de raíces.
a. Profundidad de instalación; **b.** Sensor instalado.



Fotos: Liliana Ríos-Rojas

El sensor se inserta a la profundidad media de la raíz, la cual se determina en la calicata de la que se habló previamente. Para instalar el sensor, se excava un hoyo bajo la zona de influencia del emisor (gotero o microaspersor) hasta la profundidad identificada, y se hace la inserción en la pared donde se observan las raíces, garantizando que el sensor quede completamente enterrado. La inserción debe ser cuidadosa y preferiblemente con el suelo húmedo, a fin de no fracturar el sensor. Posteriormente, se tapa el hoyo y se marca el sitio (figura 31). Con ello, el sensor se protege y se encontrará rápidamente si hubiese que retirarlo. Es recomendable enterrar también el cable que conecta el sensor con el *logger,* para evitar que se convierta en un obstáculo al tránsito en el lote o que sea cortado con la guadaña o por acción de animales.

Figura 31. Sensor cubierto con suelo.

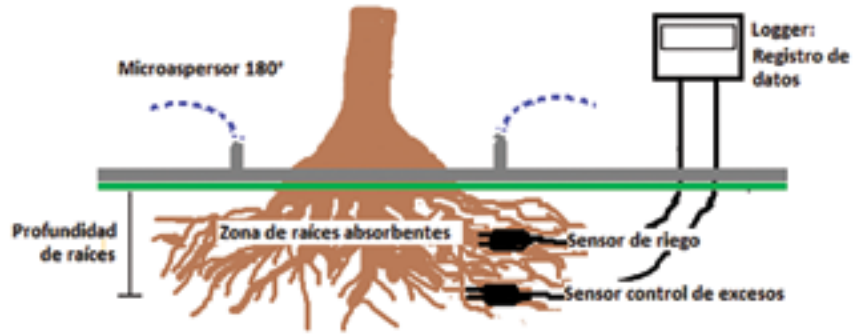


Foto: Liliana Ríos-Rojas

En función de la disponibilidad de sensores, se puede instalar uno en un sitio representativo del lote, aunque esto no es lo más recomendable, pues es preferible usar tantos como varíe la condición del cultivo. Sin embargo, uno será mejor que ninguno. Este único elemento aportará información importante para el riego. Si se poseen dos o más sensores, se aconseja ubicarlos en sitios contrastantes del suelo/cultivo. Con ello se podrá mejorar la precisión del riego, aplicando el agua en forma diferenciada.

Insertando dos sensores a diferente profundidad, uno en la zona de abundantes raíces y otro bajo esta (límite inferior de la zona de raíces), se podrá hacer un mejor control del tiempo de riego (figura 32). El sensor superior indica cuándo regar y el inferior, cuándo parar el riego, ya que este no debe cambiar de valor de humedad; cuando lo hace, indica que el agua ha cubierto toda la zona objetivo del riego.

Figura 32. Ubicación de sensores para control de riego.



Fuente: Ríos-Rojas et al. (2024)

Los sensores deben estar conectados a una estación de registro y almacenamiento de datos, comúnmente llamada *logger*. Este equipo se debe instalar en una zona de fácil acceso para la consulta continuada del contenido de humedad que están registrando los sensores. También existen *loggers* con antena wifi que envían la información directamente a un dispositivo móvil o a la nube. Esta será siempre la mejor opción, ya que permite obtener la información en tiempo real y, con base en ella, tomar decisiones oportunas de manejo del cultivo.

Capítulo 6

La nutrición de los cítricos y su impacto en el HLB

Javier Orlando Orduz-Rodríguez y Marlon José Yacomelo Hernández

Los sistemas productivos de cítricos requieren una nutrición mineral balanceada y ajustada al crecimiento y desarrollo de las plantas, que se manifiesta por los cambios fenológicos influidos por el comportamiento pluviométrico anual o del riego. Para la obtención de altos rendimientos y calidad de la fruta, es necesario que las plantas de cítricos tengan un índice de área foliar (IAF) de 8 a 12, y unos niveles de nutrientes óptimos en el análisis foliar. La práctica de selección de los lotes, la adecuación agronómica y la aplicación de enmiendas y de labores hortícolas, acompañadas de actividades de diagnóstico y fertilización en dosis, nutrientes, cantidades, épocas y formas de aplicación, son insumos importantes para los componentes de rendimiento, a saber: número de frutos por árbol, peso de los frutos y parámetros de calidad (Agustí et al., 2010).

La bacteria que ocasiona la enfermedad conocida como Huanglongbing de los cítricos (HLB) deteriora los tubos cribosos del floema, lo que impide que las células de la raíz reciban energía para su mantenimiento y para la absorción activa de nutrientes. Esto da lugar a síntomas de deficiencia en las hojas (diferentes a las deficiencias normales de los nutrientes), lo que disminuye la fotosíntesis neta y ocasiona el debilitamiento general de la planta, la disminución progresiva de los rendimientos, la reducción del tamaño y el deterioro de la calidad de la fruta (Bassanezi et al., 2010).

En la figura 33b se presenta la diferencia entre la sintomatología de una deficiencia nutricional de zinc respecto a una hoja sana, que se muestra en la figura 33a, así como el moteado irregular con deficiencias de nutrientes en hojas de una planta enferma de HLB (figura 33b). De la misma manera, el HLB afecta la calidad de los frutos, tanto en su forma como en el contenido de jugo. En un experimento realizado con naranjas dulces en São Paulo (Brasil), se encontró que la fruta proveniente de plantas enfermas era pequeña, con menor peso, mayor acidez, menor porcentaje de jugo, menor cantidad de grados Brix y de sólidos solubles totales, así como con una menor relación Brix/acidez (Bassanezi et al., 2009).

Figura 33. Hojas con síntomas de deficiencia y afectación por el HLB.
a. Hoja de naranja con adecuada nutrición junto a hoja con deficiencia de zinc en naranja (obsérvese la distribución homogénea de la deficiencia de zinc a ambos lados de la nervadura central); **b.** Hojas de naranja con síntomas del HLB (obsérvese la distribución irregular de las áreas con moteado asimétrico, que puede ser confundida con deficiencias nutricionales).



Fotos: Herbert Velásquez y Lumey Pérez-Artiles

Los tratamientos de fertilización adicional no controlan la enfermedad. La aplicación de nutrientes en las plantas enfermas de HLB presenta respuesta temporal a los correctivos implementados en el suelo y cuando los contenidos nutricionales de la planta son muy bajos (Bassanezi et al., 2018). El mantenimiento temporal del rendimiento está más relacionado con la respuesta de la planta a la deficiente fertilización que a la recuperación de los daños generados por la bacteria *Candidatus* Liberibacter a los tejidos del floema. Por esa razón, después de ese impacto inicial, las plantas terminan deteriorándose y, finalmente, muriendo (Ayres et al., 2018). Los cocteles nutricionales no han logrado detener la enfermedad, ni el deterioro ni la muerte de las plantas. Los experimentos realizados en diferentes países han concluido que la nutrición reforzada de los cítricos no controla el HLB ni es una alternativa para el mantenimiento de una citricultura viable en las regiones productoras. Por el contrario, debe ser complementada con prácticas de manejo sanitario orientadas a disminuir el inóculo de la enfermedad y a evitar el contagio por insectos enfermos. Las plantas afectadas por el HLB presentan un proceso irreversible de deterioro sanitario y productivo hasta la muerte de la planta (Koh et al., 2012).

En la lima ácida mexicana o de Castilla (*Citrus* x *aurantiifolia*), conocida en Colombia como limón pajarito, se han encontrado respuestas favorables, en rendimiento y rentabilidad, al uso de acolchados plásticos y fertirriego, en las investigaciones adelantadas en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (Inifap), en el estado de Colima (México). En el Caribe colombiano, en lotes enfermos, el uso de riego y de nutrición mineral ha aumentado la longevidad de las plantas, así como el rendimiento y la calidad de la fruta, en comparación con el testigo regional.

Nutrición mineral de los cítricos

El 90-95 % del *peso seco* de las plantas está constituido por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), que provienen del dióxido de carbono (CO_2) del aire y del agua sintetizados por la fotosíntesis, utilizando la energía solar. El 5-10 % restante corresponde a las sales minerales (Marschner, 2011). Los vegetales poseen 17 elementos esenciales, que son clasificados entre macronutrientes (C, O, H, N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (Fe, B, Zn, Cu, Mo, Mn, Mo y Ni) (Bonilla, 2000). El mismo autor señala los criterios de esencialidad de los nutrientes, así:

- Sin ellos, las plantas no pueden cumplir su ciclo vital.
- La función que realiza el elemento no puede ser reemplazada o sustituida por otro elemento.
- El elemento deberá estar implicado en el metabolismo como componente de una molécula o requerido en un proceso específico, como las enzimas, o formar parte de compuestos de la planta.

El apropiado suministro de los nutrientes esenciales en la cantidad y forma correctas permite obtener un adecuado funcionamiento metabólico del árbol y asegurar altos rendimientos con óptima calidad (Davies & Albrigo, 1994).

Las necesidades nutricionales de las plantas se estudian en dos grupos:

- Nutrientes orgánicos (90 a 95 %), provenientes de la fotosíntesis.
- Nutrientes minerales, tomados del suelo o aplicados como fertilizantes (Gárate & Bonilla, 2000).

En la nutrición mineral de las plantas se estudia:

- Contenido de nutrientes minerales y crecimiento vegetal.
- Diagnóstico de la nutrición.
- Suministro de nutrientes en la producción agrícola.
- Interacción planta-microorganismo.
- Problemas de producción en condiciones de estrés.
- Genética y nutrición.
- Nutrición mineral y su relación con enfermedades y plagas (Gárate & Bonilla, 2000).

La planta toma el carbono, el hidrógeno y el oxígeno mediante la fotosíntesis (nutrición orgánica), y los 14 nutrientes restantes los toma del suelo.

La fertilidad de los suelos depende de sus características químicas, físicas y biológicas (Agustí et al., 2010), las cuales están relacionadas con su origen y el manejo que hayan recibido. Para un programa de fertilización en cítricos, se deben tener en cuenta los aportes del suelo vía fertilización, el tamaño y la edad de las plantas, el estado fitosanitario, el volumen de las cosechas anteriores, las expectativas de rendimiento por planta, el clima y la genética de la planta cultivada, que para el caso de los cítricos está formada por la copa o variedad injertada y por el patrón utilizado (Agustí et al., 2010; Orduz-Rodríguez, 2007).

Según Molina (2000), los cítricos se adaptan a una amplia variedad de suelos, pero su sistema radicular es superficial y posee un limitado número de pelos radiculares, por lo que tiene una baja capacidad de absorción de nutrientes. El mismo autor señala que los cítricos son exigentes con las

características físicas del suelo, como drenaje y aireación y, aunque se adaptan a diferentes texturas, prefieren los suelos francos, franco-arenosos y franco-arcillosos. Los análisis de suelos y foliar utilizados para el diagnóstico nutricional de los cultivos se deben complementar con observaciones de campo, con los rendimientos históricos y con los síntomas de deficiencia o de exceso de nutrientes en las hojas de los árboles (Agustí et al., 2010; Davies & Albrigo, 1994; Malavolta, 1995). A continuación, se presentan los elementos a tener en cuenta en el diagnóstico nutricional de los cultivos.

Análisis de suelos

Las muestras de análisis de suelos deben tomarse antes del establecimiento del cultivo, con el fin de determinar las aplicaciones de enmiendas y correctivos (Orduz-Rodríguez & Baquero-Peñuela, 2003). En suelos ácidos es necesario hacerlo antes de realizar aplicaciones de correctivos para aumentar la saturación de bases (Ca + Mg + K) al 70 **%** (Malavolta, 1995). Dentro de los correctivos utilizados están la cal dolomita y las escorias Thomas, las cuales deben ser complementadas con yeso agrícola (Baquero et al., 2018). Las dos primeras deben implementarse en la totalidad del lote e incorporarse con cinceles fijos o vibratorios. El último se puede aplicar sobre la superficie, ya que al reaccionar con agua entra en el perfil del suelo (Malavolta, 1995).

Las recomendaciones para el uso de las enmiendas se pueden encontrar en Malavolta (1995) y Quaggio et al. (2005). Las respuestas del yeso agrícola en el cultivo de lima ácida Tahití en el piedemonte del Meta se encuentran en Baquero et al. (2018). La respuesta de la naranja Valencia a la aplicación de correctivos y fertilizantes en suelos oxisoles de los Llanos Orientales se presenta en Hernández-Arredondo (2013). Adicionalmente, la disponibilidad de nutrientes, en especial Cu, Fe, P, K y Mg, está afectada por el pH (Malavolta, 1995). El rango recomendable de pH en los suelos para mejorar la absorción de nutrientes debe ser de 5,5-7,0, mientras que en suelos ácidos funciona el concepto de saturación de bases (como mínimo al 70 %), aunque el pH sea más bajo que el óptimo para suelos neutros o alcalinos (Malavolta, 1995).

Para tener resultados confiables basados en el análisis de suelos, es necesario tener en cuenta las técnicas de muestreo y de extracción de nutrientes para evitar sesgos en los resultados (Koo et al., 1984). La aplicación de correctivos en cítricos debe ser una práctica rutinaria, teniendo en cuenta la extracción e inmovilización de Ca y Mg por la materia seca del árbol y por la cosecha, y considerando, además, la acidificación del suelo ocasionada por el uso de fertilizantes nitrogenados (Quaggio et al., 2005).

Análisis foliar

Es el método más utilizado para determinar la concentración de los nutrientes en el cultivo de cítricos, teniendo en cuenta que el árbol es el mejor indicador de la absorción y traslocación de nutrientes, y que las hojas son el órgano en el cual estos permanecen más estables. Este análisis, sumado a una buena técnica de muestreo en el lote y en las plantas, es garantía para conocer el estatus nutricional de las plantas (Malavolta, 1995; Yacomelo et al., 2020).

Para realizar el análisis foliar deben tomarse 100 hojas de 20 árboles que sean representativos del cultivo. Las hojas deben tener entre 4 y 7 meses de edad, pues está comprobado que estas son las que mejor representan el estatus nutricional de la planta, según Koo et al. (1984). Estos autores recomiendan que se tome una muestra por cada 8 hectáreas. En la tabla 2 se presenta la guía de Molina (2000) para determinar el contenido nutricional de la naranja. Esta tabla, con algunos ajustes, puede extrapolarse a los otros cultivares de cítricos, los cuales pueden variar dependiendo de las especies patrones y de las localidades, como lo demostraron Legaz y Primo-Millo (s. f.) para las variedades de cítricos en el Mediterráneo español.

Tabla 2. Guía para determinar el contenido nutricional de la naranja con base en el análisis foliar

Elemento	Rango deficiente	Rango bajo	Rango óptimo	Rango alto	Exceso
N (%)	2,2	2,2-2,3	2,4-2,6	2,7-2,8	2,8
P (%)	0,09	0,09-0,11	0,12-0,15	0,17-0,29	0,3
K (%)	0,4	0,4-0,7	0,7-1,1	1,1-2,0	2,4
Ca (%)	1,5	1,5-2,9	3,0-5,5	5,6-5,9	7,0
Mg (%)	0,15	0,15-0,25	0,26-0,6	0,7-1,1	1,2
S (%)	0,14	0,14-0,19	0,2-0,3	0,4-0,5	0,5
B (mg/kg)	21	21-30	31-100	101-260	260
Fe (mg/kg)	35	35-59	60-100	130-200	250
Mn (mg/kg)	16	16-24	25-200	300-500	1.000
Zn (mg/kg)	18	16-24	25-100	110-200	300
Cu (mg/kg)	3,6	3,6-4,9	5-15	17-22	100

Fuente: Molina (2000)

Revisión de cultivos y registros de fertilización y rendimientos

Como un complemento a los resultados obtenidos en los análisis de suelos y foliares, es necesario revisar los cultivos con el fin de observar el estado general de los troncos, ramas, follajes y, en su momento, de las estructuras reproductivas (Malavolta, 1995; Orduz-Rodríguez & Baquero-Peñuela, 2003). Para los profesionales y técnicos con experiencia en el cultivo de cítricos, es relativamente fácil observar las deficiencias de nutrientes en las hojas del cultivo, para lo cual se tiene en cuenta la movilidad de los nutrientes, las formas de las hojas y de los brotes, y las características particulares de forma y color. También es posible determinar las toxicidades en el caso de que las hubiere. Una de las características de una deficiencia normal es que esta es simétrica a cada lado de la nervadura central de la hoja, mientras que la ocasionada por el HLB presenta un patrón irregular (Bové, 2006). En el capítulo sobre nutrición de cítricos del libro *Citros* (De Mattos et al., 2005) se encuentran fotografías y la revisión del papel de cada elemento nutritivo en la fisiología de la planta.

Fertilización

La fertilización de un cultivo tiene por objeto cubrir la diferencia entre lo que la planta de cítricos necesita para la obtención de rendimientos óptimos y lo que el suelo puede proporcionarle (Malavolta, 1995). En la aplicación de fertilizantes es necesario tener en cuenta las pérdidas que se ocasionan para cada uno de los elementos aplicados, dentro de las que están: volatilización, lixiviación, fijación y erosión (Malavolta, 1995). Las recomendaciones de fertilización para los árboles en desarrollo son diferentes de aquellas para los árboles adultos, debido a la ausencia de fruta y al tamaño de la planta (Quaggio et al., 2005). En estos cultivos se busca el mayor desarrollo posible para anticipar la entrada en producción. Existe una correlación directa entre la productividad de la planta y el volumen de la copa (Davies & Albrigo, 1994).

En esta etapa es importante aumentar la frecuencia de la aplicación, con el fin de mejorar la eficiencia de la práctica de fertilización en regiones cálidas y lluviosas, en donde las pérdidas por lixiviación o volatilización son mayores, según Davies y Albrigo (1994). Estos autores señalan también que las dosis se deben incrementar anualmente, según el aumento del tamaño. En cultivos adultos, es necesario tener en cuenta las necesidades de la planta entera (raíces, tronco, ramas, hojas, flores y frutos) y los nutrientes retirados por la cosecha: mientras más altos los rendimientos obtenidos y los esperados, más altos deben ser los aportes de los fertilizantes (De Mattos et al., 2005; Malavolta, 1995). En la tabla 3 se presenta la extracción de nutrientes de una tonelada de naranjas en trabajos realizados en Brasil. Un elemento central para la obtención de buenas cosechas es el índice de área foliar (IAF) de las plantas, que, para el caso de los cítricos, debe estar entre 8 y 12 (Davies & Albrigo, 1994). Recomendaciones de fertilización preliminar para la altillanura pueden consultarse en Arredondo (2013).

Tabla 3. Cantidades de macro y micronutrientes exportados por tonelada de naranja*

Elemento/miligramos	Rango	Promedio
N	999-2.434	1.906
P	148-214	173
K	872-1.986	1.513
Ca	438-644	526
Mg	99-152	127
S	74-300	137
B	0,5-2,9	2,2
Cl	16-39	25
Cu	0,3-4,1	1,2
Fe	2,1-17	6,6
Mn	0,4-13	2,8
Zn	0,7-1,4	0,9
Na	19-96	43
Miligramos		
Co	1-11	13
Mo	4-40	8

* Naranja en variedades Pera, Baianinha, Hamlin, Natal y Valencia; toronja; lima ácida Tahití; mandarina Murcott y Cravo.

Fuente: Bataglia et al. (1977), citado por Malavolta (1995)

Para las regiones húmedas de Colombia, se indican las siguientes recomendaciones de fertilización:

- En el inicio de las lluvias, para proporcionar nutrientes en las fases fisiológicas de brotación vegetativa y floración, se deben aplicar fuentes que proporcionen N, P, K, Mg, S, Zn, Cu y B.

- Antes de la caída fisiológica de los frutos es necesario aplicar N y K.

- En la etapa de crecimiento de frutos se deben aplicar así mismo N y K.

- Un mes antes de las lluvias, y dependiendo de los resultados del análisis foliar, se puede aplicar una fertilización compuesta de elementos menores (Malavolta, 1995; Orduz-Rodríguez & Baquero-Peñuela, 2003).

Con lo anterior se busca que, al llegar la temporada seca, los niveles de nutrientes de las plantas estén dentro del rango de contenido óptimo, con el fin de aprovechar la radiación y preparar la planta para el inicio de la cosecha del año siguiente.

En regiones con déficit hídrico, la mayor eficiencia de la fertilización se obtiene con fertirrigación, pero, según el clima y las deficiencias en las etapas críticas del rendimiento, esta se puede hacer vía foliar, siguiendo las recomendaciones para tal fin (Agustí et al., 2010). Dependiendo del contenido de bases del suelo, los correctivos se pueden aplicar en la etapa de finalización de lluvias o al inicio de esta, como se recomienda para el Piedemonte llanero (Orduz-Rodríguez & Baquero-Peñuela, 2003).

Para regiones lluviosas lo preferible es fraccionar la fertilización de la mayoría de los nutrientes, debido a las altas pérdidas por lixiviación. Malavolta (1995) propone una tabla de fertilización para las condiciones de São Paulo, en la cual se tiene en cuenta la presencia de estaciones. No obstante, puede adecuarse como guía a las condiciones tropicales de Colombia. Estas recomendaciones son complementarias a las que realizan los ingenieros agrónomos asesores de cítricos en las diferentes regiones productoras del país.

La experiencia en el estado de la Florida (Estados Unidos) con el uso de "cocteles nutricionales" para el manejo del HLB presentó una respuesta inicial favorable en cultivos con deficiencias en la corrección del pH alcalino del suelo y con bajos contenidos nutricionales en las plantas, pero la enfermedad siguió deteriorándolas y los cultivos finalmente se tornaron improductivos (Bassanezi et al., 2010).

En experimentos para analizar la respuesta de plantas sanas y enfermas en el estado de São Paulo, se encontró, en el cuarto año de la investigación, tanto en el tratamiento con N-P-K (nitrógeno, fósforo y potasio) en el suelo como en los tratamientos más completos con adición foliar de zinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B), ácido salicílico, fosfito y nitrato de potasio, que la producción de plantas con HLB fue, en promedio, 62 % menor que la obtenida con las plantas sanas (Ayres et al., 2018). Ello demuestra que estos "cocteles" no son una práctica viable en términos sanitarios ni económicos, y que la nutrición reforzada de los cítricos no controla el HLB. La aplicación de nutrientes en el suelo y el follaje, así como las prácticas de riego y poda de ramas infectadas, retardan la aparición de síntomas de HLB y pueden ayudar a prolongar la etapa productiva en algunas especies y variedades de cítricos (Xia et al., 2011), pero no revierten el proceso de deterioro sanitario y productivo de las plantas ni su muerte.



Foto: Shutterstock

Capítulo 7
Monitoreo directo de las poblaciones de *Diaphorina citri* con base en los estados fenológicos de los cítricos

Capítulo 8
Monitoreo indirecto de *Diaphorina citri*

Parte III

Monitoreo del riesgo

Foto: Shutterstock

Capítulo 7

Monitoreo directo de las poblaciones de *Diaphorina citri* con base en los estados fenológicos de los cítricos

Arturo Carabalí-Muñoz y Ronal Arturo Burbano-Díaz

Estudios recientes han subrayado la estrecha relación entre la presencia y el incremento de poblaciones de *Diaphorina citri* con la aparición de brotes en formación y periodos de brotación, así como la influencia de los factores climáticos sobre la estacionalidad de las poblaciones del insecto bajo condiciones tropicales y subtropicales (Liljesthröm & Bouvet, 2014; Ortega-Arenas et al., 2013; Teck et al., 2011). Para su reproducción y desarrollo, *D. citri* depende de la disponibilidad de hojas jóvenes. Las ninfas se alimentan de brotes tiernos en formación para completar su ciclo y los adultos predominan durante la etapa de fructificación y brotación reproductiva, se alimentan de hojas desarrolladas y sobreviven por varios meses (Fernández et al., 2015; Tsai et al., 2002).

Por tratarse de un insecto invasor con gran capacidad de dispersión, la detección temprana de sus poblaciones es un factor clave para implementar programas de manejo. El reconocimiento de los estados fenológicos de las plantas de cítricos y su relación con los estados biológicos de *D. citri* es fundamental en la determinación de un método eficiente de monitoreo, que incluya una adecuada unidad de muestreo, para las poblaciones del psílido asiático de los cítricos (PAC), además de los métodos directos e indirectos existentes. En Colombia, son pocos los estudios que muestran la variabilidad poblacional de *D. citri* en relación con los cambios que experimentan los flujos fenológicos de especies comerciales de cítricos y con los periodos de mayor disponibilidad de brotes asociados a índices de infestación de poblaciones del insecto. Así mismo, son escasos los estudios que muestran cómo la fluctuación fenológica y poblacional está estrechamente relacionada con la variación climática.

En este capítulo se presenta una descripción del desarrollo de los brotes de naranja Valencia y una ilustración fenotípica de cada etapa de los brotes, así como el potencial que cada una de ellas representa para el desarrollo e incremento de la población de *D. citri*.



Foto: Claudia Lorena Narváez Marmolejo

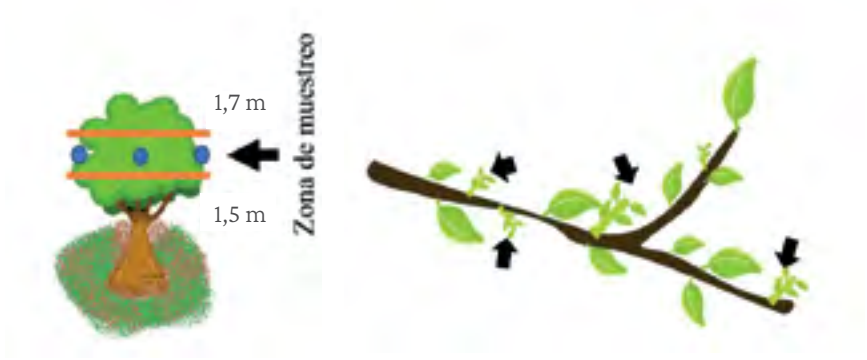
Estados fenológicos y su relación con poblaciones del PAC

La fenología es la ciencia que estudia, de manera periódica, los estados biológicos de las plantas, como la brotación, la floración, la maduración del fruto y sus relaciones con el clima. Nuevas tendencias han subrayado que su conocimiento y los datos obtenidos en una localidad pueden ser útiles y de aplicación en la fitosanidad de frutales, pues permiten predecir la aparición o el incremento de las poblaciones de un insecto plaga.

Seguimiento y registro de flujos fenológicos

Estudios realizados por AGROSAVIA sobre árboles de naranja Valencia de 15 años (patrón: Sunki x English) mostraron que, para el seguimiento periódico de los cambios que exhiben los estados fenológicos de las plantas, es conveniente hacer una selección de árboles (10 % de árboles/ha) distribuidos de manera representativa, considerando el sentido de la pendiente del terreno. En ellos se seleccionan y marcan cuatro ramas (una por punto cardinal) a una altura de 1 a 1,70 m, demarcando los 70 cm apicales (figura 34).

Figura 34. Esquema de selección de árboles y marcación de ramas para seguimiento fenológico.



Fuente: Elaboración propia con base en Burbano-Díaz y Carabalí-Muñoz (2018)

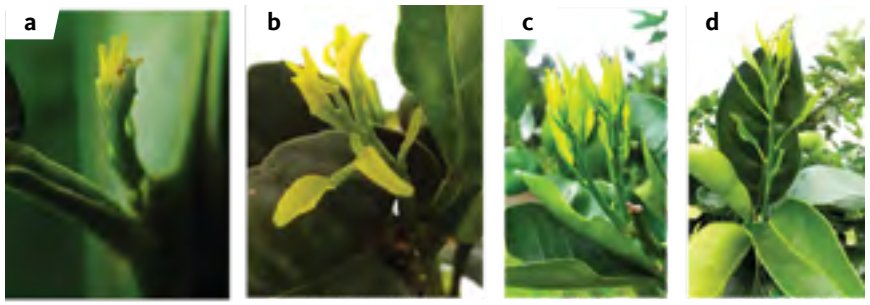
Sobre las ramas marcadas se registran los estados fenológicos caracterizados para naranja Valencia, los cuales fueron determinados estableciendo una metodología comparativa con el protocolo de las escalas definidas por la codificación BBCH de los estados fenológicos del desarrollo de los agrios, que se basa en un código decimal que identifica el desarrollo de las plantas mono y dicotiledóneas con estados principales y secundarios (Agustí et al., 2010). En la escala BBCH, los estados principales son 10, e inician con la germinación o brotación (estado 0), según la planta, y finalizan con la muerte o el inicio de la latencia (estado 9). Al desarrollo vegetativo se le asignan dos macroestados, correspondientes al desarrollo de las hojas (estado 1) y de los brotes (estado 3), este último compartido con el desarrollo de las flores (estado 5) (tabla 4). La floración (estado 6) y el desarrollo del fruto (estado 7) completan el código. La ausencia de estados referentes al crecimiento del brote principal en roseta o retoños (estado 2) y al desarrollo de partes vegetativas cosechables (estado 4) resulta obvia en los agrios. Los estados secundarios también se numeran del 0 al 9 y corresponden a valores ordinales o porcentuales del desarrollo (Agustí et al., 2010) (tabla 4) (figura 35).

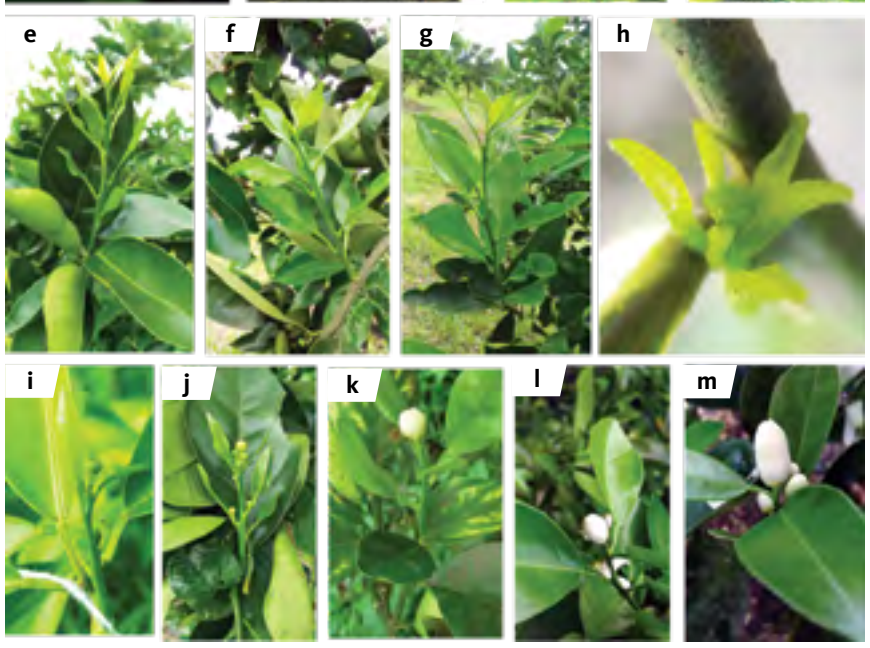
Tabla 4. BBCH: estados fenológicos (EF) de los agrios (EF: 1, 3, 5)

1. Desarrollo de las hojas
EF-10. Las primeras hojas empiezan a separarse: las escamas verdes están ligeramente abiertas y las hojas están emergiendo.
EF-11. Las primeras hojas son visibles.
EF-15. Se hacen visibles más hojas, pero sin alcanzar su tamaño final.
EF-19. Las hojas alcanzan su tamaño final.
3. Desarrollo del brote
EF-31. Empieza a crecer el brote: se hace visible su tallo.
EF-32. Los brotes alcanzan alrededor del 20 % de su tamaño final.
EF-39. Los brotes alcanzan alrededor del 90 % de su tamaño final.
5. Desarrollo de las flores
EF-51. Las yemas se hinchan: están cerradas y se hacen visibles las escamas, ligeramente verdes.
EF-53. Las yemas revientan: las escamas se separan y se hacen visibles los primordios florales.
EF-55. Las flores se hacen visibles: están todavía cerradas y se distribuyen aisladas o en racimos, en inflorescencias con o sin hojas.
EF-56. Los pétalos crecen. Los sépalos envuelven la mitad de la corola (botón blanco).
EF-57. Los sépalos se abren: se hacen visibles los extremos de los pétalos, todavía cerrados, de color blanco o amoratado.

Fuente: Elaboración propia con base en Agustí et al. (2010)

Figura 35. Estados fenológicos (EF) de naranja Valencia (según codificación BBCH). EF-desarrollo de hojas: **a.** (EF-10) las primeras hojas empiezan a separarse; **b.** (EF-11) las primeras hojas son visibles; **c.** (EF-15) se hacen visibles más hojas, sin alcanzar tamaño final; **d.** (EF-19) las hojas alcanzan su tamaño final. EF-desarrollo del brote: **e.** (EF-31) se hace visible su tallo; **f.** (EF-32) 20 % de su tamaño final; **g.** (EF-39) 90 % de su tamaño final. EF-desarrollo de flores; **h.** (EF-51) las yemas se hinchan: visibles las escamas, ligeramente verdes; **i.** (EF-53) las yemas revientan: visibles los primordios florales; **j.** (EF-55) las flores se hacen visibles (botón verde); **k.** (EF-56) los sépalos envuelven la mitad de la corola (botón blanco); **l.** (EF-57) se hacen visibles los extremos de los pétalos, todavía cerrados; **m.** (EF-59) pétalos cerrados, adquieren la forma de una bola alargada.





Fotos: Ronal Arturo Burbano-Díaz
Fuente: Elaboración propia con base en Agustí et al. (2010)

Estadios biológicos de *D. citri* en atención a la fenología de la planta

Como complemento a la información de los estados fenológicos, es necesario aprender a diferenciar los estados biológicos del PAC (García et al., 2017) (tabla 5). En el seguimiento a los cambios de los estados biológicos de *D. citri* se debe registrar el número de individuos en los estados de huevo, ninfa I, ninfa II, ninfa III, ninfa IV, ninfa V y adulto. Adicionalmente, se debe verificar y cuantificar el estado fenológico de los brotes con presencia de las poblaciones en sus diferentes estados biológicos. El seguimiento se debe realizar con una frecuencia no mayor a 7 días. Los datos combinados de estados fenológicos y estados biológicos de *D. citri* permitirán determinar índices de infestación (I.I.), que relacionan los brotes afectados/brotes totales y número de individuos/estado fenológico. Los datos a través del tiempo ofrecen información sobre cómo las poblaciones del PAC fluctúan en relación con la disponibilidad de los estados fenológicos de formación de hojas, brotes o fructificación.

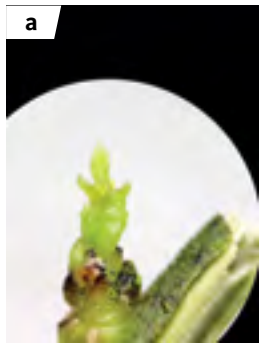
Tabla 5. Estados biológicos de *Diaphorina citri*

Estado	Descripción morfológica
Huevo	Los huevos son de forma ovoide y tienen una prolongación alargada terminada en punta en el extremo que queda expuesto; son de color amarillo cuando están recién ovipositados (figura 36a).
Ninfa I	Se caracteriza por no tener esbozos alares (alas en formación), con antenas pequeñas y de coloración similar al resto del cuerpo. Es de color amarillo anaranjado y tiene ojos compuestos de color rojo. Las ninfas NI son móviles, miden de 0,24-0,31 mm de longitud y de 0,10-0,18 mm de ancho (figura 36b).
Ninfa II	Se reconoce por tener esbozos alares apenas en desarrollo, antenas totalmente blanquecinas o con tintes de color negro solo en la punta. Las ninfas NII son de color amarillo-anaranjado, móviles, con ojos compuestos, de color rojo (figura 36c).

Estado	Descripción morfológica
Ninfa III	Las bases de los botones alares están presentes por debajo del nivel de los ojos, y la margen posterior de estos no se extiende más allá del segundo segmento abdominal. Las antenas se tornan negruzcas solo en la parte distal (figura 36d).
Ninfa IV	Se reconoce por tener esbozos alares aun más desarrollados que los previos instares ninfales, extendiéndose anteriormente hasta tocar la parte posterior del ojo o un tercio de los ojos y, posteriormente, hasta el tercer segmento abdominal (figura 36e).
Ninfa V	Tiene 1-1,66 mm de longitud y 1,10-1,12 mm de ancho, es muy móvil, tiene esbozos alares bien desarrollados que se extienden anteriormente hasta el margen frontal de los ojos o sobrepasándolos y, posteriormente, hasta el cuarto segmento abdominal (figura 36f).
Adulto	Se reconoce por la posición de descanso que toma sobre el sustrato formando un ángulo de 45 grados. Tiene alas moteadas de color castaño, ojos compuestos de color rojo y antenas pequeñas con una coloración negra en la punta (figura 36g).

Fuente: Elaboración propia con base en García et al. (2016)

Figura 36. Estados biológicos de *D. citri.* **a.** Huevo; **b.** Ninfa I; **c.** Ninfa II; **d.** Ninfa III; **e.** Ninfa IV; **f.** Ninfa V; **g.** Adulto.















Fotos: Ronal Arturo Burbano-Díaz

En el seguimiento a los estados biológicos del insecto sobre los estados fenológicos, es importante subrayar el efecto que tiene el hospedero sobre el desarrollo del ciclo biológico. Sobre naranja Valencia, se desconoce la duración del ciclo de vida de *D. citri*. Sin embargo, estudios realizados en Venezuela han mostrado que, bajo condiciones de laboratorio, *D. citri* presenta un tiempo de desarrollo desde huevo hasta adulto similar en tres hospederos: 13,5 días sobre *Citrus grandis*, 15 días en *Murraya paniculata* y 15,6 sobre *Citrus limon* (Fonseca et al., 2007). En Palmira (Valle del Cauca, Colombia), sobre brotes de mirto (*M. paniculata*), el tiempo desde huevo hasta adulto fue de 15,41 ± 0,49 días (García et al., 2017).

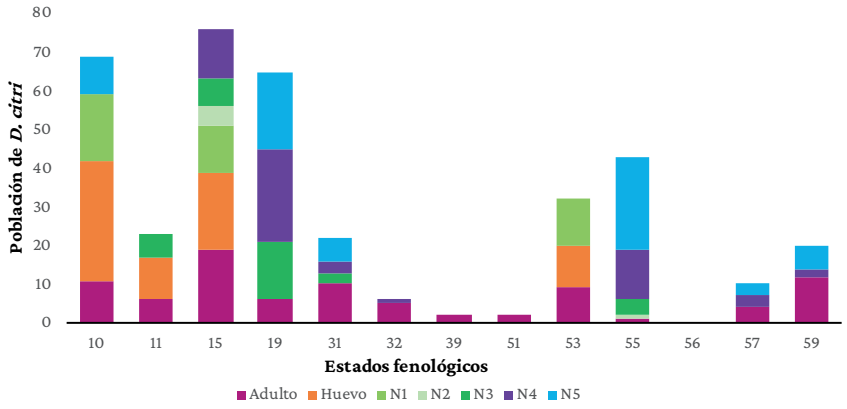
Relaciones entre poblaciones de *D. citri* y flujos fenológicos

Hay estrechas relaciones entre la biología de *D. citri* y la presencia de los estados fenológicos evidenciadas a nivel mundial en especies cítricas (Cifuentes-Arenas et al., 2018; Sétamou et al., 2016). Se ha hallado que los individuos del PAC se encuentran asociados a los estados fenológicos de la formación inicial de flores y brotes (figura 37) (Meng et al., 2022; Pregmon et al., 2016). Un análisis general de los resultados subraya que, en todos los subestados del desarrollo de hojas, de brote y de flores, se registró la presencia de estados biológicos *D. citri*, exceptuando el EF-56.

Monitoreos realizados entre los años 2016 y 2017 revelaron que el mayor número de individuos de *D. citri* se encontró en el macroestado 1-desarrollo de las hojas-EF-15, que se caracteriza porque se hacen visibles las hojas, pero sin alcanzar su desarrollo final. En este estado se registró un total de 76 individuos de todos los estados biológicos (adulto, huevos, ninfas I-IV), siendo los estadios ninfales los de mayor población (figura 37).

El estado fenológico EF-10, en el que las primeras hojas empiezan a separarse —las escamas verdes están ligeramente abiertas y las hojas emergiendo—, representó el segundo estado donde se encontró el mayor número de población del insecto (69 individuos), siendo los huevos el 44,9 % del total de la población (figura 37). En los estados fenológicos 19, 53 y 55 se reportó la presencia de instares ninfales y de adultos, mientras que los demás estados fenológicos tuvieron una baja presencia del insecto. Las posturas se encontraron asociadas a las estructuras más jóvenes (estados 10, 11, 15, 53) y los estados de ninfas IV y V se encontraron en estructuras desarrolladas (estados 19, 31, 55, 57, 59). Así mismo, los registros de baja presencia del insecto estuvieron determinados por dos periodos de floración durante el ciclo productivo. Estos resultados, en su conjunto, sugieren que la presencia, preferencia y fluctuación de las poblaciones de *D. citri* están influenciadas por la disponibilidad y desarrollo de los estados fenológicos de los brotes de naranja Valencia.

Figura 37. Estados biológicos de *D. citri* sobre estados fenológicos de naranja Valencia.



Fuente: Elaboración propia

Índices de infestación (I.I.)

La determinación de los I.I. (ecuación 5), que representan un valor del total de estados biológicos de *D. citri* en relación con los estados fenológicos totales de naranja Valencia, ha revelado que la mayor infestación del insecto se presentó en el macroestado 1-desarrollo de las hojas en los estados fenológicos EF-10, EF-11, EF-15, EF-19, con una infestación igual al 5,47 %, siendo 2,2 % superior en comparación con el de desarrollo del brote (tabla 6). El estado de desarrollo de flores fue el que menor índice de infestación presentó (2,37 %), a pesar de que fueron las estructuras con mayor presencia durante el ciclo de evaluación, lo que confirma la preferencia de *D. citri* por los estados de desarrollo vegetativos (tabla 6).

Ecuación 5

$$\textit{Índice de infestación I.I.} = \frac{\textit{(Número de brotes afectados)}}{\textit{(número de brotes total)}} * 100$$

Tabla 6. Índice de infestación de *D. citri* en estados fenológicos de naranja Valencia

Estado fenológico	Brotes revisados	Brotes afectados	Índice de infestación (%)
Desarrollo de hojas	4.130	226	5,47
Desarrollo del brote	984	32	3,25
Desarrollo de flores	4.468	106	2,37

Fuente: Elaboración propia

En los análisis de los valores de la infestación de los subestados de naranja Valencia, las poblaciones del PAC exhiben una mayor preferencia por los estados fenológicos 15 y 10 (figura 38). Se observa la mayor población de individuos de *D. citri* en estos estados, a pesar de que el número de estructuras en estos estados fenológicos es el más alto. Los estados 10 y 11 tuvieron índices de infestación de 4,29 y 3,04 %, respectivamente, lo que sugiere una mayor infestación del insecto en los estados fenológicos más jóvenes. Es importante subrayar un comportamiento atípico encontrado en la segunda etapa de floración y posterior fructificación. En la etapa de floración representada en los estados fenológicos EF-53 y EF-55, se registraron porcentajes de infestación altos y disponibilidad de brotes alta. Esto puede ser explicado por las características que tienen las estructuras del brote reproductivo, que en el momento de formación de la flor está acompañado de hojas que favorecen la oviposición y la continuidad de los estados ninfales.

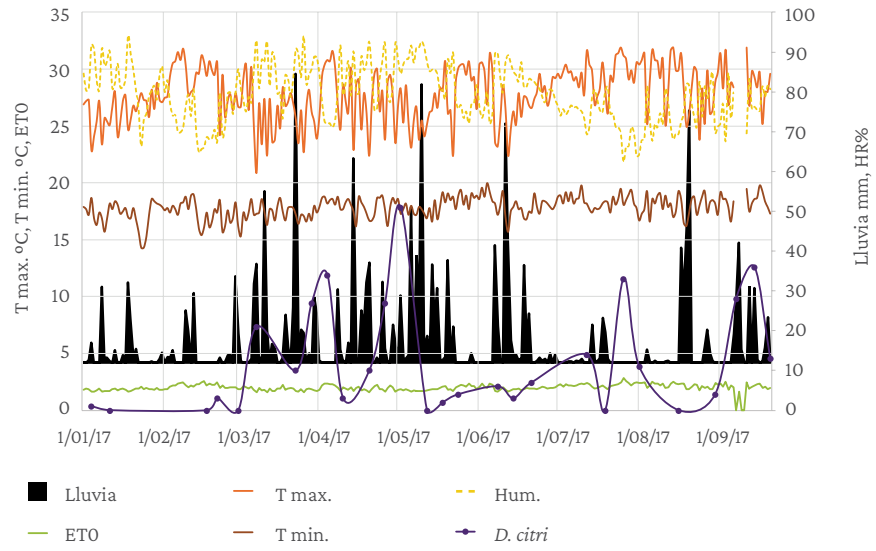
Estos hallazgos sugieren que la dinámica poblacional de *D. citri* puede presentar variaciones estacionales, lo cual se constituye en un elemento adicional que debe ser considerado en los monitoreos y estrategias de manejo de poblaciones del PAC. Ello teniendo en cuenta que se constituyen estados fenológicos no identificados y poblaciones del insecto no esperadas, escenario que posibilita el resurgimiento de generaciones de *D. citri* e incrementos del daño en sitios con presencia del HLB y focos de diseminación de la enfermedad (figuras 38 y 39).

Figura 38. Índices de infestación de *D. citri* en subestados fenológicos de naranja Valencia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Fluctuación poblacional mensual de *D. citri* en función de variables climatológicas diarias.



Fuente: Elaboración propia

Así mismo, es pertinente anotar que, en algunos periodos del ciclo productivo de naranja Valencia, los estados de desarrollo de hojas y de flores pueden ocurrir de manera simultánea, lo que genera índices de infestación elevados de poblaciones de *D. citri* (figura 38).

Variables ambientales, periodos de brotación y presencia de *D. citri*

Registros de las precipitaciones acumuladas por mes y día sobre naranja Valencia permiten establecer relaciones y observar su influencia sobre la dinámica de los periodos de brotación y las poblaciones de *D. citri* y viceversa. La amplitud de precipitación/mes estuvo entre 0 y 70 mm (lo que equivale a decir que, en forma de lluvia acumulada, cayeron al suelo entre 0 y 7 l/m^2 de superficie), con presencia de periodos máximos de precipitación (04-2017; 06-2017; 07-2017; 08-09-2017), un promedio de temperatura máxima y mínima de 20 °C y 32 °C, respectivamente, y una amplitud de humedad relativa entre 50 y 60 %. La evapotranspiración de referencia (ETo), que expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas (no incluye las características del cultivo y factores del suelo), permaneció en un rango entre 2 y 3 (figura 39).

Estos resultados, en conjunto, muestran un comportamiento de las variables meteorológicas que se podría catalogar como homogéneo, caracterizado por fluctuaciones de amplitud similar, excepto la precipitación, que presenta cambios estacionales. Cuando estos valores se relacionan con las poblaciones de *D. citri*, se observa que las variables climatológicas ejercen influencia sobre la fluctuación de los flujos fenológicos, y estos, a su vez, la ejercen en la dinámica del insecto. En este mismo sentido, se logró constatar que, cuando las lluvias fueron escasas, las poblaciones de *D. citri* fueron bajas, lo que revela una relación directamente proporcional entre los periodos de mayor precipitación y los periodos de mayor presencia del insecto. En consecuencia, los periodos de precipitaciones acumuladas favorecerán la oferta de estructuras vegetativas jóvenes o en formación, y estas, a su vez, determinarán la mayor presencia de *D. citri*. Es importante anotar que las precipitaciones influyen de manera localizada en otras variables, como la temperatura y la humedad relativa, las cuales afectan la presencia de poblaciones del PAC (figura 39).

Protocolo de monitoreo de *D. citri*

Método de observación directa de estados fenológicos

Áreas cultivadas de cítricos en las cuales no se ha registrado el HLB se encuentran en riesgo inminente por la presencia de poblaciones, hasta el momento no infectivas, del vector. Estos hechos generan un escenario en el cual es necesario definir y, en lo posible, estandarizar métodos de monitoreo con unidades de muestreo eficientes y eficaces que permitan:

- Determinar la presencia del insecto-vector.
- Detectar poblaciones que ocasionan daño o son infectivas.
- Registrar información de la dinámica poblacional.
- Identificar focos de poblaciones de *D. citri* en cultivos comerciales donde se adopte el método de monitoreo.

Área de muestreo

Representa la unidad de superficie sobre la cual se establecerá el programa de monitoreo. La unidad recomendada es la hectárea (10.000 m^2), la cual debe ser georreferenciada. Así, se debe registrar: número de plantas, variedad-patrón/copa, edad y altura de las plantas, procedencia (vivero), estado fenológico predominante, registros de variables climáticas, manejo agronómico y manejo fitosanitario previo al monitoreo, haciendo énfasis en las medidas de control implementadas para la reducción de poblaciones del PAC.

Unidad de muestreo

Con base en los resultados de investigación, la presencia de hojas jóvenes emergentes (brotes) es el estado fenológico de desarrollo que más influye en el incremento de poblaciones de *D. citri*. El mayor número de individuos del PAC se encontró en el estado fenológico EF-15, que se caracteriza porque se hacen vi-

sibles las hojas, pero sin alcanzar su desarrollo final (figuras 40a y 40b). En este estado se encuentra la mayoría de los individuos representativos de todos los estados biológicos: adulto, huevos y ninfas I-V. El EF-10 —que se caracteriza porque las primeras hojas empiezan a separarse, las escamas verdes se encuentran ligeramente abiertas y las hojas están emergiendo— fue el segundo estado de mayor preferencia por *D. citri* (figuras 40c y 40d).

Figura 40. Estados fenológicos de naranja Valencia.
a y **b.** Estado fenológico 15; **c** y **d**. Estado fenológico 10.



Fotos: Ronal Arturo Burbano-Díaz

Detección de estados biológicos de *Diaphorina citri* en brotes de cítricos

El muestreo sobre plantas de cítricos tiene por objetivo determinar la presencia de los estados biológicos del insecto (huevos, ninfas, adultos), en el área de muestreo (1 ha) y sobre la unidad de muestreo (brotes en estado fenológico de desarrollo de hojas, correspondiente a los estados EF-10, EF-11, EF-15 y EF-19), prestando una mayor atención en EF-15 y EF-10. En la identificación de la ruta de muestreo o selección de sitios a muestrear se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Los adultos presentan en el lote un patrón de distribución en grupos aleatorios, mediados por la disponibilidad de brotes en estados fenológicos de desarrollo de hojas.

En el muestreo se deben incluir los árboles de los bordes, por ser los corredores de primeras colonizaciones y de ingreso para las poblaciones de adultos de *D. citri*.

Se sugiere realizar un seguimiento al desarrollo fenológico del lote que permita identificar las especies citrícolas, las áreas, los árboles y las ramas que se encuentren en estado fenológico de desarrollo de hojas (brotes jóvenes), que es el de mayor colonización por adultos del PAC.

Los brotes jóvenes son requeridos para el aseguramiento del desarrollo biológico del insecto.

Se recomienda incorporar en el programa de monitoreo, como unidad de muestreo, número de brotes/árbol/hectárea, para determinar los índices de infestación y la distribución de las poblaciones del PAC en el lote.

En los nuevos programas de monitoreo, se puede obtener una mejor información de densidad poblacional y características de los estados de desarrollo del PAC, con base en el número de brotes/estado fenológico por árbol.

Método de monitoreo del PAC en campo

El método de monitoreo, su implementación y registro debe hacerse a través de muestreos periódicos (≤ a 7 días). Esta práctica es necesaria para determinar la densidad de las poblaciones del PAC (número de huevos/ninfas/adultos) y el daño que provocan (número de brotes afectados). Las unidades de muestreo y observación más informativas son los estados fenológicos de formación y desarrollo de brotes nuevos. Las observaciones, el seguimiento y el registro de los estados biológicos del insecto que se encuentran ocasionando daño en brotes deben realizarse durante todo el ciclo productivo de la especie o variedad establecida en la zona. El método de monitoreo, la unidad de muestreo y los registros constituyen herramientas clave en la detección temprana, en la identificación de sitios de mayor concentración de poblaciones y para reducir el riesgo de daños.

El análisis conjunto de la información sobre la densidad de las poblaciones del insecto plaga, los estados fenológicos de brotes y el daño producido permitirá definir la estrategia de intervención o control.

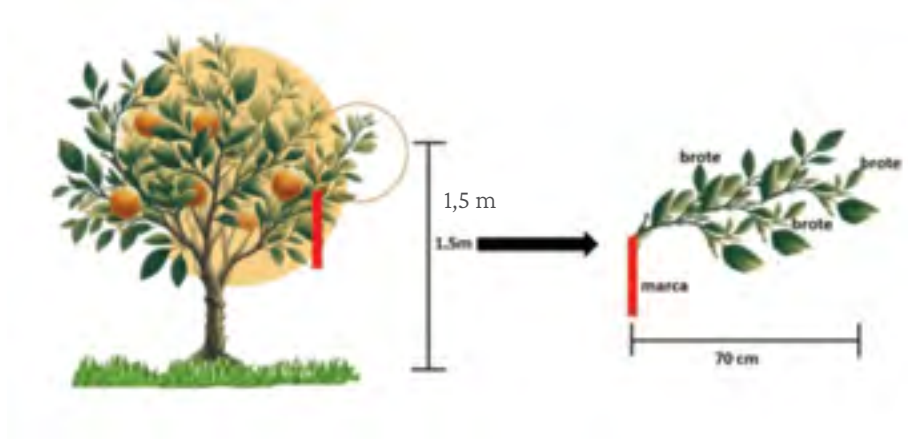
Monitoreo de adultos

Una vez identificados los brotes en estados fenológicos de desarrollo de hojas (EF-10, EF-11, EF-15 y EF-19), se coloca una lámina con superficie de color blanco debajo del brote identificado previamente. Después, mediante la práctica de agitación —también conocida como de *golpe*—, se procede a golpear tres veces con firmeza el brote para facilitar la caída de los adultos. Las muestras se colectan en frascos con alcohol al 70 %, rotulados para su posterior identificación.

Monitoreo de huevos y ninfas

Sobre brotes en estados fenológicos de desarrollo de hojas (EF-10, EF-11, EF-15 y EF-19), se lleva a cabo un muestreo de observación directa del número de estados biológicos presentes en la estructura fenológica. Después, se registra el número de huevos y ninfas (I-II-III-IV) por brote. Una vez identificado el sitio de mayor presencia de estados biológicos, se pueden marcar los árboles y, en la medida de lo posible, hacer un seguimiento puntual a ramas seleccionadas, preferiblemente en el tercio medio del árbol, a una altura de 1,5 m del suelo y 70 cm, partiendo del brote final de la rama (figura 41). Cada semana se registra el avance del brote y la presencia de poblaciones de *D. citri*.

Figura 41. Sitios de muestreo de estados de desarrollo de *D. citri*.



Fuente: Imágenes generadas con IA DALL-E 3.

Muestreos

Se sugiere implementar dos tipos de muestreos: generalizado y por sitio o *focos*.

Generalizado

Se recomienda en una primera etapa del programa de monitoreo. Corresponde a los registros de poblaciones del PAC obtenidos en los muestreos de estados biológicos del insecto (huevos, ninfas, adultos) sobre los estados fenológicos de brotes jóvenes, y se implementa sobre todos los árboles del lote (árbol/árbol) (diferenciados comúnmente por número de lote). En el lote se identifica cada árbol con un número y su geoposición espacial. En el árbol se deben revisar los esta-

dos de nuevos brotes, para registrar los que presenten poblaciones y daño ocasionado por el PAC, utilizando el índice de infestación (I.I.)

En cultivos de cítricos, independientemente del área y densidad de siembra, se sugiere realizar programas de muestreos generalizados, dividiendo el área en lotes, previamente diferenciados por topografía, edad de los árboles, densidad de siembra, bordes, hospederos cercanos, condición ambiental del sitio e histórico fitosanitario. En entornos tropicales, la luminosidad y la disponibilidad de agua desempeñan un papel crucial en el rompimiento de las yemas en latencia y en el inicio de la brotación-floración. Por estas razones, resulta conveniente definir áreas homogéneas (Agustí et al., 2022; Orduz-Rodríguez et al., 2009).



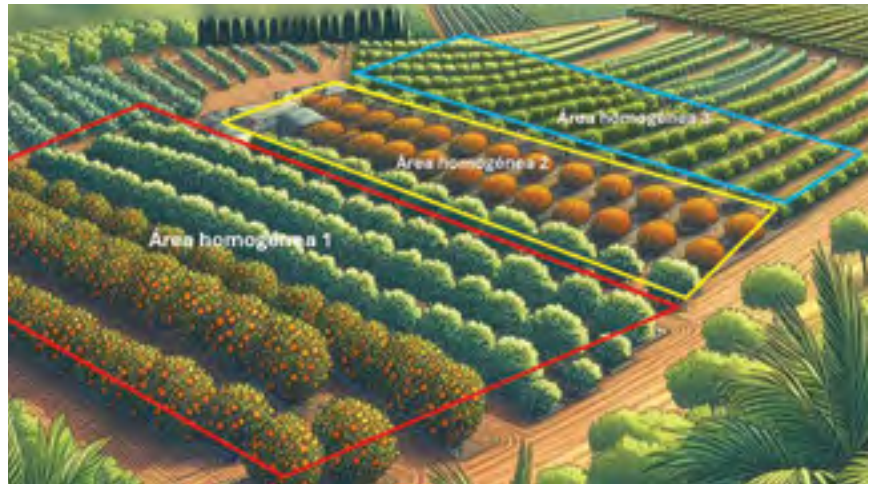
Por sitio o *focos*

Este muestreo se conoce comúnmente como focos. Se recomienda su implementación en una segunda etapa del monitoreo y corresponde a los registros poblacionales del PAC obtenidos en el muestreo generalizado. Estos permiten identificar, diferenciar y marcar los sitios del cultivo con el mayor número de brotes con poblaciones del insecto y daños (número de brotes/poblaciones del insecto/afectados). Los árboles que conforman los sitios de agregación de poblaciones del PAC deben ser marcados. Como indicador del análisis de afectación se utiliza la ecuación 5.

La implementación de los dos tipos de muestreo revela la existencia de sitios con mayor concentración de poblaciones o daño, y otros sitios donde no se registran individuos.

El monitoreo individual de cada área homogénea o lote es necesario para determinar el índice de infestación en las condiciones particulares de cada lugar de producción. En el área con condiciones similares (homogénea) se deben establecer transectos diagonales que parten desde el centro del lote o área homogénea y se dirigen a cada punto cardinal (norte, sur, este y oeste). Cada transecto debe incluir la observación de un mínimo de 10 árboles en lotes con una extensión aproximada de 1 ha (40 árboles/ha). Es fundamental incorporar tanto árboles del centro del lote como de los bordes en los transectos para obtener una representación completa de la presencia e infestación de *D. citri* (Hall et al., 2013; Rwomushana et al., 2017) (figura 42). Es necesario tener en cuenta los estados fenológicos en los que el PAC se encuentra con mayor frecuencia y dirigir los monitoreos a estos estados.

Figura 42. Áreas homogéneas y trazo de transectos para el monitoreo directo de *D. citri*.





Fuente: Imágenes generadas con IA DALL-E 3

En lugares con bajas poblaciones de *D. citri,* las trampas de color no han demostrado ser un método eficaz para la vigilancia del insecto vector. Esto presenta un desafío para los productores de cítricos en zonas con poblaciones reducidas del insecto, ya que, incluso con poblaciones bajas, existe el riesgo de transmisión del HLB (Hosseinzadeh & Heck, 2023; Rodrigues et al., 2020). La inspección visual directa de los brotes jóvenes es una alternativa de monitoreo en áreas con poblaciones escasas. Además, esto posibilita la emisión de alertas sobre la presencia del insecto antes de que se propague en los cultivos. El monitoreo directo en las ramas resulta más apropiado para tomar decisiones en los programas de manejo integrado. Igualmente, ofrece información más detallada sobre la abundancia relativa del insecto y, a diferencia del monitoreo con trampas, solo requiere una visita a los lotes de cultivo para recopilar la información (Hall et al., 2007; Martínez-Carrillo et al., 2016).

Áreas de muestreo: hospederos alternos

Es frecuente encontrar cultivos de cítricos que hacen parte de una matriz conformada por diferentes especies citrícolas, que incluyen limas ácidas, naranjas y mandarinas, todas ellas hospederos de *D. citri*. Antes de iniciar un programa de monitoreo, es importante tener mapeados los diferentes lotes que conforman el lugar de producción y contar con información previa de la distribución espacial de las poblaciones del PAC, debido a que las especies exhiben flujos fenológicos no sincronizados inter e intraespecies. Esta variabilidad en el tiempo y número de brotes genera cambios en la fluctuación de las poblaciones del insecto, lo que presenta traslape de poblaciones, debido a una continua oferta de brotes en estado fenológico de desarrollo de hojas, ideal para el desarrollo biológico del insecto, favorecido porque algunos de los hospederos desempeñan un papel de cultivo *puente* (figura 43). Adicionalmente, es necesario identificar zonas que presenten hospederos de la familia Rutaceae y no citrícolas (*i. e., Citrus* spp.), así como sitios con diferencias topográficas influenciadas por factores bióticos y abióticos que pudiesen estar generando zonas con diferentes condiciones, favorables o desfavorables, para el desarrollo de los brotes y poblaciones de *D. citri*.

Figura 43. Representación esquemática del concepto de cultivos alternos.



Fuente: Imagen generada con IA DALL-E 3

Tamaño de muestra

En cultivos comerciales de cítricos para la implementación de un programa de monitoreo de poblaciones del PAC, se sugiere un tamaño de muestra de 40 árboles por hectárea, para cuya selección se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

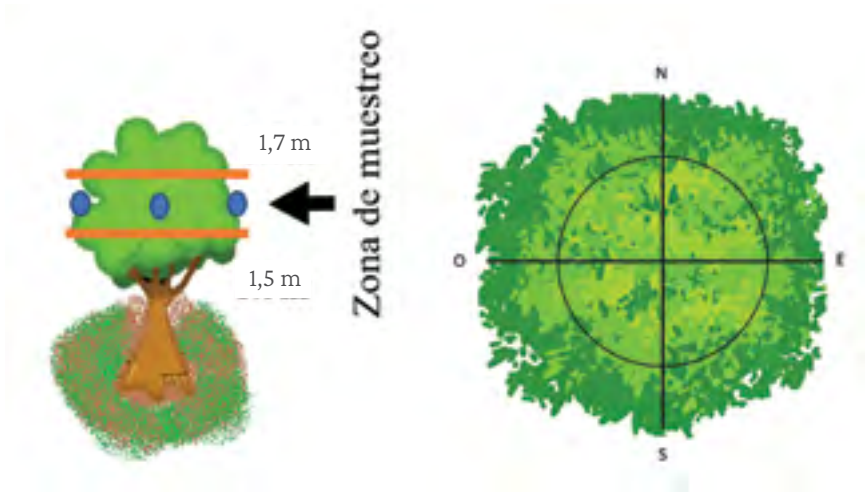
- Tener información previa de los sitios de mayor o menor incidencia de *D. citri.*
- Incluir en las muestras árboles con alta y baja carga de cosecha.
- En la selección de los árboles, prestar atención a:
  * La distribución espacial del insecto, marcando los árboles de mayor población y estado fenológico predominante.

* La topografía del terreno, identificando sitios con mayor inclinación y en los que pueda haber un microclima especial (sombríos, alta humedad, fuentes de agua, hospederos alternos).

Muestreo en el árbol

En el árbol, los muestreos se deben realizar trazando líneas imaginarias que formen dos ejes perpendiculares (cuatro cuadrantes). Sobre cada cuadrante se marcan ramas en una longitud de 70 cm, donde se registran los diferentes estados de desarrollo del PAC en relación con los estados fenológicos predominantes o haciendo precisión en cada estado fenológico encontrado (figura 44).

Figura 44. Muestreo del PAC sobre ramas y brotes de cuadrantes del árbol.



Fuente: Elaboración propia

Es fundamental prestar especial atención a los momentos en que los cultivos de cítricos inician las etapas de brotación, ya que, en entornos tropicales, el desarrollo de hojas y flores tiende a ocurrir simultáneamente. Por lo tanto, las fases que preceden a la floración y la brotación surgen como puntos de referencia para vigilar la presencia del insecto. Un seguimiento constante de las fases fenológicas del cultivo resulta crucial para detectar los individuos de *D. citri* en cultivos con bajas poblaciones.



Foto: Takumasa Kondo

Capítulo 8

Monitoreo indirecto de *Diaphorina citri*

Lumey Pérez-Artiles, Madeleyne Parra-Fuentes, José Mauricio Montes Rodríguez y Carlos Esteban Brochero-Bustamante

El monitoreo indirecto permite la estimación de poblaciones de adultos con el uso de diferentes herramientas entomológicas, tales como la trampa pegajosa amarilla, la captura con jama (o *jameo*) y el golpeteo de ramas (ver capítulo 9 para más detalles). Además de contar con los materiales adecuados para el monitoreo, un requisito importante e imprescindible es disponer de personal capacitado y experimentado, tanto en la técnica de monitoreo a emplear como en el reconocimiento de *D. citri*.

Trampas pegajosas

La trampa pegajosa amarilla o tablero amarillo es una lámina plástica de ese color que se recubre superficialmente con un pegante por una de las caras (figura 45b). Esta trampa aprovecha la atracción que sienten los adultos de *D. citri* por el color amarillo (Sétamou et al., 2014). Aunque existen varios tamaños de la trampa, la más común es de 25 x 20 cm. Es ampliamente utilizada para el monitoreo de adultos de *D. citri* en cultivos de cítricos (Hall et al., 2007). Para el monitoreo de *D. citri* se recomienda colocar el tablero en la parte más externa de una rama del árbol, a una altura de 1,5 m (figura 45a) (Aubert & Hua, 1990; Hall et al., 2007). El punto seleccionado para ubicar la trampa debe ser el de mayor predominancia del viento (Hall, 2009).

Las láminas se deben cambiar y revisar, al menos, cada 15 días, de acuerdo con el histórico del lote. Aunque teniendo como referencia que el ciclo de vida de *D. citri* en áreas citricultoras de Colombia es cercano a los 12 días (Botero et al., 2014), es recomendable que se cambien y revisen cada 10 días. La revisión de la lámina se realiza con la ayuda de una lupa grande de 5x y con buena iluminación. Es importante que la persona que realice la lectura tenga una experiencia mínima en el reconocimiento de adultos de *D. citri*. Las características de mayor relevancia para el reconocimiento de *D. citri* son su tamaño, que está entre 2 y 3 mm, y la forma y coloración de sus alas (figura 45d). Se puede decir que en cultivos de cítricos no hay otro insecto con una combinación de características similares. Se recomienda un entrenamiento previo cuando alguien empieza a utilizar esta metodología. Igualmente, tener unas cuantas trampas con positivos de *D. citri* es ventajoso para aprender a reconocer la especie.

Este método es recomendable en la detección temprana, cuando el lote recién empieza a ser invadido por el insecto (Bouvet et al., 2023). Como desventajas, la efectividad de las trampas amarillas varía según las condiciones ambientales a las que se exponen, como temperatura y brillo solar (Hall, 2009). Otro factor en contra es que no son específicas, ya que también capturan insectos benéficos, como abejas, saprófagos, parasitoides y depredadores, lo que dificulta la lectura de las trampas (Sétamou et al., 2019). Por ejemplo, en cultivos con alta aplicación de materia orgánica, como gallinaza y pollinaza, especialmente sin descomponer, los tableros amarillos capturan una gran cantidad de moscas comunes que dificultan la búsqueda y conteo de *D. citri*.

Se recomienda el uso de 3 a 5 trampas pegajosas amarillas por hectárea, de acuerdo con el histórico de la densidad

poblacional de la plaga y el estado fenológico del cultivo. A menor densidad poblacional y menor brotación, se deben colocar más trampas. Cuando predomine en el lote el estado fenológico vegetativo (desde EF-9 hasta EF-31), se deben colocar 3 trampas por hectárea, mientras que, durante el periodo de reposo vegetativo y fructificación, cuando se registra un menor número de brotes susceptibles a *D. citri* y las menores poblaciones de inmaduros, se sugieren 5 trampas.

Como alternativa para reutilizar la lámina, se recomienda retirar los insectos con una espátula y después usar un trapo humedecido en varsol para quitar el residuo de pegante. Ya limpia, se procede a forrarla con vinipel transparente (figura 45c) y colocar sobre este un pegante para insectos, el cual puede ser Biotrampa®, Safertac® o Supertramp®. En el caso de Supertramp®, para láminas tamaño carta, se recomiendan 5 cm^3 del pegante esparcido en una cara. Para trasladar la trampa al campo, se deja secar durante 15 min.

Este procedimiento de reutilización de las láminas se puede repetir hasta que se cristalizan. Dependiendo de la localidad, del brillo solar que soportan y de los materiales, pueden usarse entre cuatro y seis veces o entre dos y tres meses.



Hembra adulta y huevos recién ovipuestos de *Diaphorina citri*.

Foto: Takumasa Kondo

Malla entomológica o jama

Es una red de tela tipo tul u organza con un tamaño del poro que impide la salida de los insectos. Se recomienda la red entomológica de aproximadamente 35 cm de diámetro y un mango extensible desde 70 hasta 130 cm (figura 45e). En cada árbol se realizan tres pases dobles (de izquierda a derecha y viceversa) por cuadrante, cerca de las ramas, para un total de 12 pases por árbol, a una altura de 1,5 m, teniendo la precaución de no enredarse con las ramas o los frutos (Monzó et al., 2015). Una vez se realizan los tres pases por cuadrante, se observa el contenido de la jama para determinar la presencia de adultos de *D. citri*. Debido a que al golpear con la jama se pueden tumbar brotes, este método no es adecuado en árboles jóvenes (menores de 3 años) ni durante periodos de brotación masiva. Es necesario llevar el registro del número de adultos de *D. citri* presentes en la jama o red. Se sugiere un tamaño de muestra de 20 árboles/ha ubicados en el lote en forma de X, diferentes a los árboles en los que se realiza la inspección visual.

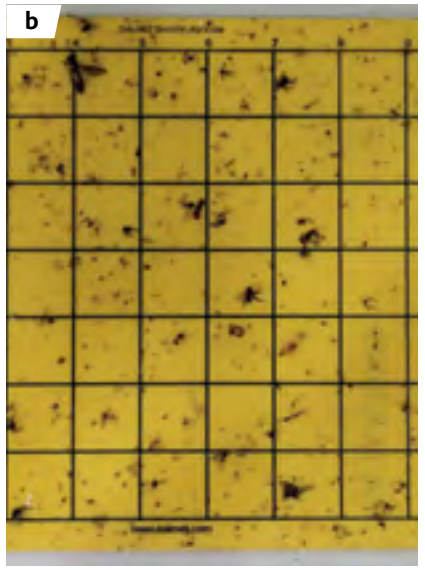
Golpeteo de rama

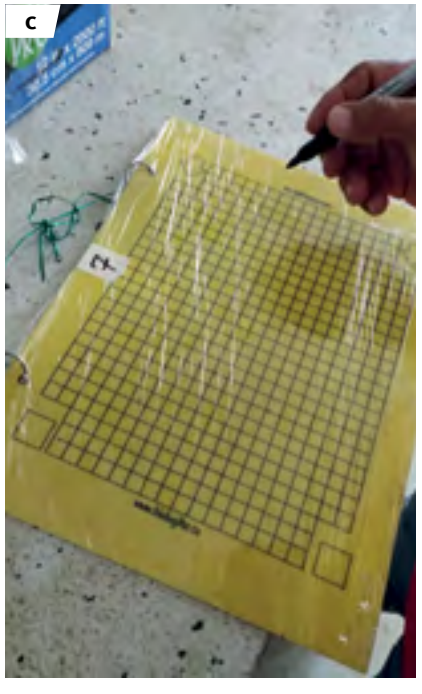
Para el golpeteo, se debe ubicar una rama de 40 cm. A continuación, la rama se golpea tres veces en la parte media con un tubo de PVC o un palo. Los golpes deben ser secos y con suficiente fuerza para que los adultos de *D. citri* caigan en el fondo de una bandeja o tabla de color claro, la cual se ubicará debajo del follaje de la rama que se golpea (figura 45f) (Monzó et al., 2015; Varón-Devia et al., 2020). Esta técnica es ampliamente utilizada para el monitoreo de *D. citri* dentro de programas de manejo de este insecto. Entre sus ventajas se encuentra la disponibilidad de información inmediata sobre la abundancia de adultos de *D. citri* dentro del área monitoreada (Martínez-Carrillo et al., 2016); sin embargo, no es recomendable su uso en árboles pequeños (Monzó et al., 2015).

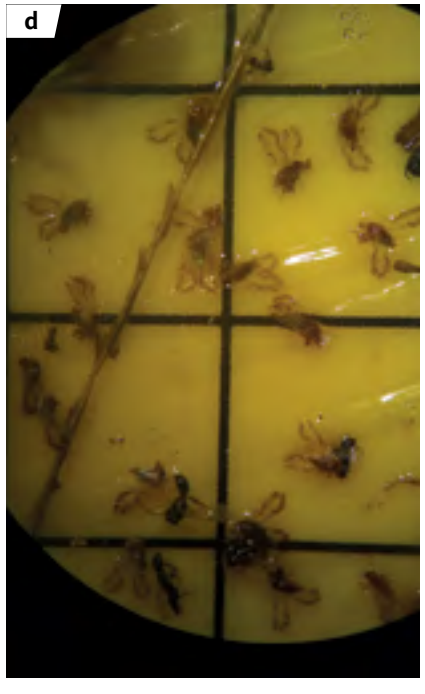
Es necesario llevar el registro del número de adultos de *D. citri* presentes en bandeja y realizar el conteo rápido de los adultos antes de que escapen. Se sugiere un tamaño de muestra de 20 árboles/ha ubicados en el lote en forma de X, evaluando el mismo árbol donde se realiza la inspección visual.

Figura 45. Metodologías de muestreo del psílido asiático de los cítricos *D. citri*. **a.** Ubicación del tablero amarillo a una altura de 1, 5 m respecto al suelo; **b.** Trampa pegajosa amarilla; **c.** Láminas amarillas forradas con vinipel para su reutilización; **d.** *D. citri* capturada en trampa pegajosa; **e.** Red entomológica o jama; **f.** Método de golpeteo de ramas.













Fotos: Edison Castro, Carlos Brochero y Jacobo Robledo.

Los monitoreos visuales, con jama y de golpeteo, son los más amigables con la fauna benéfica, ya que las trampas pegajosas atrapan muchas especies no blanco, incluyendo insectos benéficos, como polinizadores (abejas), saprófagos, parasitoides y depredadores. El uso de trampas pegajosas debe hacerse teniendo en cuenta los beneficios versus los costos de esta tecnología, ya que los enemigos naturales son importantes controladores de las poblaciones de *D. citri*.

Capítulo 9
Estrategias para el control biológico de *Diaphorina citri*

Capítulo 10
Control biológico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* con el parasitoide primario *Tamarixia radiata*

Parte IV

Intervención

Hormigas *Crematogaster* sp. (Formicidae) atendiendo ninfas de *Diaphorina citri*.
Foto: Takumasa Kondo

Capítulo 9

Estrategias para el control biológico de *Diaphorina citri*

Juan Humberto Guarín, Lumey Pérez-Artiles y Takumasa Kondo

Enemigos naturales de *Diaphorina citri*

El agroecosistema citrícola está compuesto por una gran diversidad faunística, en la que se encuentra así mismo una alta diversidad de fitófagos y un amplio número de enemigos naturales (parasitoides, depredadores y patógenos) que intervienen eficazmente limitando la multiplicación de los fitófagos y evitando que alcancen la categoría de plaga. De manera natural, los entomófagos ejercen una regulación sobre las poblaciones de fitófagos a través de la depredación, el parasitismo y la competencia (Altieri, 1994). Cuando estas relaciones son adecuadamente manejadas por el hombre, es cuando nos referimos a *control biológico* (Cortez-Madrigal, 2007).

La implementación del control biológico es fundamental en el manejo de plagas de cítricos, entre ellas *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (Hall, 2008). El control biológico por conservación, mediante la manipulación del hábitat, favorece el incremento de los enemigos naturales, entre ellos las crisopas (Neuroptera: Chrysopidae), mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae) y chinches asesinas (Hemiptera: Reduviidae), especialmente del género *Zelus* e himenópteros, que hacen parte de la fauna del sistema productivo de cítricos y contribuyen con la regulación de una gran variedad de insectos plaga en el sistema (León & Kondo, 2017; Nicholls, 2008).

Para *D. citri* se han reportado en el mundo alrededor de 101 especies de enemigos naturales (arañas e insectos), distribuidos en 9 órdenes y 26 familias (Aubert, 1987; González et al., 2007; Kondo, González et al., 2015; Kondo, 2017). Como parasitoides primarios han sido identificados *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shafee, Alam and Agarwal) (Insecta: Hymenoptera: Encyrtidae) y *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) (Kondo et al., 2015; Kondo, 2017, Kondo et al., 2022).

T. radiata es considerado el parasitoide más efectivo para el control de *D. citri*, ya que demuestra alta eficiencia en el control de las poblaciones de este psílido, aun cuando se observa baja incidencia de la plaga en campo (Paiva & Parra, 2012), y ha sido empleado con éxito en los programas de control biológico clásico de *D. citri* (Étienne et al., 2001). La especie coloca un huevo en el tercer par de patas y parasita ninfas del tercer al quinto instar (Chien et al., 1989; Étienne et al., 2001). En condiciones favorables, la tasa de parasitismo por *T. radiata* puede superar el 90 % (Fauvergue & Quilici, 1991; González et al., 2000, 2007; Torres et al., 2006). Se cuenta con registros de la introducción de este ectoparasitoide en países como Filipinas (Gavarra et al., 1990), Taiwán (Aurambout et al., 2009; Chien et al., 1989; Chiu et al., 1988), Isla Reunión (Aubert, 1987; Étienne et al., 2001) y Brasil (Marín, 2023).

Aunque la capacidad de *T. radiata* para buscar, localizar y establecerse en su hospedero sea notable, debe combinarse con el uso de depredadores generalistas para el control, principalmente de los huevos y del primer y segundo instar, lo que aumenta la efectividad del control biológico de las poblaciones del psílido (Chien & Chu, 1996). Michaud (2004) constata que, en ausencia de depredadores, la mortalidad causada por *T. radiata* es insuficiente para suprimir las poblaciones de *D. citri*.

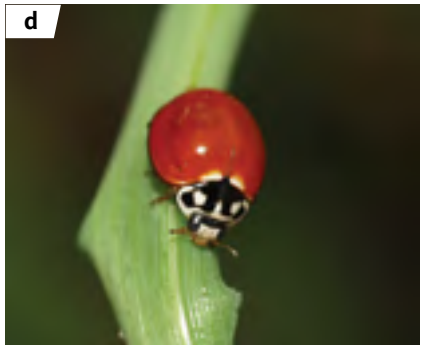
En Colombia, se ha encontrado un total de 17 especies de enemigos naturales, distribuidos en 7 familias y 5 órdenes, depredando o parasitando a *D. citri* en el Valle del Cauca, *i. e.,* nueve coccinélidos: *Azya orbigera* Mulsant, 1850 (figuras 46a y 46b); *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781) (figura 46c); *Chilocorus* cf. *cacti* (L., 1767); *Curinus colombianus* Chapin, 1965; *Cycloneda sanguinea* (L., 1763) (figura 46d); *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (figura 46e); *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, 1842 (figura 46f); *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866); *Scymnus rubicundus* Erichson, 1847 (Coleoptera: Coccinellidae); una avispa, *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae) (figura 46g); el ectoparasitoide *T. radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) (figura 46h); dos especies de moscos de las flores cuyas larvas incluyen especies que depredan insectos pequeños de cuerpo blando, como psílidos, áfidos y cochinillas harinosas, *i. e., Allograpta* (Fazia) CR-2 aff. *hians* (Enderlein, 1938) (figura 46i), *Leucopodella* sp. (Diptera: Syrphidae); chinches asesinos, como *Zelus* spp. (Hemiptera: Reduviidae) (figuras 46k y 46l); y dos especies de crisopas, *Ceraeochrysa* sp. y *Ceraeochrysa* cf. *claveri* (Navás, 1911) (Neuroptera: Chrysopidae) (Kondo, González et al., 2015, Kondo et al., 2022).

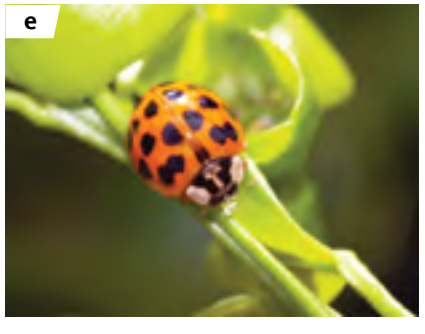
Figura 46. Enemigos naturales de *Diaphorina citri*. Mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae): **a.** *Azya orbigera* Mulsant, adulto; **b.** *Azya orbigera*, larva (nótese la similitud superficial con una cochinilla harinosa); **c.** *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius); **d.** *Cycloneda sanguinea* (L.); **e.** *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773); **f.** *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, 1842; **g.** *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae); **h.** *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) y dos ninfas de *D. citri*; **i.** *Allograpta* sp. (Diptera: Syrphidae); **j.** *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae); chinches asesinas (Hemiptera: Reduviidae): **k.** *Zelus* sp. 1, ninfa; **l.** *Zelus* sp. 2, adulto (nótese que cada chinche tiene un psílido en su aparato bucal).

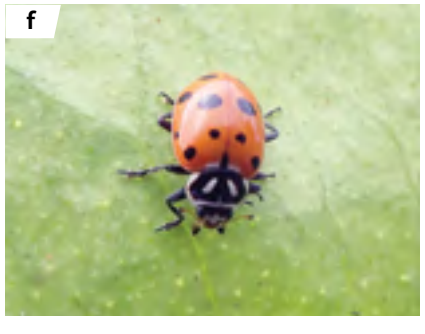










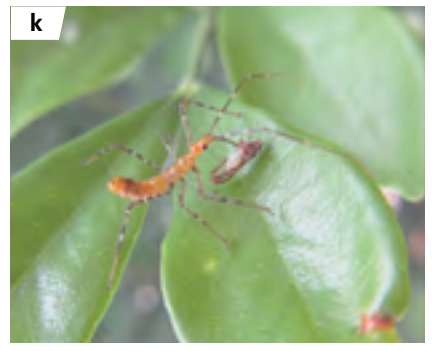














Fotos: Takumasa Kondo

Los hongos entomopatogénicos también desempeñan un papel fundamental en la reducción de las poblaciones de *D. citri*, especialmente durante los periodos de alta humedad (Aubert, 1987). Especies como *Hirsutella citriformis* Speare han sido importantes en el manejo de la plaga en Cuba (Cabrera et al., 2002), e *Isaria fumosorosea* Wize (IFR) (*Paecilomyces fumosoroseus*) (Hypocreales: Cordycipitaceae) lo ha sido en la Florida (Estados Unidos) (Meyer et al., 2008).

Métodos de incremento de artrópodos benéficos para el manejo de *D. citri*, vector del HLB

Para el control biológico de *D. citri,* la reproducción masiva y las liberaciones de *T. radiata* han sido ampliamente recomendadas a nivel mundial (Arredondo, 2013; Étienne et al., 2001; Gavarra et al., 1990). Así mismo, hay resultados de investigación actuales en los que se detallan los requerimientos y comportamiento del organismo en lo que tiene que ver con capacidad de dispersión (Marín, 2023). En Colombia aún no existe disponibilidad comercial del *T. radiata,* a pesar de las alternativas presentadas en el respectivo protocolo para cría y liberación de este ectoparasitoide (Kondo, 2017).

En algunas regiones del país se han desarrollado actividades tendientes a difundir e implementar, mediante las demostraciones de método, el conocimiento, manejo e incremento de esos artrópodos benéficos, para su uso en la regulación de las poblaciones de *D. citri* (Guarín & Ospina, 2020).

Cuando se pretende hacer un uso eficiente de los enemigos naturales de las plagas, se hace necesario conocer sus requerimientos, bien sea para su cría o para su favorecimiento en campo, así como los de otros organismos depredadores y parásitos reguladores del vector *D. citri* (González et al., 2015; Kondo, 2017; Kondo et al., 2022). Por lo tanto, es imprescindible conocer las condiciones adecuadas para su manejo en condiciones controladas y para su establecimiento en campo en niveles bajos de complejidad biológica. Así, se debe conocer su proporción sexual y sus requerimientos de manejo en cultivo y en hospederos alternos (New, 2009), sea en refugios, reservorios o en áreas libres de la enfermedad HLB de los cítricos.

Para usar agentes benéficos de origen comercial, se deben conocer sus exigencias de condiciones y disponibilidad de transporte, aéreo o terrestre; tolerancia de desempeño en temperaturas extremas; requerimientos nutritivos y energéticos; respuesta funcional, es decir, cuántos individuos se requieren para interactuar y afectar poblaciones de la plaga; su longevidad, pues es determinante para sincronizar su manejo en campo; condiciones de liberación, y, en esa medida, la compatibilidad de componentes usados en los diferentes sistemas de manejo del cultivo y de la plaga (Panizzi & Parra, 2009).

Para el manejo de los insectos benéficos reguladores de *D. citri* existen varias opciones. Una de ellas es el incremento de insectos generalistas, que son de amplio espectro. Otra es el uso de enemigos naturales específicos, como el ectoparasitoide *T. radiata*. Este insecto puede ser incrementado en diferentes escalas, bien sea a nivel industrial (lo que requiere de importantes y sostenidos recursos monetarios, fuera del alcance de un productor convencional de agentes de control biológico) o en árboles aislados incluso dentro del cultivo. Siempre se necesitará de una rutácea como hospedante en la que se desarrolle adecuadamente el insecto hospedero *D. citri,* y tener conocimiento y acceso al pie de cría, así como estar garantizando la ampliación de su base genética, mediante la introducción permanente de nuevos individuos de campo. El incremento en campo de *T. radiata* se puede dar en plantas rutáceas como cítricos (*Citrus* spp.), mirto (*Murraya paniculata*) o swinglia (*Swinglea glutinosa*). En cualquiera de los casos, la planta utilizada será un foco y, por lo tanto, debe estar protegida, aislada en condiciones adecuadas de bioseguridad, para permitir el desarrollo de la plaga, con miras al establecimiento y la acción del parasitoide (Guarín & Ospina, 2020). Para el incremento de *T. radiata* es necesario asegurar el suministro permanente de la plaga en el hospedante con adecuado manejo agronómico, para garantizar que tanto el cultivo como el insecto estén libres de patógenos.

El incremento de estos enemigos naturales puede ser realizado a diferentes escalas: industrial (producción masiva de *T. radiata*) o artesanal, mediante el incremento *in situ*, como centenariamente se ha realizado en China, lo cual se está promoviendo desde AGROSAVIA en diferentes lugares del territorio colombiano para el manejo de *D. citri.* Otra ruta para acceder a los insectos benéficos consiste en el incremento *in situ* de estos en pequeñas unidades, básicamente a ser utilizadas en áreas de traspatio en las que hay rutáceas y no necesariamente cítricos.

Incremento de depredadores

Crisopas

Los crisópidos (Neuroptera: Chrysopidae) están ampliamente distribuidos, tanto en ecosistemas naturales como en agroecosistemas, en muchas partes del mundo, y se utilizan como agentes biológicos para el control potencial de varias plagas de artrópodos pequeños en huertos y cultivos de campo. Las larvas son generalmente depredadores polífagos y sus presas, a menudo, incluyen artrópodos comparativamente lentos o sésiles, pequeños y con una cutícu-

la delgada que se perfora fácilmente, como pulgones, huevos y larvas de lepidópteros, cochinillas, insectos escama, entre otros (New, 2009).

En un estudio realizado en Brasil se identificaron varias especies de crisópidos, incluyendo tres especies del género *Ceraeochrysa* y dos especies del género *Chrysoperla,* incluyendo *Chrysoperla externa* (Hagen) (figura 46j), que fueron reportadas como abundantes en programas convencionales y orgánicos en el manejo de *D. citri* (Rugno et al., 2021).

Los huevos de crisopa son pedicelados, colocados en la superficie de las hojas de cítricos, tanto en el haz como en el envés, pero dispuestos en lugares con sombra, no expuestos directamente al sol. El desarrollo larval de las crisopas consiste en tres estadios larvales, que en total abarcan unos 12 días bajo condiciones de laboratorio (26 ± 2 °C; 65 ± 5 % humedad relativa) (Shaukat, 2018), y está regulado por las condiciones ambientales del lugar, fundamentalmente por la temperatura. La larva se alimenta de artrópodos de cuerpo blando (ácaros, áfidos, escamas, larvas de dípteros y lepidópteros, moscas, etc.). Después pasa al estado de pupa, muy característico, pues parece un pequeño globo blanco ligeramente traslúcido, construido con hilo de seda emitido por la larva. Su forma es la de una O mayúscula alargada.

El estado de pupa de los crisópidos tiene una duración aproximada de una semana. Los adultos tienen una longevidad de hasta un mes (Amarasekare, 2020). Los adultos de crisopa son individuos de color verde, de alas traslúcidas de mayor longitud que el cuerpo, de tonalidad ligeramente verde y de evidente venación (figura 46j). Sus ojos son de apariencia dorada, que se modifica con la incidencia de la luz. Este grupo de insectos se caracteriza porque los adultos se congregan con fines reproductivos, lo que asegura que su carga genética sea transferida a las siguientes generaciones. Los adultos (machos y hembras) se reúnen en sitios específicos de los lotes, en horas de la tarde. En el lugar de concentración de los adultos de crisopa, utilizando una jama entomológica, se pueden colectar hasta cincuenta individuos, los cuales se confinan en un ambiente seco con temperatura no superior a 30 °C.

Para el inicio de la unidad de incremento de crisopas, los adultos así colectados se colocan en un balde plástico limpio y seco de tapa hermética, de 20 l de capacidad. La tapa del recipiente se coloca herméticamente y se le acondicionan en la parte interna tiras de papel periódico, impreso o limpio, en zigzag, de una pulgada de ancho. Adicionalmente, se le acondicionan motas de algodón con miel de abejas (50 % de agua) (Guarín, 2003). Así, los individuos adultos colectados se mantienen durante 48 horas. A partir de las 24 horas inician la oviposición en las tiras de papel acondicionadas (Guarín, 2003). Cuando las larvas están próximas a eclosión, los huevos pasan de una tonalidad verde característica a una apariencia ligeramente rosada. Cuando el 50 % de las larvas eclosiona, se hacen las liberaciones en sitios estratégicos en el campo, colocando al depredador cerca de colonias de pulgones (áfidos) o en brotes de cítricos infestados con *D. citri*.



Chinche asesino, *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae). **Foto:** Takumasa Kondo

Debe tenerse especial cuidado en evitar que las larvas y posturas (50 %) dispuestas en campo sean depredadas por las hormigas. También es importante evitar el contacto entre los huevos, pues es común que las larvas de crisopas recién eclosionadas consuman las posturas o embriones que aún están en proceso de incubación (canibalismo) (Guarín, 2003).

Para liberaciones en cultivos de cítricos, se debe ubicar el hospedero alterno (swinglia, mirto o cítrico de traspatio) en el huerto de cítricos o jardín de traspatio, se selecciona el brote o terminal con *D. citri* a ser inoculado con el insecto benéfico y se ubica la cinta de papel periódico con 10 larvas o huevos de crisopa próximos a eclosión (de color rosado).

En Colombia, las crisopas también están disponibles a nivel comercial. Por lo general, la crisopa que se adquiere comercialmente se encuentra en dos presentaciones: a) huevos o larvas neonatas de crisopa dispuestas en bolsas de papel con cisco de arroz y provistas de alimento adecuado para reducir las probabilidades de canibalismo, y b) huevos adheridos en láminas de cartulina (pulgada cuadrada), para eclosión de larvas y su instalación en las plantas de interés.

Para el envío, las bolsas con el depredador son empacadas en recipientes de icopor con gel refrigerante para disminuir la temperatura y así reducir el metabolismo de los individuos. Las bolsas de crisopas se envían a granel, en bolsas de 100, 500, 5.000 y 10.000 unidades. Para cítricos, la presentación ideal es de 100 individuos por bolsa o en cartulina por pulgadas. En cualquier caso, se deberá buscar que el proveedor garantice el suministro de crisopas nativas, que tienen una capacidad de depredación de más del 90 %, a diferencia de las de origen exógeno, con eficiencia cercana al 10 % y con un costo comparativo en función de su eficiencia diez veces mayor (D. García, comunicación personal, 24 de junio de 2024).

La sincronización entre el envío, la recepción, el transporte y el acondicionamiento del material biológico con miras a la liberación definitiva es clave para su éxito en campo. En cuanto a la liberación de larvas de crisopa disponibles comercialmente, lo primero que debe considerarse es el control de calidad del respectivo envío. Las larvas deben ser acondicionadas para cubrir el recorrido desde el lugar de envío hasta el lugar definitivo de liberación. Regularmente, los envíos son transportados por vía terrestre en horas de la noche, para evitar el estrés por transporte en condiciones de elevada temperatura. Antes de realizar las liberaciones de crisopa, de acuerdo con las diferentes presentaciones, se recomienda que sean colocadas sobre el capó de un vehículo encendido, para garantizar la reactivación de individuos provenientes de red de frío. Además de esta opción, para la reactivación de los individuos (larvas y adultos), las bolsas y los recipientes se pueden colocar sobre una hoja de latón en un día soleado, pero nunca en exposición directa al sol intenso.

Para verificar la condición del material biológico, este debe muestrearse con una lupa adecuada, tomando al azar cinco bolsas de 100 individuos y, a modo de repeticiones, se coloca separadamente el contenido de cada bolsa en la superficie de una hoja de papel blanco cuadriculado o papel periódico limpio, con buena iluminación, sin exposición a corrientes de aire ni a la radiación solar intensa, evitando cercanía de hormigueros. Primero, se debe verificar la presencia de larvas de crisopa. Cuando más del 50 % de las larvas estén eclosionadas, las crisopas estarán listas para ser liberadas en campo.

La cantidad de individuos de crisopa o del insecto benéfico a liberar en el cultivo dependerá de la presencia previa de especies de insectos benéficos, incluyendo la especie a liberar. Se pueden realizar liberaciones inoculativas o inundativas, dependiendo de la distribución de la plaga (si es homogénea o en focos), así como de la cantidad de recursos alternativos (presas, hospederos alternos, refugios) para el mantenimiento del o de los benéficos. Para el caso de cítricos, los criterios para definir la cantidad de crisopas a liberar dependerá de la presencia simultánea de la enfermedad HLB y de su insecto vector, *D. citri,* así como del valor comercial de la cosecha a proteger. En cada caso se define cantidad, ubicación y forma de liberación del insecto benéfico. Se debe recordar que, en zonas con presencia de la enfermedad, la tolerancia para *D. citri* es cero, o debe ser establecida una condición para el manejo de las zonas de amortiguación para propiciar el establecimiento del parasitoide *T. radiata*, sin exposición a los insecticidas, para reducir la dispersión de la enfermedad en zonas libres y propiciar la actividad de depredadores eficientes en el sistema de rutáceas, como la han demostrado las crisopas.

Para la liberación de crisopa dirigida al manejo de *D. citri* en zona libre del HLB, se recomienda liberar entre 10.000 y 20.000 individuos/ha, según las recomendaciones de los proveedores comerciales. Para el primer caso, se trata de 100 bolsas de 100 individuos cada una, con distribución homogénea de la plaga y densidad cercana a 300 árboles/ha. Se coloca una bolsa con su contenido superior al 50 % de eclosión cada tercer árbol. La bolsa con el 50 % de los individuos ya eclosionados se coloca en una rama infestada por la plaga. A la bolsa de papel se le realizan dos cortes en diagonal, de manera que se garantice la salida de los individuos, y se asegura la bolsa a la rama. Así, cuando los depredadores salgan de la bolsa, podrán dispersarse de inmediato y realizar el forrajeo en busca de sus presas (Guarín & Ospina, 2020).

Para proteger la inversión realizada con la liberación de los depredadores, debe evitarse en el cultivo la aplicación de insecticidas y otros compuestos tóxicos, salvo que se trate de una liberación inundativa, en la que no se tenga como pretensión el establecimiento del insecto benéfico. Cuando se busca el establecimiento de este, debe garantizarse que tenga lugares de refugio en los que pue-

da alternar el consumo de *D. citri* con el de otras presas alojadas en las malezas nobles y que puedan ser toleradas, ya que no constituyen competencia para el cultivo comercial. O bien, puede realizarse la liberación del insecto benéfico en hospederos alternos, como es el caso de swinglia, donde aún no se ha eliminado. Un lugar seguro y adecuado, como parte del manejo de hospederos alternos en cultivos cítricos o en cercos vivos en los condominios, es el cerco de swinglia, donde se pueden liberar periódicamente larvas o adultos de crisopa para la regulación de *D. citri*.

La existencia de arvenses y de cercos vivos no rutáceos es clave para el establecimiento de los insectos benéficos en el campo, con el fin de que se puedan refugiar y encontrar alimento suplementario, de manera que eviten el desgaste de energía y recursos por los desplazamientos adicionales.

Recomendaciones para las liberaciones de crisopas en campo

Bien sea en las labores de favorecimiento para establecer los insectos benéficos o en las liberaciones de depredadores disponibles comercialmente, es determinante definir la existencia previa del insecto benéfico de interés. Resulta clave saber la distribución de los insectos y su comportamiento tanto en el cultivo como en las arvenses, sean plagas o benéficos.

Dentro del lote de cultivo, se realiza el muestreo en W, X o zigzag. Luego se define qué parte del árbol y de las arvenses se muestreará. Para crisopas se muestrea sobre el follaje entre 1,0-1,5 m de altura, en el haz de la hoja (parte de la hoja de coloración más intensa y lustrosa). Se verifica la presencia de posturas de crisopa, como ya se indicó. Las ramas con hojas a muestrear son las medianamente iluminadas, ya que son las más adecuadas para la colocación e incubación de los huevos, con menor riesgo de deshidratación. Igualmente, deberán conocerse los tipos de larva de crisopas, pues las hay desnudas, como las observadas en este texto, y las hay de tipo *basurita*, en el que la larva se cubre de esqueletos y desechos de insectos escama y parece un gránulo de icopor caminando (su apariencia es la de una basurita desplazándose). Las larvas de tipo basurita se van cubriendo con restos de escamas y exoesqueletos de otros insectos, que encuentran o han ido consumiendo en el proceso de depredación. Se debe realizar un estimado de huevos presentes en el muestreo por árbol y por hectárea. A modo de ejemplo, con presencia de 100 huevos/árbol y distribución uniforme, representan cerca de 28.000 huevos/ha. Para una aplicación comercial se liberan entre 10.000 y 20.000 huevos. Esto da una idea de lo importante que resulta la presencia previa de crisopas en el huerto. Una vez se cuenta con el dato de posibles



Crisopa, *Ceraeochrysa* sp. (Chrysopidae). **Foto:** Takumasa Kondo

huevos/ha, se estima la viabilidad de estos en campo. Es conveniente también muestrear larvas, incluyendo las de cuerpo desnudo y las basuritas.

Cuando los huevos están recién puestos, son de una tonalidad verde clara en el extremo superior del pedicelo, y, en la medida que se aproxima la eclosión de las larvas, estos huevos se tornan opacos y se logra apreciar con lupa en su interior la larva de tonalidad rosada. Es importante verificar la viabilidad de los huevos, así como de las larvas de crisopa. La aplicación de insecticidas es una causa de mortalidad importante. El tono ligeramente café en la larva próxima a eclosionar es evidencia de la muerte del embrión, lo que indica que ha sido afectada por el insecticida (Guarín, 2003). Cuando ya han eclosionado las larvas, los huevos se ven de apariencia blanca, vacíos, de aspecto deshidratado y, observándolos en detalle, se verifica su eclosión en lo que queda del huevo (corion). Después de eclosionar, las larvas se desplazan al lugar donde se encuentra la plaga y ahí se alimentan (forrajeando). Es difícil encontrar a varias larvas alimentándose en la misma colonia. El desarrollo de las larvas dura cerca de 12 días (Guarín & Ospina, 2020).

La otra forma de verificar la presencia de las crisopas adultas es mediante el uso de jama entomológica. El jameo se realiza de forma ágil pero delicada, en cinco lugares distintos del huerto, mediante cinco pases dobles de jama entomológica por sitio. En cada uno de los jameos se contabilizan los individuos, se verifica el área de jameo, se toma el promedio general de los cinco jameos y se estima el número de individuos adultos de crisopa por hectárea. En caso de obtener un promedio de 10 adultos/jameo, y si el área recorrida en prome-

dio para cada uno de los cinco pases de jama es de 2 m^2, ello equivaldrá a 50.000 adultos por hectárea, suponiendo una distribución uniforme. Los adultos de crisopa tienden a concentrarse en núcleos de apareamiento, por lo que se realiza el jameo para una hectárea en 5 puntos y se obtiene el promedio de los 5 puntos muestreados.

Los criterios para evaluar la eficacia de la liberación se definen teniendo en cuenta la liberación del insecto benéfico y cuantificando la presencia inicial de la plaga a regular y la forma de liberación de los benéficos. Se tienen así las situaciones inicial y final, con las que se puede evaluar la presencia del insecto benéfico. La eficacia de los depredadores depende de los niveles poblacionales de la plaga, de la presencia de diferentes estados de desarrollo del insecto benéfico, y de contar con mínimo una generación de la especie de interés. Para el caso de crisopa, en un mes se tiene una nueva generación en campo, asumiendo que se haya establecido y que las condiciones de manejo hayan sido adecuadas, siempre y cuando no se intervenga de manera generalizada con insecticidas.

Coccinélidos

Para el incremento de otros insectos depredadores, como las mariquitas o catarinitas (coccinélidos), se pueden realizar adaptaciones que no requieren mayor mano de obra. Para incrementar las poblaciones de coccinélidos en el campo, se puede tomar una especie insectil plaga con elevado potencial reproductivo, como es el caso de la cochinilla harinosa de los cítricos, *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae). Es importante verificar que el pie de cría a usar proveniente del campo no llegue con parasitoides o material contaminante que comprometa el desarrollo de la colonia inicial. Las colonias de *P. citri* servirán como alimento suficiente, adecuado y oportuno para mantener las poblaciones del coccinélido (mariquita) a utilizar, con miras al manejo de una plaga determinada en el cultivo de cítricos. Para iniciar la colonia de *P. citri* a partir de individuos provenientes de cítricos, de plátano o de banano (Watson & Kondo, 2022), así como de café (Bustillo, 2008), se coloca una ahuyama verde redonda (japonesa) (o zapallo) de máximo 2 kg que no haya sido tratada con insecticida, en un terrario o en una caja plástica transparente y hermética, con adecuada ventilación, para evitar la proliferación de hongos descomponedores (Guarín et al., 2007).

La ahuyama se aísla en el recipiente seleccionado y se coloca sobre la cicatriz del zarcillo, sobre una tapa de plástico o de latón, para reducir el contacto con la superficie y evitar la concentración de humedad —con ello se evita la reducción de la vida útil de la unidad de cría de la presa—. El fruto de ahuyama o zapallo se apoya en el recipiente seleccionado, sobre una tapa plástica de 10 cm de diámetro y 2 cm de altura, así el fruto estará aislado en un recipiente plástico transparente. El recipiente se cubre herméticamente, en la parte superior, con velo suizo fino, tela tul o muselina, para evitar el ingreso de organismos no deseados. La ahuyama no debe entrar en contacto con el tejido de la cubierta del recipiente, a fin de evitar la colonización de otros insectos que se posen en esa superficie. Cuando el recipiente seleccionado sea de plástico, se le pueden hacer adecuaciones a modo de ventanas, con material de velo suizo o muselina, para garantizar la circulación del aire y evitar la saturación de humedad, que sería perjudicial al establecimiento, permanencia y longevidad de la colonia de la plaga que servirá de alimento para incrementar el insecto benéfico. Cuando la colonia del insecto plaga con el que se va a alimentar al benéfico se encuentra ya establecida, la superficie del fruto (ahuyama) se torna totalmente blanca, con ligeras emisiones cerosas o de aspecto pegajoso, por la miel de rocío, propia de los insectos chupadores. Cuando el fruto alcanza esta condición, deberá evitarse su manipulación para impedir el daño a la colonia.

Previamente, mediante observaciones frecuentes en campo en el cultivo de cítricos, se determinará la especie del coccinélido benéfico de interés para ser incrementada en campo, según las condiciones del cultivo y el objetivo. Para esto, deberán identificarse los estados de desarrollo del insecto que será colectado y puesto en contacto con la colonia que servirá de alimento y que está en proceso de incremento en condiciones controladas o de campo (Alves, 1998). Sobre la ahuyama infestada con *P. citri*, se colocan las mariquitas, preferiblemente del mismo estado de desarrollo (huevos, larvas, prepupas, pupas o adultos) y de la misma especie. Es importante familiarizarse con los diferentes estados de desarrollo de la mariquita, para evitar contaminaciones o competencia por el recurso alimenticio. Los especímenes colectados se ponen sobre las ahuyamas infestadas con *P. citri*, donde se favorecen las condiciones para su multiplicación. Durante el proceso de alimentación, para el mantenimiento de la unidad de cría del coccinélido, debe garantizarse que no se presente el contacto con otros organismos, debido al riesgo de contaminación.

La caja plástica, terrario o acuario, o del material que se disponga, debe permanecer cubierta con tela tul, velo suizo o muselina, o tapada con plástico, si es el material original. La caja de cría debe contar con ventilación para evitar la saturación de humedad y la aparición de patógenos que deterioren la calidad y el desempeño biológico de la especie a incrementar. Para garantizar el proceso de incremento del insecto benéfico en el campo, es necesario mantener el insecto benéfico en ambiente hermético para poder suministrar los insectos a liberar en campo. El propósito de la producción de insectos benéficos es obtener individuos saludables y de buen potencial repro-

ductivo, para liberarlos en las colonias de la plaga en las condiciones de campo. El mantenimiento de la plaga como presa debe realizarse siempre en ambiente hermético y con condiciones controladas. Su manejo deberá programarse para evitar que se agote el recurso, que es un insumo esencial para el incremento del insecto benéfico. Hay que garantizar que no se rompa el ciclo biológico, condición clave para mantener la unidad de cría de la plaga en buenas condiciones. La ahuyama tendrá que cambiarse por un fruto nuevo cuando se deteriore —esto se notará en la reducción de la consistencia del fruto y en la proliferación de puntos negros en la superficie donde se encuentra la colonia de la plaga, así como en la emisión de compuestos líquidos—.

Para el incremento de coccinélidos en campo, también existe la posibilidad de trabajar con terrarios (de vidrio) pequeños o con cajas plásticas transparentes para hacer el incremento controlado de varias especies de insectos plaga, como la cochinilla harinosa de los cítricos, *P. citri*. La colonia inicial puede ser obtenida de campo, en ramas de cítricos con fuerte sombreado o en la base del tallo, así como en la unión del fruto con el pedúnculo. Ese ambiente tiene las condiciones adecuadas para el incremento poblacional, hasta llevarlo a niveles poblacionales, de manera que contribuya a tener presas suficientes para hacer el manejo e incremento de coccinélidos (Guarín et al., 2007).

Hongos entomopatógenos

En sentido estricto, los hongos que afectan a los insectos son parásitos. Los hongos entomopatógenos que causan enfermedades en poblaciones de *D. citri* son comunes en Brasil, México, China y Colombia. Para Colombia se han encontrado en campo diferentes especies de hongos entomopatógenos que afectan a plagas de cítricos —entre estas, ninfas y adultos de *D. citri*— (tabla 7), y que han sido aislados, identificados, evaluados y caracterizados, de acuerdo con su acción sobre el insecto. Así, se ha determinado que no presentan peligro para organismos deseables y que no revisten riesgo para la salud humana, de manera que se les han realizado pruebas de evaluación agronómica y han pasado al proceso de escalamiento, una vez se ha determinado su potencial.

Tabla 7. Hongos entomopatógenos seleccionados a partir de individuos de *D. citri* infectados naturalmente en campo

Hongo	Identificación	Departamento	Especie vegetal
Purpureocillium lilacinum	DC024	Córdoba	Lima ácida Tahití
Paecilomyces formosus	DC025	Córdoba	Lima ácida Tahití
Beauveria bassiana	DC026	Córdoba	Lima ácida Tahití
Beauveria bassiana	DC032	Tolima	*M. paniculata*
Beauveria bassiana	DC035	Tolima	*M. paniculata*
Purpureocillium lilacinum	DC038	Valle del Cauca	*C. reticulata*

Fuente: Elaboración propia con base en Guarín et al. (2007)

En las condiciones de los huertos comerciales de cítricos, es frecuente la presencia de adultos de *D. citri* colonizados por hongos. Cuando se realiza la aplicación de un hongo entomopatógeno o se libera un parasitoide, se debe realizar el seguimiento de la actividad, de lo contrario, queda como un acontecimiento anecdótico. Se busca que el hongo entomopatógeno sea específico para la plaga a controlar, teniendo certeza de que no afecte a los insectos benéficos.

Para realizar la evaluación en campo, ya sea en huerto comercial de cítricos o en un hospedero alterno, sea mirto (*M. paniculata*) o swinglia (*Swinglea glutinosa*), de la presencia de la plaga, se realiza una búsqueda directa a nivel de brotes

para verificar la presencia de huevos y estados inmaduros de *D. citri*, esto es, la nueva generación. Las estructuras para muestrear son brotes muy pequeños, que miden de 0,5 a 10 cm.

Para el control de *D. citri* se recomienda el uso de hongos entomopatógenos. De ellos se destaca la especificidad, o sea, la capacidad de parasitar a una especie de insecto y no actuar de manera generalizada, como en ocasiones se ofrece o pretende. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), como autoridad fitosanitaria, es responsable de otorgar los registros y estos deben ser producidos satisfaciendo requerimientos de calidad. Quien los utiliza tiene la responsabilidad de aplicar adecuadamente estos productos para sacarles el mejor provecho en cuanto a la regulación de la plaga contra la cual se usan. La aplicación puede ser con una bomba aspersora de espalda, con nebulizadora o por aplicación aérea.

En Colombia hay una rica fauna benéfica de artrópodos depredadores y parasitoides, así como de hongos entomopatógenos que ayudan a regular las poblaciones de los insectos plaga que afectan los cítricos, incluyendo el psílido asiático de los cítricos, *D. citri*. Es importante utilizar métodos de control que ayuden a mantener a las poblaciones de insectos plaga en un equilibrio ecológico, haciendo uso de la fauna benéfica, lo que ayudará a reducir el uso de insecticidas químicos que contaminan los frutos y el medio ambiente.



Foto: Takumasa Kondo

Ninfas de *Diaphorina citri* (Liviidae).

Capítulo 10

Control biológico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* con el parasitoide primario *Tamarixia radiata*

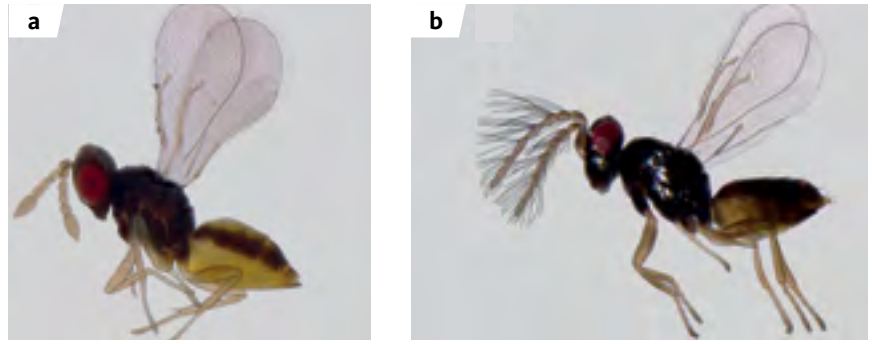
Takumasa Kondo, Yeison López-Galé y Yenifer Campos-Patiño

En Colombia, los esfuerzos para prevenir la propagación de la enfermedad Huanglongbing (HLB) se han llevado a cabo mediante el control químico del insecto vector (*Diaphorina citri*) y la erradicación de árboles infectados (Kondo et al., 2020). Por otro lado, en áreas libres de HLB, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) viene realizando desde 2013 un programa de cría masiva y liberación de la avispa *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), principal parasitoide de *D. citri*, con fines de investigación. El programa también tiene como objetivo mantener las poblaciones de *D. citri* en niveles bajos en jardines domésticos, setos y arbustos de la familia Rutaceae (p. ej., *Citrus* spp., *Swinglea glutinosa* [Blanco] Merr. y *Murraya paniculata* [L.] Jack) en áreas urbanas, porque estas poblaciones pueden actuar como reservorios de la bacteria causante del HLB (Kondo, 2018; Kondo et al., 2020).

Tamarixia radiata (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)

La avispa adulta de *T. radiata* es un insecto diminuto, de 0,92 a 1,04 mm de largo, con la cabeza un poco más ancha que larga, ojos de color rojo y bastante separados, alas hialinas y venas amarillo pálido (Kondo et al., 2012). El dimorfismo sexual es pronunciado en el estado adulto. En general, la hembra es ligeramente más grande que el macho, con las alas más largas y tiene un ovipositor corto que apenas sobresale del abdomen. Las antenas de las hembras son 1,5 veces más cortas que las de los machos, con setas muy pequeñas y el último segmento agrandado y puntiagudo (figura 47a). Por otro lado, los machos tienen antenas plumosas con el último segmento del mismo ancho que los demás segmentos (figura 47b) (Kondo, 2017; Kondo et al., 2012).

Figura 47. *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae). **a.** Hembra; **b.** Macho.



Fotos: Yenifer Campos-Patiño

Tamarixia radiata se puede distinguir de otras especies del género por la combinación de las siguientes características morfológicas:

- Presencia de escasas setas en la línea de base de las alas.
- Fémur y tibia generalmente amarillos, pero a veces ligeramente oscuros en la parte dorsal.
- Abdomen oscuro en los lados, y la parte dorsomedia de color amarillo (menos pronunciado y más anterior en los machos).
- Órgano sensorial ventral distinto en el macho, situado en el tercio basal del primer segmento antenal, en lugar de estar en la parte media (Kondo et al., 2012; Waterston, 1922).

Datos biológicos de *T. radiata*

El ciclo biológico de *T. radiata* se determinó en los laboratorios del Centro de Investigación Palmira de AGROSAVIA (30°30 ´N, 76°18 ´O, 1.006 m s. n. m.), ubicado en el departamento de Valle del Cauca (Colombia). El ciclo de desarrollo desde huevo hasta adulto de *T. radiata* tiene una duración de 10 a 13 días. En estado de huevo dura 2 días; en estado de larva, de 4 a 6 días; en estado de prepupa, 1 día; en estado de pupa, de 3 a 4 días, y el adulto tiene una duración de 3 a 5 días. El porcentaje de parasitismo es de 25 % y una emergencia de adultos del 90 %, con una proporción de sexos de 1:1. La longevidad promedio de los adultos es de 3 a 5 días a una temperatura de 27 ± 3 °C, humedad relativa 68 % ± 9 % y fotoperiodo 12:12 h luz:oscuridad, régimen natural de luz (García et al., 2017).

Diaphorencyrtus aligarhensis (Shafee, Alam & Agarwal) (Hymenoptera: Encyrtidae), un segundo parasitoide primario presente en Colombia

Diaphorencyrtus aligarhensis puede identificarse mediante la siguiente combinación de características: cuerpo de la hembra adulta de 1,5 a 1,8 mm de largo, cabeza y tórax negros, los cuatro segmentos abdominales basales amarillos, con la parte apical marrón oscuro, antenas de color marrón amarillento, los últimos 3 segmentos agrandados gradualmente en la parte apical y patas amarillas. Las antenas del macho son amarillentas, con los últimos tres segmentos del mismo grosor que los demás segmentos antenales. Las patas son blanco-amarillentas y el abdomen basal es marrón amarillento (Kondo et al., 2022; Qing & Aubert, 1990).

Diferenciación de ninfas parasitadas (momias) por *T. radiata* y por *D. aligarhensis*

En campo, la ubicación del orificio de salida en las momias de *D. citri* se puede utilizar para distinguir las ninfas parasitadas por *D. aligarhensis* de las parasitadas por *T. radiata*. Es decir que el adulto de *T. radiata* emerge dorsalmente por el tórax, mientras que el adulto de *D. aligarhensis* emerge dorsalmente a través del abdomen (figuras 48a y 48d). También existen otras diferencias inducidas por ambos parasitoides y por la posición de los orificios de emergencia de estos en las momias.

Las ninfas parasitadas (momias) de *D. citri*, de las cuales emergen los parasitoides *T. radiata* y *D. aligarhensis*, se pueden diferenciar por la siguiente combinación de características [las características de *D. aligarhensis* entre corchetes]:

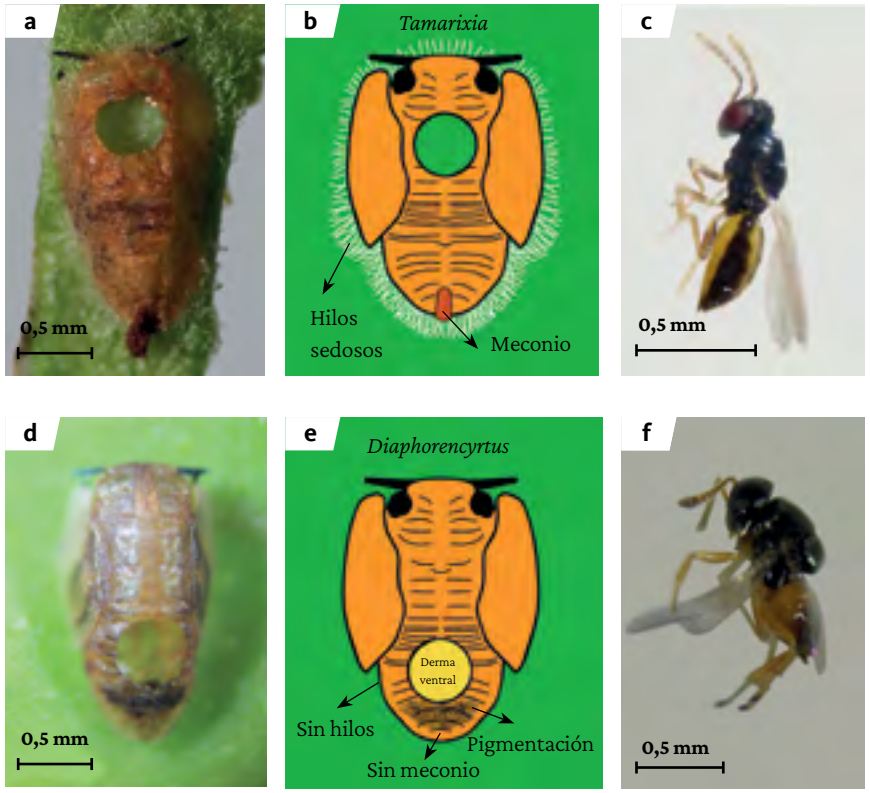
El orificio de salida del parasitoide adulto generalmente se encuentra en el tórax (Hoy, 2005) y el sustrato de la planta es visible dentro del orificio de salida (figuras 48a y 48b) [El orificio de salida generalmente se encuentra en el abdomen y la epidermis ventral seca y delgada de la ninfa parasitada es visible dentro del orificio de salida (figuras 48d y 48e)].

Las momias normalmente están adheridas al sustrato de la planta mediante hilos de seda que son visibles alrededor de los márgenes de la momia, principalmente alrededor de la parte posterior del abdomen (figuras 48a y 48b) [Las momias están adheridas ventralmente al sustrato de la planta mediante una sustancia pegajosa, sin hilos de seda alrededor de la momia (figuras 48d y 48e)].

La forma del cuerpo es similar a una ninfa no parasitada, relativamente plana, de color marrón oscuro (figuras 48a y 48b). La larva ectoparasitoide se encuentra externamente debajo del cuerpo del psílido [La forma del cuerpo es diferente a la de las ninfas no parasitadas, volviéndose cilíndrica (figura 48d). La larva endoparasitoide no es visible, ya que se encuentra dentro del cuerpo del psílido].

La ninfa parasitada desarrolla un meconio en la parte posterior del cuerpo. Su abdomen carece de pigmentación y generalmente es del mismo color que el resto del cuerpo (figuras 48a y 48b) [La ninfa parasitada no desarrolla un meconio en la parte posterior del cuerpo. El abdomen presenta a menudo una pigmentación que es claramente más oscura que el resto del cuerpo en los segmentos abdominales posteriores (figuras 48d y 48e)] (Kondo et al., 2022).

Figura 48. Diferencias morfológicas entre *T. radiata* y *D. aligarhensis*. **a.** Fotografía en primer plano de una momia después de la emergencia de *T. radiata*; **b.** Ilustración en color basada en la fotografía de a; **c.** Hembra adulta de *T. radiata*; **d.** Fotografía en primer plano de una momia después de la emergencia de *D. aligarhensis*; **e.** Ilustración en color basada en la fotografía de d; **f.** Hembra adulta de *D. aligarhensis*.



Fuente: Kondo et al. (2022)

Fotos: Licencia CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Diferenciación entre los adultos de *T. radiata* y *D. aligarhensis*

Considerando que solo hay dos parasitoides primarios de *D. citri*, los adultos de *T. radiata* (figuras 47a, 47b y 48c) y *D. aligarhensis* (figura 48f) se pueden diferenciar en campo por la siguiente combinación de características [Características de *D. aligarhensis* entre corchetes]:

- Cuerpo alargado, 1 mm de largo, cabeza negra, con ojos rojizos (figuras 47a, 47b y 48c) [Cuerpo relativamente robusto, 1,5-1,8 mm de largo, cabeza y ojos negros (figura 48f)].
- Antenas y patas crema pálido, blanco pálido o amarillo pálido (figuras 47a, 47b y 48c) (antenas del macho plumosas) (figura 47b) [Antenas y patas amarillas (figura 48f) (antenas del macho con los últimos 3 segmentos del mismo grosor que los demás segmentos antenales y cubiertas de pequeños pelos) (figura 48f)].
- Abdomen oscuro en los costados y amarillo en la parte dorso-media (figuras 47a y 48c), parche amarillo de color menos pronunciado y más anterior en los machos (figura 47b) [Abdomen amarillo, oscuro en la parte posterior (figura 48f)] (Kondo et al., 2022).



Tamarixia radiata (Eulophidae). **Foto:** Takumasa Kondo

Parasitismo de *T. radiata* y *D. aligarhensis*

Un estudio realizado en condiciones de laboratorio informó que cuando *D. aligarhensis* y *T. radiata* compiten, *T. radiata* tiene la ventaja, lo que sugiere que puede resultar difícil para *D. aligarhensis* contribuir significativamente al control biológico de *D. citri* cuando ambos parasitoides están presentes (Vankosky & Hoddle, 2019). Cuando una ninfa de *D. citri* es parasitada por *T. radiata* antes o dentro de los cinco días posteriores a la oviposición por *D. aligarhensis*, el parasitoide emergente será de *T. radiata* (Rohrig et al., 2012). Sin embargo, en Isla Reunión, en ausencia de hiperparasitoides, se ha informado que ambos parasitoides son extremadamente eficientes para controlar las poblaciones de *D. citri* (Aubert & Quilici, 1984).

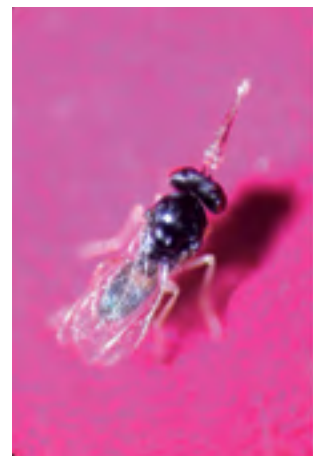
En otro estudio realizado en Punjab (Pakistán) sobre ninfas de *D. citri* en *Citrus reticulata* L. y *Citrus sinensis* Osbeck (Rutaceae), se informó una tasa promedio de parasitación del 26 % por *T. radiata* y del 17 % por *D. aligarhensis* (Khan et al., 2014). Durante su vida, una hembra adulta de *D. aligarhensis* puede matar hasta 280 ninfas de *D. citri* mediante una combinación de alimentación del huésped y parasitación (Chien, 1995). Por otro lado, una hembra adulta de *T. radiata* puede matar hasta 500 ninfas de *D. citri* mediante una combinación de alimentación del huésped y parasitación durante su vida (Chien, 1995).

Un estudio realizado en un lote de cítricos en el Valle del Cauca (Colombia) informó que las tasas de parasitismo en *D. citri* varían entre 1,5 y 24,2 % para *T. radiata* y entre 0,3 y 1,0 % para *D. aligarhensis*. Sin embargo, el nivel de parasitismo en campo puede ser más alto, ya que el número de ninfas de *D. citri* en general disminuye diariamente debido a la depredación y a otros factores indeterminados. En algunos casos, todas las ninfas pueden desaparecer de un brote de un día para otro, lo que imposibilita evaluar la tasa de parasitación (Kondo et al., 2022). En la región del Valle del Cauca, además de *T. radiata*, se han reportado numerosos enemigos naturales de *D. citri*, incluyendo mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae), sírfidos (Diptera: Syrphidae), chinches asesinas (Hemiptera: Reduviidae), avispas (Hymenoptera: Vespidae) y crisopas (Neuroptera: Chrysopidae) (Kondo, González et al., 2015). Además, hay muchos otros depredadores en la región, por ejemplo, se ha encontrado que la libélula *Erpetogomphus sabaleticus* Williamson, 1918 (Odonata: Gomphidae) se alimenta de *D. citri* en vuelo en áreas cercanas al agua (Kondo, Palacino Rodríguez et al., 2015). Adicionalmente, la pequeña hormiga de fuego, *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (Hymenoptera: Formicidae), ha sido reportada como un depredador voraz de *D. citri* en el área y se sabe que tiene un efecto negativo sobre el parasitoide *T. radiata* del psílido, tanto directamente, al consumir ninfas parasitadas, como indirectamente, al evitar que las avispas parasiten a las ninfas (Kondo et al., 2018, 2022).

La información aquí presentada servirá para fortalecer la prevención del HLB, a través del reconocimiento de las principales características morfológicas de los adultos y las ninfas parasitadas (momias) por los dos parasitoides primarios de *D. citri*: *T. radiata* y *D. aligarhensis*. Estas características morfológicas permiten verificar, diferenciar y determinar la tasa de parasitismo natural sobre ninfas de *D. citri* en condiciones de campo. El parasitoide *T. radiata*, junto con la acción de otros enemigos naturales, son un componente crítico en la prevención, contención y manejo del HLB.







Tamarixia radiata: Liberación y parasitismo.
Fotos: Takumasa Kondo

Capítulo 11

Consideraciones finales y conclusiones

Lumey Pérez-Artiles, Gloria Patricia Castillo, Juan Camilo Gómez-Correa y Madeleyne Parra-Fuentes

Consideraciones finales

Control químico

Los insecticidas deben ser seleccionados con base en su eficacia y en el menor impacto para el agroecosistema citrícola (Bassanezi et al., 2010). Los tratamientos químicos deben ser realizados a partir del monitoreo de las poblaciones del psílido, la presencia de adultos, la etapa fenológica del cultivo y la duración de ciclos de las brotaciones (Bassanezi et al., 2010).

Las aspersiones de plaguicidas son recomendables para el control de los estados inmaduros de *Diaphorina citri*, principalmente de ninfas, y antes y durante la brotación masiva del cultivo, con el objeto de reducir las poblaciones de adultos. Durante ese periodo las poblaciones de coccinélidos y otros depredadores son bajas, pues los niveles de existencia de huevos y ninfas de la plaga también son bajos.

Se recomienda el uso de insecticidas sistémicos en épocas de lluvias y de insecticidas de contacto en épocas secas. En países como Cuba se recomienda realizar un manejo diferencial de acuerdo con la edad de los huertos. En huertos recién establecidos hasta los tres (3) años, se recomienda la aplicación de insecticidas sistémicos, principalmente al tronco, y aplicaciones con insecticidas foliares, al inicio de la brotación.

Sobre el umbral de aplicación, hay diferentes recomendaciones. Yamamoto y Miranda (2009) recomiendan aplicar en áreas con presencia de la enfermedad cuando se capturan cuatro o más psílidos por trampa semanalmente.

Control en áreas amplias (áreas regionales de control [ARCO])

El manejo de la enfermedad y del vector *D. citri* debe ser regional (Bassanezi et al., 2010), es decir, debe ser realizado en conjunto por varios productores de una región al mismo tiempo. Este manejo evita las migraciones del psílido de un lugar de producción a otro, disminuye la densidad poblacional de los psílidos, evita las reinfestaciones constantes y rápidas, y garantiza un periodo mayor de control de la población del insecto, lo que resulta en un menor número de aplicaciones (Bassanezi et al., 2010). Si no se realiza control regional, la epidemia puede ser incontrolable, aunque se sigan las recomendaciones de manejo del Huanglongbing (HLB) en cada lugar de producción (Bassanezi et al., 2010). Adicionalmente, es necesario que el productor tome consciencia de que es necesario extender el control del psílido a las áreas aledañas al lugar de producción (Bassanezi et al., 2010).

Stansly (2016) hace algunas recomendaciones para el manejo de la enfermedad en la región Mediterránea, en el caso de que haga presencia en esa importante zona productora, y que son aplicables a las áreas de nuestro país en donde aún no se cuenta con el registro de la enfermedad:

- Concientizar al público, a las instituciones y a los productores sobre el peligro que representa el HLB y los medios necesarios para luchar contra la enfermedad.
- Tomar las medidas fitosanitarias oportunas para evitar la entrada del vector o enfermedad a través del movimiento de plantas o fruta.
- Proteger viveros del vector con estructuras y mallas antiinsectos.
- Vigilar todos los cítricos, plantaciones comerciales y jardines, para detectar los vectores tan pronto hagan su entrada al país.
- Intentar erradicar o, por lo menos, contener la plaga mediante el control químico intensivo, una vez ha ingresado.

Los tratamientos químicos deben ser realizados a partir del monitoreo de las poblaciones del psílido, la presencia de adultos, la etapa fenológica del cultivo y la duración de ciclos de las brotaciones.

Conclusiones

El manejo del patosistema *D. citri*/HLB constituye, en la actualidad, el principal desafío de la citricultura mundial y, a pesar del número de estudios sobre la enfermedad y el insecto vector, no se tiene una única estrategia que permita erradicar la enfermedad cuando ya está establecida en un país o región.

La dificultad en el manejo del HLB se debe a varios factores, entre ellos, que su detección generalmente es tardía, principalmente porque cuenta con un largo periodo de incubación, presenta síntomas diferentes entre las variedades de cítricos y existen varios hospederos alternos, tanto para la bacteria como para el vector. Además, hasta la fecha no se cuenta con métodos curativos para disminuir el grado de afectación de la bacteria una vez coloniza la planta, y aún no existen variedades comerciales que presenten resistencia o tolerancia a la enfermedad.

Por lo expuesto, la mejor forma de conservar la producción de los cultivos de cítricos es seguir las recomendaciones de manejo integrado de plagas, entre las cuales Fundecitrus (2019) destaca las siguientes:

- Planificar la futura plantación en zonas con baja incidencia de la enfermedad o lejos de las fincas que no están bien manejadas, y preparar las nuevas plantaciones para la llegada y la lucha contra la enfermedad.

- Realizar únicamente la siembra de plantas sanas, producidas en viveros certificados y protegidos.

- Aplicar prácticas agronómicas (riego, densidad de siembra, nutrición) para mantener y mejorar la productividad del cultivo.

- Mantener un sistema de monitoreo de los cultivos para detectar las plantas con HLB y de las poblaciones del psílido vector del HLB.

- Eliminar las plantas con síntomas de HLB.

- Intensificar las medidas de control del psílido en los bordes de la finca.

- Realizar un manejo regional que incluya el control del psílido y la erradicación de las plantas enfermas.

- Llevar a cabo todas las acciones en áreas externas al lugar de producción (otras zonas de producción y traspatios vecinos) para controlar el psílido y eliminar plantas enfermas.

Solo de esta forma se podrá proteger la producción e infraestructura de la industria hasta que se encuentre una solución más eficaz y sostenible. Estos planteamientos recogen recomendaciones aplicables a Colombia, en donde se tienen regiones afectadas por la enfermedad y otras en donde no se ha reportado.



Foto: Takumasa Kondo

Mariposa saltarina (Hesperiidae).

Referencias

Agencia de Cooperación Internacional del Japón [JICA]. (2010). *Guía del Manejo Integrado de Plagas (*MIP*) para técnicos y productores. Versión 1.* https://www.jica.go.jp/Resource/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/1-57_01.pdf

Agronet. (2017). *Base agrícola* EVA *2007-2017(P)*. https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59

Agustí, M., Reig, C., Martínez-Fuentes, A., & Mesejo, C. (2022). Advances in *Citrus* flowering: a review. *Frontiers in Plant Science, 13,* 868831 https://doi.org/10.3389/fpls.2022.868831

Agustí, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, L., & Staub, R. (2010). *Codificación* BBCH *de los estadios fenológicos del desarrollo de los agrios*. Generalitat Valencia. http://hdl.handle.net/20.500.11939/8068

Akarapisan, A., Kuenpech, W., & Srimai, K. (2016). Huanglongbing (HLB) incidence on 2-3 years old tangerine trees (*Citrus reticulata*) grown from disease-free nursery stock. *Journal of Agricultural Technology*, *12*(1), 1-9.

Albrecht, U., & Bowman, K. D. (2009). *Candidatus* Liberibacter asiaticus and Huanglongbing effects on citrus seeds and seedlings. *HortScience, 44*(7), 1967-1973. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/22_Albrecht_09.pdf

Albrecht, U., Dutt, M., & Grosser, J. (2019). *[HS1340] Citrus Nursery Production Guide, Chapter 4: Rootstock Selection*. Askifas. https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1340

Alemán, J., Baños, H., & Ravelo, J. (2007). *Diaphorina citri* y la enfermedad Huanglongbing: una combinación destructiva para la producción citrícola. *Revista de Protección Vegetal*, *22*(3), 154-165. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00002608.pdf

Altieri, M. A. (1994). *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. Haworth.

Alves, S. B. (1998). Patologia e controle microbiano: vantagens e desvantagens. En S. B. Alves (Ed.), *Controle microbiano de insetos* (2.a ed., pp. 21-37). FEALQ.

Amarasekare, K. (2020). *Insectos depredadores: las crisopas verdes*. Universidad Estatal de Tennessee. https://www.tnstate.edu/extension/spanish_nursery_publications/Insect %20Predators-Green %20lacewings %20Insectos %20depredadores %20Las %20crisopas %20verdes.pdf

Ammar, E. D., Shatters, R. G., & Hall, D. G. (2011). Localization of *Candidatus* Liberibacter asiaticus, associated with citrus Huanglongbing disease, in its psyllid vector using fluorescence in situ hybridization. *Journal of Phytopathology*, *159*, 726-734. https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2011.01836.x

Anónimo. (2004). Greening chega aos pomares Paulistas. *Revista Fundecitrus*, *123*, 8-12.

Arengo, E. (2013). *Trioza erytreae (African citrus psyllid)*. CABI Compendium. https://www.cabi.org/isc/datasheet/54914

Arismendi, S. N., Carrillo, L. R., & Andrade, S. N. (2010). Molicutes fitopatógenos transmitidos por insectos: interacciones y efectos en sus vectores. *Agro Sur*, *38*(2), 55-67. http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v38n2/art01.pdf

Arredondo B., H. (2013). Control biológico: componente de las áreas regionales de control del PAC. En *Memorias de la Reunión Nacional de Sanidad Vegetal*. México, D. F., 16-19 abril.

Arredondo Valdés, R., Delgado Ortiz, J. C., Beltrán Beache, M., Anguiano Cabello, J., Cerna Chávez, C., Rodríguez Pagaza, Y., & Ochoa Fuentes, Y. M. (2016). A review of techniques for detecting Huanglongbing (greening) in citrus. *Canadian Journal of Microbiology*, *62*(10), 803-811. https://doi.org/10.1139/cjm-2016-0022

Arrieta-Ramos, B. G., Villegas-Monter, Á., Rodríguez-Mendoza, M. D. L. N., & Luna-Esquivel, G. (2014). Desarrollo en vivero de portainjertos de cítricos con malformación de raíz. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, *20*(1), 29-39. https://www.redalyc.org/pdf/609/60930436003.pdf

Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol]. (2018). Balance del sector hortifrutícola en 2017. https://asohofrucol.com.co/img/pdfrevistas/8Balance %20del %20Plan %20Nacional.pdf

Aubert, B. (1987). Trioza erytreae (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.

Aubert, B. (1990). Integrated activities for the control of Huanglongbing greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia. En B. Aubert, S. Tontyaporn, & D. Buangsuwon (Eds.), *Proceedings of the Fourth* FAO-UNDP *International Asia Pacific Conference on citrus rehabilitation* (pp. 133-144). FAO-UNDP.

Aubert, B. (1993). Citrus greening disease, a serious limiting factor for citriculture in Asia and Africa. En R. Etienne (Ed.), *Proceedings of the 4th Congress of the International Society of Citrus Nurserymen* (pp. 134-142). Hennopsmeer.

Aubert, B., & Hua, X. (1990). Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus and *Murraya* canopies. En B. Aubert, S. Tontyaporn, & D. Buangsuwon (Eds.), *Rehabilitation of citrus industry in the Asia Pacific Region: proceedings of the 4th International Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation, Chiang Mai, Thailand, 4-10 February 1990* (pp. 181-187). FAO-UNDP.

Aubert, B., & Quilici, S. (1984). Biological control of the African and Asian citrus psyllids (Homoptera: Psylloidea), through eulophid and encyrtid parasites (Hymenoptera: Chalcidoidea) in Reunion Island. En *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010), Vol. 9. No. 9* (pp. 100-108). UC Riverside. http://dx.doi.org/10.5070/C52nd04219

Aurambout, J. P., Finlay, K. J., Luck, J., & Beattie, G. C. (2009). A concept model to estimate the potential distribution of the Asiatic citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama) in Australia under climate change-A means for assessing biosecurity risk. *Ecological Modelling, 220*(19), 2512-2524. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.05.010

Ayres, J. A., Sala, I., Pedreira de Miranda, M., Arno Wulff, N., Beozzo Bassanezi, R., & Aparecido Lopes, S. (2018). *Manejo do greening: dez mandamentos para o sucesso no controle da doença* (1st ed.) Fundecitrus. https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/manejo-do-greening/84

Badii, M., Cerna, E., & Landeros, J. (2010). Enemigos naturales: nociones etológicas (natural enemies: etological notions). *International Journal of Good Conscience*, *5*(1), 256-269.

Baquero Peñuela, J. E., Yacomelo Hernández, M. J., & Orduz Rodríguez, J. O. (2018). Efecto del yeso sobre las características químicas de un Oxisol de la Orinoquia colombiana cultivado con lima ácida Tahití. *Temas Agrarios*, *23*(2), 154-163. https://doi.org/10.21897/rta.v23i2.1299

Bassanezi, R. B., Gottwald, T. R., & Barros A. A. (2009). *Epidemiology of* HLB *and potential pathways for introduction*. Taller Internacional de Plagas Cuarentenarias de los Cítricos. Villahermosa, Tabasco, México. https://calcitrusquality.baremetal.com/wp-content/uploads/2009/05/epidemiology-of-hlb-and-pathways-for-introduction-bassanezi1.pdf

Bassanezi, R. B., Lopes, S. A., Júnior, J. B., Spósito, M. B., Yamamoto, P. T., Miranda, M. P. De, Teixeira, D. D. C., & Wulff, N. A. (2010). Epidemiologia do Huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. *Citrus Research Technology*, *31*(1), 11-23. https://www.citrusrt.ccsm.br/journal/citrusrt/article/5d52f6590e8825596edaee82

Bassanezi, R. B., Montesino, L. H., & Stuchi, E. S. (2009). Effects of Huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, *125*(4), 565-572. https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-009-9506-3

Bassanezi, R. B., Montesino, L. H., Godoy Gasparoto, M. C., Bergamin Filho, A., & Amorim, L. (2011). Yield loss caused by Huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, *130*(4), 577-586. https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-011-9779-1

Bataglia, O. C., Rodriguez, O., Hiroce, R., Gallo, J. R., Furlani, P. R., & Furlani, A. M. C. (1977). Composiçao mineral de frutas cítricas na colheita. *Bragantia (Campinas)*, *36*(21), 215-221.

Bertolini, E., Felipe, R. T. A., Sauer, A. V., Lopes, S. A., Arilla, A., Vidal, E., Mourão Filho, F. A. A., Nunes, W. M. C., Bové, J. M., López, M. M., & Cambra, M. (2014). Tissue-print and squash real-time PCR for direct detection of '*Candidatus* Liberibacter'species in citrus plants and psyllid vectors. *Plant Pathology*, *63*(5), 1149-1158. https://doi.org/10.1111/ppa.12197

Bertolotto, M., & Marzetti, M. (2017). *Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura: bases para su manejo en sistemas de producción*. Aapresid. https://issuu.com/aapresid/docs/aap-original_cultivos_de_cobertura

Bonilla, I. (2000). Introducción a la nutrición mineral de las plantas: los elementos minerales. En J. Azcón Bieto, & M. Talón Cubillo (Coords.), *Fundamentos de fisiología vegetal* (pp. 103-121). McGraw-Hill Interamericana de España. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4677318

Bordignon, R. A. F., Zanetti, M., & Graf, C. C. D. (2006). Avaliação do desenvolvimento de mudas cítricas produzidas em sacolas plásticas de diferentes dimensões. En V Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas. Ilhéus-BA. *Anais do V ENSUB*.

Botero, V., Ochoa, A., Gastón, J. Z., Ortiz, R. A., Fuel, S. M., Moná, F. E., Marcela, M. L., Guarín, H. J., Orduz, R. J. O., Chaparro, Z. H. N., & Arévalo, P. 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.

Bourguet, D., & Guillemaud, T. (2016). The hidden and external costs of pesticide use. En E. Lichtfouse (Ed.), *Sustainable agriculture reviews* (pp. 35-120). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-26777-7_2#citeas

Bouvet, J. P., Hochmaier, V. E., & Burdyn, L. (2023). *Guía para identificar Huanglongbing (*HLB*) y su insecto vector.* INTA.

Bové, J. M. (2006). Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, *88*(1), 7-37. https://www.jstor.org/stable/41998278

Bové, J. M., Garnier, M., Ahlawat, Y. S., Chakraborty, N. K., & Varma, A. (1993). Detection of the Asian strains of the greening BLO by DNA-DNA hybridization in Indian orchard trees and Malaysian *Diaphorina citri* psyllids. *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*, *12*(12). https://escholarship.org/uc/item/0ng306x8

Bové, J. M., Teixeira, D. C, Wulff, N. A, Eveillard, S., Saillard, C., Bassanezi, R. B., Lopes, S., Yamamoto, P. T., & Ayres, A. J. (2008). *Several Liberibacter and Phytoplasma species are individually associated with* HLB*: towards a common denominator.* International Research Conference on Huanglongbing, Orlando, FL.

Burbano-Díaz, R. A., & Carabalí-Muñoz, A. (2018). *Fluctuación poblacional de 'Diaphorina citri' Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en relación con los flujos fenológicos de naranja Valencia*. AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/22167/110852_67997.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Burgos, J. E., Martínez, M. F., Cardozo, C., Jaramillo, A., & Gómez, C. O. (2011). Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* Ten. y Pasq.) en dos ambientes de casas de malla antipulgón. *Revista Regional Novedades Técnicas*, *12*(17), 9-17.

Bustillo P., A. E. (2008) (Ed.). *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana*. Chinchiná (Colombia). Cenicafé.

CABI. (2021). *Candidatus Liberibacter americanus (American greening)*. https://www.cabi.org/isc/datasheet/16566

Cabrera, R. I., Gonzáles, C., Hernández, D., Tapia, J. L. (2002). Presencia del hongo *Hirsutella citriformis* Speare sobre *Diaphorina citri* Kuw. *Revista Protección Vegetal*, *17*(3), 74-76.

Caicedo, A., Carmen, H., & Jaramillo, J. (2006). *Patrones para la producción de cítricos en Colombia*. Corpoica, Boletín Divulgativo n.º 25.

Cañedo, V., Alfaro, A., & Kroschel, J. (2011). *Manejo integrado de plagas de insectos en hortalizas: principios y referencias técnicas para la Sierra Central de Perú*.

Centro Internacional de la Papa (CIP). https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/826e8b8c-3fc2-40d6-97aa-3aa76f9dda13/content

Capoor, S. P. (1963). Decline of citrus in India. *Bulletin of the National Institute of Science of India*, *24*, 48-64.

Capoor, S. P., Rao, D. G., & Viswanath, S. M. (1967). *Diaphorina citri* Kuway., a vector of the greening disease of citrus in India. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, *37*, 572-576.

Carabalí, A., Ríos-Rojas, L., Bernal, J., Tamayo, A., Burbano, R., & Rebolledo, A. (2019). *Prácticas de manejo sostenible para el cultivo de aguacate*. AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35026

Cardona A., J. H., & Rodríguez Saavedra, A. (1997). *La citricultura en el Eje Cafetero*. Corpoica.

Castro, N., Chamorro, L., & Viteri, C. (2016). Una red de sensores inalámbricos para la automatización y control del riego localizado. *Revista Ciência Agronômica*, *33*(2), 106-116. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5763140

Cermeli, M., Morales, P., & Godoy, F. (2000). Presencia del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en Venezuela. *Boletín de Entomología Venezolana, 15*(2), 235-243.

Chariada, L. A., Milanes, J. M., Teodoro, G. F., & Bertollo, E. C. (2006). Ocorrência de *Diaphorina citri* no Estado de Santa Catarina. *Agropecuaria Santa Catarina*, *19*(2), 94-96. https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/940

Chen, J., Pu, X., Deng, X, Liu, S., Li, H., & Civerolo, E. (2009). A phytoplasma related to "*Candidatus* phytoplasma asteri" detected in citrus showing Huanglongbing (yellow shoot disease) symptoms in Guangdong, P. R. China. *Phytopathology*, *99*, 236-242. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19203275/

Chidawanyika, F., Mudavanhu, P., & Nyamukondiwa, C. (2012). Biologically based methods for pest management in agriculture under changing climates: challenges and future directions. *Insects*, *3*(4), 1171-1189. https://doi.org/10.3390/insects3041171

Chien, C. C. (1995). The role of parasitoids in the pest management of citrus psyllid. En *Proceedings of the Symposium on Research and Development of Citrus in Taiwan* (pp. 245-261). Taichung.

Chien, C. C., & Chu, Y. I. (1996). Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Taiwan. *Biological Pest Control in Systems of Integrated Pest Management*–1996. Reprinted from *Food and Fertilizer Technology Center Book Series*, *47*, 93-104. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000209.pdf

Chien, C. C., Chiu, S. C., & Ku, S. C. (1989). Biological control of *Diaphorina citri* in Taiwan. *Fruits*, *44*(7-8), 401-407.

Chiu, S. C., Aubert, B., & Chien, S. C. (1988). Attempts to establish *Tetrastichus radiatus* Waterston (Hymenoptera, Chalcidoidea), a primary parasite of *Diaphorina citri* Kuwayama in Taiwan. *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010), 10*(10). https://doi.org/10.5070/C520x931xp

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. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190563

Cimo, G., Bianco, R. L., Gonzalez, P., Bandaranayake, W., Etxeberria, E., & Syvertsen, J. P. (2013). Carbohydrate and nutritional responses to stem girdling and drought stress with respect to understanding symptoms of Huanglongbing in citrus. *HortScience*, *48*(7), 920-928. https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/48/7/article-p920.xml

Coletta-Filho, H. D., Targon, M. L. P. N., Takita, M. A., De Negri, J. D., Pompeu, J. J., & Machado, M. A. (2004). First report of the causal agent of Huanglongbing ("*Candidatus* Liberibacter asiaticus") in Brazil. *Plant Disease*, *88*(12), 1382. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30795206/

Colorado State University [CSU]. (2021). *Integrated Pest Management (*IPM*)*. https://www.fm.colostate.edu/ipm/

Comisión Nacional de Riego de Chile [CNR]. (2017). *Uso de calicatas para evaluar el riego*. Proyecto Sepor. https://es.scribd.com/document/137133483/Cartilla-Uso-de-Calicatas-Para-Evaluar-El-Riego

Comitê de Sanidade Vegetal do Cone Sul [Cosave]. (2017). HLB*: Regional Program of Control and Prevention*. https://www.ippc.int/static/media/files/event/2013/11/06/cosave_-_programa_regional_del_hlb_marruecos.pdf

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz [Cesave]. (s. f.). *Huanglongbing de los cítricos "*HLB*" ('Candidatus' Liberibacter spp.)*. https://cesave.org.mx/huanglongbing-de-los-citricos-hlb-candidatus-liberibacter-spp/

Cook, G., Maree, H. J., Pretorius, M. C., Kirkman, W., Carstens, E. (2021). *'Candidatus' Liberibacter africanus (African greening)*. CABI Compendium. https://www.cabi.org/isc/datasheet/16564

Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. (2017). *Dados da citricultura Paulista*. https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/www/gdsv/index.php?action=dadosCitriculturaPaulista

CornellCALS (2023). *Manejo Integrado de Plagas*. https://cals.cornell.edu/new-york-state-integrated-pest-management/outreach-education/manejo-integrado-de-plagas

Cortez-Madrigal, H. (2007). Producción de *Lecanicillium* (= *Verticillium*) *lecanii* en diferentes sustratos y patogenicidad. *Agricultura Técnica en México*, *33*(1):83-87.

Cotes, A. M. (Ed.). (2018). *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros: agentes de control biológico* (Vol. 1). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigation.7402537

Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., Carvalheiro, L.G., Chaplin-Kramer, R., Gagic, V., Garibaldi, L. A., Ghazoul, J., Grab, H., Jonsson, M., Karp, D. S, Kennedy, C. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A, Letourneau, D. K. ... & Steffan-Dewenter, I. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science advances*, *5*(10), eaax0121. https://doi.org/10.1126/sciadv. aax0121

Davies, F. S., & Albrigo, L. G. (1994). *Citrus*. CAB International.

De Mattos Jr., D., Bataglia, O. C., & Quaggio, J. A. (2005). Nutrição dos Citros. En D. de Mattos Jr, J. D. Negri, Pio de R. M., & J. Pompeu Jr. (Eds.), *Citros* (pp. 197-219). Instituto Agronômico Campinas; Fundag.

De Schutter, O., & Vanloqueren, G. (2011). The new Green Revolution: how twenty-first-century science can feed the world. *Solutions*, *2*(4), 33-44. http://hdl.handle.net/10535/7482

Deguine, J. P., Aubertot, J. N., Flor, R. J., Lescourret, F., Wyckhuys, K. A., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: good intentions, hard realities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *41*(3), 38. https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w

Dhaliwal, G. S., Opender Koul, O. K., & Ramesh Arora, R. A. (2004). Integrated pest management: retrospect and prospect. En O. Koul, G. S. Daliwhal, & G. W. Cuperus (Eds.), *Integrated pest management: potential, constraints and challenges* (pp. 1-20). CABI. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851996868.0000

Ding, F., Duan, Y., Yuan, Q., Shao, J., & Hartung, J. S. (2016). Serological detection of "Candidatus Liberibacter asiaticus" in citrus, and identification by GeLC-MS/MS of a chaperone protein responding to cellular pathogens. *Scientific Reports*, *6*(1), 1-11. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27381064/

Ehler, L. E. (2006). Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest Management Science*, *62*(9), 787-789. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16786545/

Eilenberg, J. (2006). Concepts and visions of biological control. En J. Eilenberg, & H. Hokkanen (Eds.), *An ecological and societal approach to biological control* (pp. 1-11). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-4401-4_1

Eilenberg, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*, *46*(4), 387-400. https://link.springer.com/article/10.1023/A:1014193329979

Erviti, B., & Segura, T. (2000). *Estudios de población*. Centro de Estudios Demográficos, Universidad de La Habana. https://es.slideshare.net/slideshow/estudios-de-poblacion/13648991

Étienne, J., Burckhardt, D., & Grapin, C. (1998). *Diaphorina citri* (Kuwayama) en Guadeloupe, premier signalement pour les Caraïbes (Hem., Psyllidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, *103*(1), 32. https://www.persee.fr/doc/bsef_0037-928x_1998_num_103_1_17388

Étienne, J., Quilici, S., Marival, D., & Franck, A. (2001). Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Fruits*, *56*(5), 307-315. https://www.cambridge.org/core/journals/fruits/article/abs/biological-control-of-diaphorina-citri-hemiptera-psyllidae-in-guadeloupe-by-imported-tamarixia-radiata-hymenoptera-eulophidae/3293A4B5841372D7AAEB9FED4B008E40

Etxeberria, E., Gonzalez, P., Achor, D., & Albrigo, G. (2009). Anatomical distribution of abnormally high levels of starch in HLB-affected Valencia orange trees. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *74*(1), 76-83. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2009.09.004

European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO]. (2014). '*Candidatus* Liberibacter africanus', '*Candidatus* Liberibacter americanus' and '*Candidatus* Liberibacter asiaticus'. EPPO *Bulletin*, *44*(3), 376-389.

Fauvergue, X., & Quilici, S. (1991). Etude de certains parametres de la biologie de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoide primaire de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vecteur asiatique du greening des agrumes. *Fruits*, *46*, 179-185.

Fernández, J., Romero, R., Pérez, A., & Cuevas, M. (2015). *El agua en la agricultura: estrategias y programación del riego*. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla. https://digital.csic.es/bitstream/10261/130206/1/Manual %20de %20riego_Jefer2015.pdf

Folimonova, S. Y., & Achor, D. S. (2010). Early events of citrus greening (Huanglongbing) disease development at the ultrastructural level. *Phytopathology*, *100*(9), 949-958. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20701493/

Folimonova, S. Y., Robertson, C. J., Garnsey, S. M., Gowda, S., & Dawson, W. O. (2009). Examination of the responses of different genotypes of Citrus to Huanglongbing (Citrus greening) under different conditions. *Phytopathology*, *99*(12), 1346-1354. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19900000/

Fundo de Defesa da Citricultura [Fundecitrus]. (2019). *Levantamento da incidência das doenças dos citros: greening,* CVC *e cancro cítrico no cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro*. https://www.fundecitrus.com.br/pdf/levantamentos/levantamento-doencas-2019.pdf

Gárate, A., & Bonilla, I. (2000). Nutrición mineral y producción vegetal. En J. Ascón-Bieto, & M. Talón (Eds.), *Fundamentos de fisiología vegetal* (pp. 143-164). McGraw-Hill Education. https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf

García, C. Y., Kondo, T., Ramos, Y. P., & Sotelo, P. A. (2017). Capítulo III. Biología de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae). En T. Kondo (Ed.), *Protocolo de cría y liberación de Tamarixia radiata Waterston (Hymenoptera: Eulophidae)* (pp. 41-45). Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1433/110092_67787.pdf?sequence=1

Garnier, M., Martin-Gros, G., & Bové, J. M. (1987). Monoclonal antibodies against the bacterial-like organism associated with citrus greening disease. *Annales de l'Institut Pasteur. Microbiology*, *138*(6), 639-650.

Garza-Saldaña, J. J., Varela-Fuentes, S., & Gómez-Flores, W. (2017). Métodos para la detección presuntiva de Huanglongbing (HLB) en cítricos. *CienciaUAT*, *11*(2), 93-104. https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1001710

Gautam, H., Singh, S., Prashad, H., Kumar, A., Choudhary, A., Kaur, H., Narayan, O. P., Lal, S. K., & Mehta, S. (2023). Pesticide toxicity and their impact on plant growth, active constituents and productivity. En *Plants and their interaction to environmental pollution* (pp. 231-252). Elsevier. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978032399978600008X

Gavarra, M. R., Mercado, B. G., & Gonzales, C. I. (1990). Progress report: *D. citri* trapping, identification of parasite and possible field establishment of the imported parasite, *Tamarixia radiata* in the Philippines. En B. Aubert, S. Tontyaporn, & B. Buangsuwon (Eds.), *Proceedings of the 4 International Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation* (pp. 246-250). https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000226.pdf

Girardi, E. A., Mourão Filho, F. D. A. A., & Kluge, R. A. (2007). Effect of seed coat removal and controlled-release fertilizer application on plant emergence and vegetative growth of two citrus rootstocks. *Fruits*, *62*(1), 13-19. https://www.cambridge.org/core/journals/fruits/article/abs/effect-of-seed-coat-removal-and-controlledrelease-fertilizer-application-on-plant-emergence-and-vegetative-growth-of-two-citrus-rootstocks/30186B7F4044C3051A5BD51B30A37144

González, C., Hernández, D., & Rodríguez, J. (2000). Primer informe *de Tamarixia radiata* Waterston como biorregulador de *Diaphorina citri* Kuw. en cítricos de Cuba. *Citrifrut*, *18*(1-2-3), 38-39.

González, C., Hernández, D., Cabrera, R. I., & Tapia, J. R. (2007). *Diaphorina citri* Kuw., inventario y comportamiento de los enemigos naturales en la citricultura cubana. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000393.pdf

Gottwald, T. R. (2010). Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. *Annual Review of Phytopathology*, *48*, 119-139. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20415578/

Gottwald, T. R., Da Graça, J. V., & Bassanezi, R. B. (2007). Citrus Huanglongbing: the pathogen and its impact. *Plant Health Progress*, *8*(1), 31. https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHP-2007-0906-01-RV

Gottwald, T. R., Graham, J. H., Irey, M. S., McCollum, T. G., & Wood, B. W. (2012). Inconsequential effect of nutritional treatments on Huanglongbing control, fruit quality, bacterial titer and disease progress. *Crop Protection*, *36*, 73-82. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219412000063

Graça, J. V. (1991). Citrus greening disease. *Annual Review of Phytopathology*, *29*, 109-136. https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.py.29.090191.000545

Guarín Molina, J. H., & Ospina Parra, C. E. (2020). *Incremento local de insectos benéficos para el cultivo de cítricos: plan de vinculación (*PV*) para el manejo integrado de los sistemas productivos de cítricos*. AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35798/ver %20documento %2035798.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Guarín, J. H., Alves, S. B., Macedo, D., Vieira, S., & Mascarim, G. (2007). Ciclo biológico de *Lecanicillium longisporum* em *Orthezia praelonga*. En *Resumos - Inovar para preservar a vida*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. https://repositorio.usp.br/item/001646654

Guarín, J. H. (2003). *Thrips palmi Karny en el oriente antioqueño. Biología, efecto de hongos entomopatógenos y de extractos vegetales, comportamiento de sus enemigos naturales en campo e impacto ambiental para su manejo sostenible*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12847/Ver_Documento_12847.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gurr, G. M., Wratten, S. D., Snyder, W. E., & Read, D. M. Y. (Eds.) (2012). *Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management*. Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118231838

Gutiérrez Castorena, E. V., Gutiérrez Castorena, M. C., & Ortiz Solorio, C. A. (2015). Manejo integrado de nutrientes en sistemas agrícolas intensivos:

revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *6*(1), 201-215. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000100017&lng=es&tlng=es

Hajivand, S., Thohirah, L. A., Kamaruzaman, S., & Siti, N. (2009). Determination of the presence of Huanglongbing in seeds and movement of the pathogen in *Citrus reticulata*. *American Journal of Applied Sciences*, *6*(6), 1180-1185. https://thescipub.com/abstract/ajassp.2009.1180.1185

Halbert, S. E. (2005). The discovery of Huanglongbing in Florida. En T. R. Gottwald, W. N. Dixon, & J. H. Graham (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Citrus Canker and Huanglongbing Research Workshop*. Florida Citrus Mutual, Orlando, H-3. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/22_CankerHuang_05.pdf

Halbert, S. E., & Manjunath, K. L. (2004). Asian citrus psyllids (*Sternorrhyncha: Psyllidae*) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist*, *87*(3), 330-353. https://journals.flvc.org/flaent/article/view/75313/72971

Halbert, S. E., & Núñez, C. (2004). Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean Basin. *Florida Entomologist*, *87*(3), 401-402.

Hall, D. G. (2008). Biological control of *Diaphorina citri*. En *I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los Cítricos ('Candidatus' Liberibacter spp.) y el psílido asiático de los cítricos ('Diaphorina citri')* (pp. 1-7). https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/35403/Hallpsyllidbiocontrol2008.pdf

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. https://academic.oup.com/jee/article-abstract/102/1/446/2199169?redirectedFrom=fulltext

Hall, D. G., Hentz, M. G., & Ciomperlik, M. A. (2007). A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Florida Entomologist*, *90*(2), 327-334. https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-90/issue-2/0015-4040_2007_90_327_ACOTAS_2.0.CO_2/A-COMPARISON-OF-TRAPS-AND-STEM-TAP-SAMPLING-FOR-MONITORING/10.1653/0015-4040(2007)90[327:ACOTAS]2.0.CO;2.full

Hall, D. G., Richardson, M. L., Ammar, E., & Halbert, S. E. (2013). Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus huanglongbing disease. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *146*(2), 207-223. https://doi.org/10.1111/eea.12025

He, H., Liu, I., Munir, S., Bashir, N. H., Wang, Y., Yang, J., & Li, C. (2019). Crop diversity and pest management in sustainable agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, *18*(9), 1945-1952. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62689-4

Hernández-Arredondo, J. D. (2013). *Crecimiento y producción de naranja cv. Valencia ('Citrus sinensis' (L.) Osbeck), como respuesta a la aplicación de correctivos y fertilizante* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín].

Hernández-Rivera, A., Arellano-Ostoa, G., Robles-Gonzales, M. M., Jaén-Contreras, D., & Saucedo-Veloz, C. (2018). Calidad y vida poscosecha de frutos de limón mexicano provenientes de árboles con síntomas de HLB y asintomáticos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *9*(8), 1801-1807. https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1724/1942

Helyes, L., Lugasi, A., & Pek, Z. (2012). Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *36*(6), 702-709. https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol36/iss6/9/

Hill, S. B. (1987). Cultural pest control. *American Journal of Alternative Agriculture*, *2*(4), 191. https://doi.org/10.1017/S0889189300009383

Hollis, D. (1987). A new citrus-feeding psyllid from the Comoro Islands, with a review of the *Diaphorina amoena* species group (Homoptera). *Systematic Entomology*, *12*(1), 47-61. https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3113.1987.tb00547.x

Hosseinzadeh, S., & Heck, M. (2023). Variations on a theme: factors regulating interaction between *Diaphorina citri* and "*Candidatus* Liberibacter asia-

ticus" vector and pathogen of citrus huanglongbing. *Current Opinion in Insect Science*, *56*, 101025. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36990150/https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101025

Hoy, M. A. (2005). Classical biological control of citrus pests in Florida and the Caribbean: interconnections and sustainability. En *Second International Symposium on Biological Control of Arthropods* (pp. 237-253). 12-16 September 2005. Switzerland: Davos. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00002621.pdf

Huang, G., & Chen, P. (2015). *Protocolo de diagnóstico de Huanglongbing en hojas de cítric*os. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. https://www.oirsa.org/contenido/2018/Sanidad_Vegetal/WEB %20 - %20DRSV-UCom %20-HLB/HLB/Protocolos %20HLB/Diagnostico %20 HLB_2015_05_29.pdf

Hung, T. H., Hung, S. C., Chen, C. N., Hsu, M. H., & Su, H. J. (2004). Detection by PCR of *Candidatus* Liberibacter asiaticus, the bacterium causing citrus Huanglongbing in vector psyllids: application to the study of vector-pathogen relationships. *Plant Pathology*, *53*(1), 96-102. https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3059.2004.00948.x

Husain, M. A., & Nath, D. (1927). *The citrus psylla ('Diaphorina citri' Kuw.) [Psyllidae: Homoptera]*. Agricultural Research Institute. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/Husain %20 %20Nath %201927 %20The %20citrus %20 psylla %20- %20Diaphorina %20citri %20Kuw %20Psyllidae %20Homoptera %20distilled %20(2).pdf

Iftikhar, Y., Rauf, S., Shahzad, U., & Zaid, A. M. (2014). Huanglongbing: pathogen detection system for integrated disease management - A review. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *15*(1), 1-11. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X14000320

Insecticide Resistance Action Committee [IRAC] (2024). *The* IRAC *mode of action classification online*. https://irac-online.org/mode-of-action/classification-online/

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2015). *Resolución 2390. "Declaración del estado de emergencia fitosanitaria en el territorio nacional por la presencia de adultos de 'Diaphorina citri' infectados con la bacteria de la enfermedad del* HLB". 10 de diciembre. https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_2390_de_2015_ica_-_instituto_colombiano_agropecuario.aspx#/

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2016). *Resolución 4713. "Por medio de la cual se declara en cuarentena fitosanitaria el departamento de La Guajira, por la presencia de la plaga denominada Huanglongbing (*HLB*) de los cítricos"*. https://www.ica.gov.co/getattachment/3774bbb3-46a3-41a7-af14-3863c470ba8d/2016R4713.aspx

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2019a). *Resolución 12816. "Por medio de la cual se establece: 'los requisitos para el registro ante el* ICA *de los viveros y/o huertos básicos productores y/o comercializadores de semilla sexual y/o asexual (material vegetal de propagación) de cítricos, así como los requisitos fitosanitarios para la conservación, producción, certificación y distribución de material de propagación de cítricos en viveros, en el territorio nacional'"*. https://www.ica.gov.co/getattachment/2dbc5167-bfa8-4d9f-a1ab-916442d24df9/2019R12816.aspx

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2019b). *Resolución 1668. "Por medio de la cual se declaran la enfermedad Huanglongbing (*HLB*) de los cítricos y su vector el insecto Diaphorina citri Kuwayama como plagas de control oficial y se establecen las medidas fitosanitarias para su manejo y control"*.

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2019c). *Todos unidos contra el Huanglongbing (*HLB*) de los cítricos y su vector 'Diaphorina citri', Kuwayama*. Alerta temprana fitosanitaria. Boletín n.º 8.

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2023). *Resolución 8640. "Por la cual se declara el estado de Emergencia Fitosanitaria en el departamento de Santander por la presencia de la enfermedad del Huanglongbing -* HLB *de los cítricos"*. https://www.ica.gov.co/getattachment/8906f4df-f4a8-416c-9eec-824fff-8515d6/2023R00008640.aspx

Irey, M. S., Gast, T., & Gottwald, T. R. (2006). Comparison of visual and polymerase chain reaction assay testing to estimate the incidence of the Huanglongbing pathogen in commercial Florida citrus. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *119*, 89-93. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000602.pdf

The IRPCM Phytoplasma/Spiroplasma Working Team-Phytoplasma Taxonomy Group. (2004). "*Candidatus* Phytoplasma", a taxon for the wall-less, non-helical prokariotes that colonize plant phloem and insects. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *54*, 1243-1255.

Ismail, S. M., Ozawa, K., & Khondaker, N. A. (2008). Influence of single and multiple water application timings on yield and water use efficiency in tomato (var. First power). *Agriculture Water Management*, *95*(2), 116-122. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377407002223

Jagoueix, S., Bové, J. M., & Garnier, M. (1994). The phloem-limited bacterium of Greening disease of citrus is a member of the subdivision of the proteobacteria. *International Journal of Systematic Bacteriology*, *44*(2), 379-386. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7520729/

Jaramillo, A., Martínez, M., Cardozo, C., & Burgos, J. (2012). Determinación de condiciones controladas de almacenamiento seguro para semillas de portainjertos de lima ácida 'Tahití'. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *13*(2), 151-158. https://doi.org/10.21930/rcta.vol13_num2_art:250

Johnson, E., Wu, J., Bright, D. B., & Graham, J. H. (2012). Early root infection and damage in citrus Huanglongbing disease development. *Journal of Citrus Pathology*, *1*(1). http://dx.doi.org/10.5070/C411025181

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. https://doi.org/10.1603/EN14093

Kim, J. S., & Wang, N. (2009). Characterization of copy numbers of 16S rDNA and 16S rRNA of *Candidatus* Liberibacter asiaticus and the implication in detection in planta using quantitative PCR. BMC *Research Notes*, *2*, 37. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2663771/

Koh, E. J., Zhou, L., Williams, D. S., Park, J., Ding, N., Duan, Y. P., & Kang, B. H. (2012). Callose deposition in the phloem plasmodesmata and inhibition of phloem transport in citrus leaves infected with "*Candidatus* Liberibacter asiaticus". *Protoplasma*, *249*(3), 687-697. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21874517/

Kondo, T. (2017). Capítulo II. *Tamarixia radiata*. En T. Kondo (Ed.), *Protocolo de cría y liberación de 'Tamarixia radiata' Waterston (Hymenoptera: Eulophidae)* (pp. 35-38). Corpoica. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1432

Kondo, T. (2018). *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide del psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). En A. M. Cotes (Ed.), *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Volumen 1. Agentes de control biológico* (pp. 518-522). AGROSAVIA.

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*, 1-5. https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/2127/2361

Kondo, T., González F., G., Tauber, C., Guzmán-Sarmiento, Y. C., Vinasco Mondragón, A. F., & Forero, D. (2015). A checklist of natural enemies of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in the department of Valle del Cauca, Colombia and the World. *Insecta Mundi*, *0457*, 1-14. https://journals.flvc.org/mundi/article/view/0457/84276

Kondo, T., Manzano, M. R., & Cotes, A. M. (2020). Biological control in Colombia. En J. C. van Lenteren, V. H. P. Bueno, M. G. Luna, & Y. C. Colmenarez (Eds.), *Biological control in Latin America and the Caribbean: its rich history and bright future* (pp. 124-161). CABI. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9781789242430.0000

Kondo, T., Palacino Rodríguez, F., & Peña Cuellar, R. D. (2015). 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. https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/fc41370f-e290-4c44-9906-5bf047505256/content

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), 541-552. https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n3.95918

Koo, R. C. J., Anderson, C. A., Stewart, I., Tucker, D. P. H., Calvert, D. V., & Wutscher, H. K. (1954). *Recommended fertilizers and nutritional sprays for citrus*. Florida Agricultural Experiment Station Bulletin, D, 536. https://ufdc.ufl.edu/UF00027114/00001/images

Legaz, F., & Primo-Millo, E. (s. f.). *Normas para la fertilización de los agrios*. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/7804/1998_Legaz_Normas.pdf

León, G., & Kondo, T. (2017). *Insectos y ácaros de los cítricos: guía ilustrada de especies dañinas y benéficas, con técnicas para el manejo integrado de plagas*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13148

Liljesthröm, G. G., & Bouvet. J. P. R. (2014). Variaciones numéricas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Sternorrhyncha: Psyllidae) y del ectoparasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) en una plantación de naranjos de Entre Ríos, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, *46*(1), 1-14. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/2969

Lin, H., Chen, C., Doddapaneni, H., Duan, Y., Civerolo, E. L., Bai, X., & Zhao. X. (2010). A new diagnostic system for ultra-sensitive and specific detection and quantification of *Candidatus* Liberibacter asiaticus, the bacterium associated with citrus Huanglongbing. *Journal of Microbiological Methods*, *81*, 17-25. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20096734/

Liu, Y. H., & Tsai, J. H. (2000). Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Annals of Applied Biology*, *137*(3), 201-206. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00060.x

Lopes, S. A., Frare, S. A., Bertolini, E., Cambra, M., Fernandes, N. G., Ayres, A. J., Marin, D. R., & Bové, J. M. (2009). Liberibacters associated with citrus Huanglongbing in Brazil: '*Candidatus* Liberibacter asiaticus' is heat tolerant, 'Ca. L. americanus' is heat sensitive. *Plant Disease*, *93*(3), 257-262. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30764183/

Lopes-da-Silva, M., Martins, O. M., Wulff, N. A., Ichida, C. M., Guimarães, A. S., Guimarães, G. C., De Souza, S. L. B., & Sanches, M. M. (2020). Survey of 16SrIX phytoplasmas associated with HLB-symptoms in weeds and leafhoppers at citrus orchards. *Tropical Plant Pathology*, *45*, 680-683. https://doi.org/10.1007/s40858-020-00345-w

Lou, B. H., Zhao, X. L., Song, Y. Q., Bai, X. J., Deng, C. L., & Chen, G. P. (2012). "*Candidatus* Liberibacter asiaticus", associated with citrus Huanglongbing, infects pollen, seed coat and endosperm of pummelo in China. *Journal of Plant Pathology*, *94*(3), 703-705. https://www.jstor.org/stable/45156301

Machado, M. A., Locali-Fabris, E. C., & Della Coletta-Filho, H. (2010). *Candidatus* Liberibacter spp., agentes do Huanglongbing dos citros. *Citrus Research and Technology*, *31*(1), 25-35. https://app.periodikos.com.br/article/10.5935/2236-3122.20100003/pdf/citrusrt-31-1-25.pdf

Malavolta, E. (1995). Nutrición y fertilización de los cítricos. En R. Guerrero (Ed.), *Fertilización de cultivos en clima medio* (2.ª ed., pp. 117-155). Monómeros Colombo Venezolanos.

Manjunath, K. L., Halbert, S. E., Ramadugu, C., Webb, S., & Lee, R. F. (2008). Detection of '*Candidatus* Liberibacter asiaticus' in *Diaphorina citri* and its importance in the management of citrus Huanglongbing in Florida. *Phytopathology*, *98*(4), 387-396. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18944186/

Mann, R. S., Ali, J. G., Hermann, S. L., Tiwari, S., Pelz-Stelinski, K. S., Alborn, H. T., & Stelinski, L. L. (2012). Induced release of a plant-defense volatile 'deceptively' attracts insect vectors to plants infected with a bacterial pathogen. *PLoS Pathogens*, *8*(3), e1002610. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22457628/

Mann, R. S., Pelz-Stelinski, K., Hermann, S. L., Tiwari, S., & Stelinski, L. L. (2011). Sexual transmission of a plant pathogenic bacterium, *Candidatus* Liberibacter asiaticus, between conspecific insect vectors during mating. *PLoS One*, *6*(12), e29197. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22216209/

Manzanilla-Ramírez, M. A., Villegas-Monter, A., Velázquez-Monreal, J. J., Zavaleta-Mancera, H. A., Sandoval-Villa, M., & Muñoz-Orozco, A. (2019). Cambios fisiológicos en árboles de limón mexicano en producción infectados con HLB. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *10*(7), 1603-1614. https://doi.org/10.29312/remexca.v10i7.1957

Marín, D. R., Eduardo, W. I., Diniz, A. J. F., Miranda, M. P., Zanardi, O. Z., Tomaseto, A. F., Gomes Garcia, A., Postali Parra, J. R., & Linhares Volpe, H. X. (2023). Density and dispersal radius of *Tamarixia radiata* for control of *Diaphorina citri* in citrus groves. *Neotropical Entomology*, *52*(4), 742-749. https://link.springer.com/article/10.1007/s13744-023-01056-y#:~:text=Diaphorina %20citri %20nymphs %20were %20parasitized,radii %20from %20the %20release %20point

Marschner, H. (2011). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. Elsevier.

Martínez, M. F., Murcia Riaño, N., Barreto Rojas, J. A., Acosta Herrera, G., Jaramillo Laverde, A., Correa-Moreno, D. L., López-Galé, Y., Rodríguez-Mora, D., Kondo, T., Palacios Joya, L., Beltrán López, H. D. (Eds.), (2022). *Bases tecnológicas para la producción de material de siembra de alta calidad de las especies cítricas para Colombia*. AGROSAVIA. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/282

Martínez, M., Murcia-Riaño, N., Ríos-Rojas, L., Correa-Moreno, D. L., Carabalí-Muñoz, A., Kondo, T., Rodríguez, M. D. M., Jaramillo, A., Mesa, N. C., & Rodríguez, I. (2019). *Prácticas de manejo sostenible para el cultivo de cítricos*. AGROSAVIA. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/35028

Martínez-Carrillo, J. L., Campoy-Cano, S. A., Gutiérrez-Coronado, M. A., Castro-Espinoza, L., Arellano-Gil, M., & Mungarro-Ibarra, C. (2016). Evaluating yellow sticky card trap and stem-tap sampling methods for adult *Diaphorina citri* in an area-wide program in Southwestern Sonora, México. *Southwestern Entomologist*, *41*(1), 9-14. https://bioone.org/journals/southwestern-entomologist/volume-41/issue-1/059.041.0102/Evaluating-Yellow-Sticky-Card-Trap-and-Stem-Tap-Sampling-Methods/10.3958/059.041.0102.short

Mead, F. W. (1977). *The Asiatic citrus psyllid, 'Diaphorina citri' Kuwayama (Homoptera: Psyllidae)*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. Circular n.º 180. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/Mead %201977.pdf

Mead, F. W., & Fasulo, T. R. (2014). *Asian citrus psyllid, 'Diaphorina citri' Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae)*. UF/IFAS Electronic Data Information System. https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN160

Meng, L., Cheng, X., Xia, C., & Zhang, H. (2022). Effect of host plants on development and reproduction of *Diaphorina citri* and their host preference. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *170*(8), 700-707. https://doi.org/10.1111/eea.13188

Meyer, J. M., Hoy, M. A., & Boucias, D. G. (2008). Isolation and characterization of an *Isaria fumosorosea* isolate infecting the Asian citrus psyllid in Florida. *Journal of Invertebrate Pathology*, *99*(1), 96-102. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18433768/

Michaud, J. P. (2004). Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control*, *29*(2), 260-269. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1049964403001610

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2014). *Boletín mensual. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. El cultivo del plátano ('Musa paradisiaca'), un importante alimento para el mundo.* https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_abr_2014.pdf

Molina, E. (2000). Nutrición y fertilización de la naranja. *Informaciones Agronómicas*, *40*, 5-11.

Monzó, C., Arevalo, H. A., Jones, M. M., Vanaclocha, P., Croxton, S. D., Qureshi, J. A., & Stansly, P. A. (2015). Sampling methods for detection and monitoring of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Environmental Entomology*, *44*(3), 780-788. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26313984/

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. https://www.redalyc.org/pdf/612/61243856003.pdf

Murcia, N., Ríos, D., Caicedo, A. A., Martínez, M., & Corrales, D. (2012). *Importancia del programa de certificación como medida para controlar la calidad sanitaria y varietal de los cítricos en Colombia*. Plegable divulgativo. Corpoica, C. I. Palmira.

New, T. R. (2009). The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrol agents: a review. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, *127*(2), 115-140. https://resjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2311.1975.tb00561.x

Nicholls, C. (2008). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Universidad de Antioquia. https://es.studenta.com/content/143645931/control-biologico-de-insectos-un-enfoque-agroecolgico

Orduz-Rodríguez, J. O. (2007). *Ecofisiología de los cítricos en el trópico: revisión y perspectivas.* En *II Congreso Colombiano de Horticultura*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/988/Ver_documento_988.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Orduz-Rodríguez, J. O., & Baquero-Peñuela, J. E. (2003). Aspectos básicos para el cultivo de los cítricos en el Piedemonte Llanero. *Revista Achagua*, *7*(9), 7-19. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17995

Orduz-Rodríguez, J. O., Monroy, H., Fischer, G., & Herrera, A. (2009). Crecimiento y desarrollo del fruto de mandarina (*Citrus reticulata*) 'Arrayana' en condiciones del piedemonte del Meta, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, *3*(2), 149-160. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolas/article/view/1208

Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [Oirsa]. (2018). *Protocolo de diagnóstico de Huanglongbing en hojas de cítricos.* https://www.oirsa.org/contenido/2018/Sanidad_Vegetal/WEB %20- %20DRSV-UCom %20 -HLB/HLB/3. %20Diagnostico %20de %20HLB/Protocolos %20HLB/Protocolo %20de %20diagn %C3 %B3stico %20de %20Huanglongbing %20en %20 hojas %20de %20c %C3 %ADtricos.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2023). *Manejo integrado de plagas y plaguicidas*. https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/es/

Orozco-Santos, M., Preciado, J. C. G., Velázquez-Monreal, J. J., Hernández-Fuentes, L. M., Robles-González, M. M., Manzanilla-Ramírez, M. A., & Manzo-Sánchez, G. (2023). Uso de acolchados plásticos para reducir *Diaphorinia citri* 1-Huanglongbing e incrementar el rendimiento de Lima Mexicana en el Trópico Seco de México. *Southwestern Entomologist*, *47*(4), 927-934. https://doi.org/10.3958/059.047.0416

Ortega-Arenas, L., Villegas-Monter, A., Ramírez-Reyes, A., & Mendoza-García, E. (2013). Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en Cazones, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*, *29*(2), 317-333. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57527864005

Outi, Y., Cortese, P., Santinoni, L., Palma, L., Agostini, J., Preusler, C., Gastaminza, G., Pérez, G., Domínguez, E. (2014). HLB in Argentina: a new disease outbreak. *Journal of Citrus Pathology, 1*(1), 82. https://doi.org/10.5070/C411024182

Pagliaccia, D., Shi, J., Pang, Z., Hawara, E., Clark, K., Thapa, S. P., De Francesco, A., Liu, J., Tran T.-T., Bodaghi, S., Folimonova S. Y., Ancona, V., Mulchandani, A., Coaker, G., Wang, N., Vidalakis, G., & Ma, W. (2017). A pathogen secreted protein as a detection marker for citrus Huanglongbing. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2041. https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2017.02041/full

Paiva, P. E. B., & Parra, J. R. P. (2012). Natural parasitism of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera, Psyllidae) nymphs by *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera, Eulophidae) in São Paulo orange groves. *Revista Brasileira de Entomologia*, *56*(4), 499-503. https://www.biodiversitylibrary.org/part/103973

Panizzi, A., & Parra, R. (2009). Bioecologia e nutrição de insetos. En A. Panizzi & R. Parra (Eds.), *A bioecologia e a nutrição de insetos como base para o manejo integrado de pragas* (pp. 1107-1139). Embrapa.

Parra, J., Lopes, J., Torres, M., Nava, D., & Paiva, P. (2010). Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. *Citrus Research & Technology*, *31*(1), 37-51. https://core.ac.uk/download/pdf/216339668.pdf

Parra, M., Gómez, J. C., Pérez-Artiles, L., & Montes, J. M. (2018). Fluctuación temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) sobre seis portainjertos. En *Memorias 45 Congreso Socolen*. Universidad Autónoma de Occidente.

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. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21061950/#:~:text=Transmission %20of %20Las %20from %20parent,a %20rate %20of %20approximately %2088 %25

Pereira, F. M. V., Milori, D. M. B. P., Pereira-Filho, E. R., Venâncio, A. L., Russo, M. S. T., Cardinali, M. C. B., Martins, P. K., & Freitas-Astúa, J. (2011). Laser-induced fluorescence imaging method to monitor citrus greening disease. *Computers and Electronics in Agriculture*, *79*(1), 90-93. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169911001797

Pérez-Artiles, L., Busoli, A. C., Sotelo, P. A., & Arcila, A. M. (2017). Biología y parámetros reproductivos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en diferentes hospederos de Rutaceae. *Revista Colombiana de Entomología*, *43*(2), 141-150. https://av.agrosavia.co/display/arac9911

Pérez-Artiles, L., González-Fernández, C., Hernández-Espinosa, D., Rodríguez-Tapia, J. L., & Fernández-Argudin, M. (2011). Ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera: Psyllidae) en *Citrus aurantiifolia* L. y *Murraya paniculata* (L.) Jack en condiciones de laboratorio. *Revista CitriFrut*, *28*(2), 12-18.

Pérez-Pérez, J. G., García, J., Robles, J. M., & Botía, P. (2010). Economic analysis of navel orange cv. 'Lane late' grown on two different drought-tolerant rootstocks under deficit irrigation in South-eastern Spain. *Agricultural Water Management*, *97*(1), 157-164. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377409002534

Pourreza, A., Lee, W. S., Ehsani, R., Schueller, J. K., & Raveh, E. (2015). An optimum method for real-time in-field detection of Huanglongbing disease using a vision sensor. *Computers and Electronics in Agriculture*, *110*, 221-232. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169914003044

Pregmon, E. A., Lujo, S., Norton, K., Hartman, E., Rohde, B., Zagvazdina, N., & Mankin, R. W. (2016). A "Walker" tool to place *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) adults at predetermined sites for bioassays of behavior in *Citrus* (Sapindales: Rutaceae) trees. *Florida Entomologist*, *99*(2), 308-310. https://doi.org/10.1653/024.099.0226

Molinas, J., Gavande, S., Goytendía, A., Moriya, K., Moreno Servin, G., García, S., González F., J. C., & Medina Netto, A. (1988). *Estudio de suelos con fines de manejo y conservación de la microcuenca Saguazu, Programa Nacional de*

Manejo y Conservación de Suelos y Recursos Afines. Distrito de Yaguarón. Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay. http://www.fao.org/3/as004s/as004s.pdf

Qing, T. Y., & Aubert, B. (1990). An illustrated guide to the identification of parasitic wasps associated with *Diaphorina citri* Kuwayama in the Asian-Pacific region. En B. Aubert, S. Tontyaporn, & D. Buangsuwon (Eds.), *Rehabilitation of citrus industry in the Asia Pacific region: proceedings of the Asia Pacific international conference on citriculture, Chiang Mai, Thailand, 4-10th February 1990* (pp. 228-239). FAO. https://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=522166

Quaggio, J. A., Matos, J. D., & Cantarella, H. (2005). Manejo da fertilidade do solo na citricultura. En J. D. Mattos, J. D. de Negri, R. M. Pio, & J. J. Pompeu (Eds.), *Citros* (pp.482-507). IAC; Fundag.

Rabinovich, J. E. (1980). *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. Compañía Editorial Continental.

Rano, S. H., Afroz, M., & Rahman, M. M. (2022). Application of GIS on monitoring agricultural insect pests: a review. *Reviews in Food and Agriculture*, *3*(1), 19-23. https://doi.org/10.26480/rfna.01.2022.19.23

Research Institute of Organic Agriculture [FiBL]. (2018). *Agrodiversidad funcional: franjas de flores perennes - Una herramienta para mejorar el control de plagas en frutales*. Guía Técnica n.º 1130. https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1130-franjas-de-flores-en-frutales.pdf

Rigano, L. A., Malamud, F., Orce, I. G., Filippone, M. P., Marano, M. R., Do Amaral, A. M., Castagnaro, A. P., & Vojnov, A. A. (2014). Rapid and sensitive detection of *Candidatus* Liberibacter asiaticus by loop mediated isothermal amplification combined with a lateral flow dipstick. BMC *Microbiology*, *14*, 86. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24708539/

Ríos-Rojas, L., Cano Benítez, M., Castillo Sánchez, L., Martínez, M. F. (2024). *Agricultura 4.0. Cuándo, cuánto y cómo regar.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7407112

Ríos-Rojas, L., Correa, J., Rojas-Marín, C., & Dorado-Guerra, D. (2018). Caracterización edafoclimática de la zona productora de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en el Tolima (Colombia), afectada por una fisiopatía. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *19*(3), 569-591. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35279/Ver_Documento_35279.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ríos-Rojas, L., Morales-Moraga, D., Alcalde, J. A., & Gurovich, L. A. (2015). Use of plant woody species electrical potential for irrigation scheduling. *Plant Signaling and Behavior*, *10*(2), 1-9. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25826257/

Rodrigues, J. D. B., Moreira, A. S., Stuchi, E. S., Bassanezi, R. B., Laranjeira, F. F., & Girardi, E. A. (2020). Huanglongbing incidence, canopy volume, and sprouting dynamics of 'Valencia' sweet orange grafted onto 16 rootstocks. *Tropical Plant Pathology*, *45*(6), 611-619. https://doi.org/10.1007/s40858-020-00385-2

Rohrig, E. A., Hall, D., Qureshi, J. A., & Stansly, P. A. (2012). Field release in Florida of *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), an endoparasitoid of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), from mainland China. *Florida Entomologist*, *95*(2), 479-481. https://journals.flvc.org/flaent/article/view/79309/76653

Roistacher, C. N. (1996). The economics of living with citrus diseases: Huanglongbing (greening) in Thailand. *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings* (1957-2010), *13*(13), 279-285. https://escholarship.org/uc/item/3kg8m6jr#author

Rojas, J. R., Morales, P. J. O., Toro, E. N., González, S. C. P., Martínez, M. F., Riaño, N. M., & Erazo, S. M. S. (2014). *Principales características y tendencias del mercado de cítricos en Colombia*. Corpoica.

Rugno, G. R., Cuervo, J. G. B., García, A. G., Qureshi, J., & Yamamoto, P. T. (2021). Abundance and diversity of lacewings in grower operated organic and conventional pest management programs for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Crop Protection*, *146*, 105682. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219421001526

Russell, P. F., McOwen, N., Bohannon, S., Amato, M. A., & Bohannon, R. (2015). Rapid on-site detection of the huanglongbing/citrus greening causal agent "*Candidatus* Liberibacter asiaticus" by AmplifyRP, a novel rapid isothermal nucleic acid amplification platform. *Acta Horticulturae*, *1065*, 905-912. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1065.112

Rwomushana, I., Khamis, F. M., Grout, T. G., Mohamed, S. A., Sétamou, M., Borgemeister, C., Heya, H. M., Tanga, C. M., Nderitu, P. W., Seguni, Z. S., Materu, C. L., & Ekesi, S. (2017). Detection of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in Kenya and potential implication for the spread of Huanglongbing disease in East Africa. *Biological Invasions*, *19*(10), 2777-2787. https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-017-1502-5

Sanches, M. M., Wulff, N. A, Ferreira, E. A., Santos, J. F., Angarten, M. B. O., Carbonari, J. J., Oliveira, R. P, Ishida, A. K. N., & Martins, O. M. (2016). Survey for phytoplasmas and *Candidatus* Liberibacter sp. from HLB-like symptomatic citrus plants in Brazil. *Citrus Research & Technology*, *37*(1), 88-93. https://www.citrusrt.ccsm.br/article/10.4322/crt.ICC074/pdf/citrusrt-37-1-88.pdf

Santacruz, S., Koch, K., Andersson, R., & Åman, P. (2002). Characterisation of potato leaf starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(7), 1985-1989. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15053540/

Santivañez, C. T., Vernal, H. P., Mora-Aguilera, G., Díaz, P. G., & López-Arroyo, J. I. (2014). *Marco estratégico para la gestión regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe*. FAO. http://www.fao.org/3/a-i3319s.pdf

Schneider, H. (1968). Anatomy of greening-disease sweet orange shots. *Phytopathology*, *58*, 1155-1160. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00002280.pdf

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. https://academic.oup.com/jee/article-abstract/112/3/1167/5372367?redirectedFrom=fulltext

Sétamou, M., Sánchez, A., Saldaña, R. R., Patt, J. M., & Summy, R. (2014). Visual responses of adult Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae) to colored sticky traps on citrus trees. *Journal of Insect Behavior*, *27*, 540-553. https://link.springer.com/article/10.1007/s10905-014-9448-2

Sétamou, M., Simpson, C. R., Alabi, O. J., Nelson, S. D., Telagamsetty, S., & Jifon, J. L. (2016). Quality matters: influences of citrus flush physicochemical characteristics on population dynamics of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). *Plos One*, *11*(12), e0168997. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168997

Shaukat, M. A. (2018). Feeding behaviour and life durations of Chrysoperla carnea (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) feeding on a variety of hosts. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *6*(1), 691-697. https://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartJ/5-6-374-317.pdf

Shokrollah, H., Abdullah, T. L., Sijam, K., & Abdullah, S. N. A. (2011). Potential use of selected citrus rootstocks and interstocks against HLB disease in Malaysia. *Crop Protection*, *30*(5), 521-525. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219410002735

Shrestha, B., Martini, X., & Stelinski, 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. https://journals.flvc.org/flaent/article/view/128048

Southwood, T. R. E. (1991). *Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations*. Chapman & Hall.

Stansly, P. (2016). Preparándose para el Huanglongbing en el Mediterráneo: la Experiencia de Florida. *Phytoma España*, *277*. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/15_Stansly_16.pdf

Stern, V. M. R. F., Smith, R., Van den Bosch, R., & Hagen, K. (1959). The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. *Hilgardia*, *29*(2), 81-101. https://hilgardia.ucanr.edu/Abstract/?a=hilg.v29n02p081

Sugio, A., MacLean, A. M., Kingdom, H. N., Grieve, V. M., Manimekalai, R., Hogenhout, S. A. (2011). Diverse targets of phytoplasma effectors: from plant development to defense against insects. *Annual Review of Phytopathology, 49*, 175-195. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-072910-095323

Tapia, G. (2009). *Plan regional de contingencia, para la prevención y contención del Huanglongbing o greening de los cítricos en los países miembros del Oirsa*. Oirsa. https://www.oirsa.org/contenido/biblioteca/HUANGLONGBINGPLANDECONTINGENCIAOIRSAJULIO2009.pdf

Teck, S. L., Fatimah, A., Beattie, A., Heng, R. K., & King. W. S. (2011). Seasonal population dynamics of the Asian citrus psyllid. *Diaphorina citri* Kuwayama in Sarawak. *American Journal of Agricultural and Biological Science, 6*(4), 527-535. https://thescipub.com/abstract/ajabssp.2011.527.535

Teixeira, C. D., Saillard, C., Eveillard, S., Danet, J. L., 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. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16166678/

Teixeira, D. D. C., Danet, J. L., Eveillard, S., Martins, E. C., De Jesus Jr., W. C., Yamamoto, P. T., Lopes, S. A., Bassanezi, R. B., Ayres, A. J., Saillard, C., & Bové, J. M. (2005). Citrus Huanglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the '*Candidatus*' Liberibacter species associated with the disease. *Molecular and Cellular Probes, 19*, 173. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15797817/

Teixeira, D. D. C., Wulff, N. A., Martins, E. C., Kitajima, E. W., Bassanezi, R., Ayres, A. J., Eveillard, S., Saillard, C., & Bové, J. M. (2008). A phytoplasma closely related to the Pigeon Pea Witches'-Broom Phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus Huanglongbing symptoms in the state of São Paulo, Brazil. *Phytopathology*, *98*(9), 977-984. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18943735/

Torres, M. L. G., Nava, D. E., Gravena, S., Costa, V. A., & Parra, J. R. P. (2006). First report of *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in Brazil. *Revista de Agricultura. Piracicaba*, *81*, 112-117.

Tsai. J. H., Wang. J. J., & Liu. Y. H. (2002). Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in southern Florida. *Florida Entomologist*, *85*(3), 446-451. https://journals.flvc.org/flaent/article/view/75122/72780

United States Environmental Protection Agency [EPA]. (2023). *Integrated pest management (*IPM*) principles.* https://www.epa.gov/safepestcontrol/integrated-pest-management-ipm-principles

University of California-Statewide Integrated Pest Management Program [UC-IPM]. (2024). *What is Integrated Pest Management (*IPM*)?* University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. https://ipm.ucanr.edu/what-is-ipm/#:~:text=In %20IPM %2C %20monitoring %20and %20correct,what %20damage %20they've %20caused

Vanegas, M. (2002). *Guía técnica cultivo del limón pérsico*. IICA; Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7365/BVE19039652e.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vankosky, M. A., & Hoddle, M. S. (2019). An assessment of interspecific competition between two introduced parasitoids of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) on caged citrus plants. *Insect Science*, *26*(1), 119-127. https://doi.org/10.1111/1744-7917.12490

Vänninen, I. (2022). *Advances in insect pest and disease monitoring and forecasting in horticulture*. Natural Resources Institute Finland (LUKE). https://doi.org/10.19103/AS.2021.0095.05

Varón Devia, E. H., Flórez, C. M., Pérez, L., & Jaramillo Barrios, C. (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. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20219973691

Vélez, J. E., Álvarez-Herrera, J. G., & Alvarado-Sanabria, O. H. (2012). El estrés hídrico en cítricos (*Citrus* spp.): una revisión. *Orinoquia*, *16*(2), 31-39.

Venâncio, A. L. (2010). *Avaliação da precocidade do diagnóstico do greening por técnicas de fluorescência* [Tesis de maestría, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto]. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59135/tde-04032011-145419/pt-br.php

Vincent, C., Weintraub, P., & Hallman, G. (2009). Physical control of insect pests. En *Encyclopedia of Insects* (pp. 794-798). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00209-5

Walgenbach, J. F. (2018). Integrated pest management strategies for field-grown tomatoes. En *Sustainable management of arthropod pests of tomato* (pp. 323-339). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00016-4

Wang, N. (2022). *Candidatus Liberibacter asiaticus (citrus greening)*. CABI Compendium. https://www.cabi.org/isc/datasheet/16565

Wang, N., & Trivedi, P. (2013). Citrus Huanglongbing: a newly relevant disease presents unprecedented challenges. *Phytopathology*, *103*(7), 652-665. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23441969/

Waterhouse, D. F. (1998). *Biological control of insect pests: Southeast Asian prospects*. Australian Center for International Agricultural Research. https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000382.pdf

Waterston, J. (1922). On the chalcid parasites of psyllids (Homoptera). *Bulletin of Entomological Research*, *13*(1), 41-58. https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/abs/on-the-chalcidoid-parasites-of-psyllids-hemiptera-homoptera/6940D3FF5C99E57AD11AF3809C46ABD6

Watson, G. W., & Kondo, T. (2022). 4.2.11. *Planococcus* spp. (Hemiptera: Coccomorpha: Pseudococcidae). En T. Kondo & G.W. Watson (Eds.), *Encyclopedia of Scale Insect Pests* (pp. 177-192). CABI.

Widyaningsih, S., Utami, S. N. H., Joko, T., & Subandiyah, S. (2017). Development of disease and growth on six scion/rootstock combinations of citrus seedlings under Huanglongbing pressure. *Journal of Agricultural Science*, *9*(6), 229-238. https://ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/view/66841

Wu, Q., Zeng, J., & Wu, K. (2022). Research and application of crop pest monitoring and early warning technology in China. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, *9*(1), 19-36. https://doi.org/10.15302/J-FASE-2021411

Wulff, N. A., Teixeira, D. C., Martins, E. C., Toloy, R. S., Bianco, L. F., Colletti, D. A. B., Kitajima, E. W., & Bové, J. M. (2015). Sunn hemp, a major source-plant of the phytoplasma associated with Huanglongbing symptoms of sweet orange in São Paulo State, Brazil. *Journal of Citrus Pathology*, *2*(1), 1-14. https://escholarship.org/uc/item/1dx6w52z

Xia, Y., Ouyang, G., Sequeira, R. A., Takeuchi, Y., Baez, I., & Chen, J. (2011). A review of Huanglongbing (citrus greening) management in citrus using nutritional approaches in China. *Plant Health Progress*, *12*(1), 24. https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PHP-2010-1003-01-RV

Xu, C. F., Xia, Y. H., Li, K. B., & Ke, C. (1988). Further study of the transmission of citrus Huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*, *10*(10). https://escholarship.org/uc/item/0w42q0r7#author

Yacomelo-Hernández, M., Velásquez-Ramírez, H., León Pacheco, R. I., Hernández-Arredondo, J. D., Carrascal Pérez, F. & Orduz-Rodríguez, J. O. (2020). Mineral nutrition of orange and mandarin crops in relation to the soils types in the department of Meta, Colombia. *Bioagro*, *32*(1), 59-66. https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2689/1675

Yamamoto, P. T., & Miranda, M. P. (2009). Controle do psilídeo *Diaphorina citri*. *Ciência e Prática*, 1, 10-12.

Autoría

Takumasa Kondo
Correo: tkondo@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3192-329X

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias de la Universidad de Agricultura de Tokio, con doctorado en Auburn University, Alabama, EE. UU., y posdoctorado en la Universidad de California, Davis, EE.UU. Trabaja en el área de manejo integrado de plagas de frutales tropicales y es especialista en la taxonomía de los insectos escama. Editor en jefe de la *Revista Colombiana de Entomología* (2021-presente) y de la revista corporativa *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (2016-octubre 2021). Editor temático de las revistas científicas *Neotropical Entomology* (2007-presente), *Revista Brasileira de Entomologia* (2018-presente), *Journal of Insect Science* (2010-2019), *Zookeys* (2021-presente), *Phytoparasitica* (2022-presente). Miembro del Comité editorial de las revistas *Entomologia Experimentalis et Applicata* (2020-presente), *Fronteras de la Ciencia* (2018-presente) e *International Journal of Insect Science* (2008-2019). Miembro de la Entomological Society of America, la Sociedad Colombiana de Entomología y de la International Organization for Biological Control (IOBC), Neotropical Regional Section (NTRS). Ha escrito más de 200 artículos científicos en revistas indexadas, libros, capítulos de libro y otras publicaciones.

Nubia Murcia Riaño
Correo: nmurcia@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5679-388

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, con diplomado de estudios avanzados en Producción Vegetal y doctorado en Producción Vegetal y Ecosistemas Agroforestales, por la Universidad Politécnica de Valencia, España. Se ha desempeñado en investigación en fitopatología y en la coordinación de proyectos de investigación en manejo integrado de enfermedades en los sistemas productivos de cítricos y aguacate. Tiene experiencia en técnicas de diagnóstico biológico y bases tecnológicas para la producción de material de siembra de alta calidad de las especies cítricas para Colombia molecular de patógenos de plantas con énfasis en virus, viroides y hongos. En la actualidad, se desempeña como investigadora PhD en AGROSAVIA, adscrita a la Red de Frutales, en el C. I. Palmira.

Lumey Pérez-Artiles
Correo: lpereza@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8192-1896

Bióloga egresada de la Universidad de La Habana, Cuba; magíster en Fruticultura Tropical y PhD en Entomología Agrícola de la Universidad Estatal Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil. Investigadora con más de 12 años de experiencia con énfasis en el manejo integrado de plagas y enfermedades, manipulación del hábitat y control biológico, con experiencia en el manejo de insectos vectores de fitopatógenos. En los últimos años, ha trabajado en proyectos relacionados con el manejo del patosistema Huanglongbing (HLB) - *Diaphorina citri* en cítricos. Actualmente, es investigadora PhD adscrita a la Red de Frutales en el C. I. Caribia de AGROSAVIA.

Mauricio Fernando Martínez
Correo: mmartinez@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8145-1764

Ingeniero agrónomo y MSc en Ciencias Biológicas, línea de investigación en Biotecnología Vegetal, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. En la actualidad se desempeña como investigador máster en AGROSAVIA, C. I. Palmira, donde ha trabajado en las áreas de producción e investigación en especies frutícolas como cítricos, aguacate y pitaya amarilla. Su trabajo está orientado a la generación de bases tecnológicas para el aseguramiento de la calidad genética, fisiológica y fitosanitaria del material de propagación en estos frutales, para articular las áreas de biotecnología en caracterización de recursos fitogéneticos y la estandarización de técnicas de diagnóstico para algunas enfermedades, con la producción del material vegetal en condiciones de vivero, casas de malla e invernaderos. Ha participado en proyectos de investigación en el área de mejoramiento genético de cítricos y aguacate, tanto en copas como patrones, para aumentar la oferta varietal en Colombia.

Liliana Ríos-Rojas
Correo: lriosr@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-6978-0434

Ingeniera agrícola, magíster en Ingeniería de Recursos Hidráulicos, doctora en Ciencias de la Agricultura, mención en Fisiología Vegetal con énfasis en Relaciones Hídricas de los Cultivos. Desde junio de 2008 se encuentra vinculada a AGROSAVIA, donde ha enfocado su trabajo de investigación en los métodos de cuantificación precisa de la oferta de agua en el suelo y la demanda atmosférica, para cubrir las necesidades hídricas de las plantas: sin excesos y sin déficit. Aplica tecnologías de agricultura 4.0 acopladas a herramientas IoT para monitorear el sistema completo suelo-planta-atmósfera y así tomar decisiones en tiempo real que aporten a lograr un uso eficiente del recurso agua en la agricultura.

Madeleyne Parra Fuentes
Correo: mparra@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-2761-2328

Ingeniera de Producción Biotecnológica de la Universidad Francisco de Paula Santander y magíster en Biología Aplicada de la Universidad Militar Nueva Granada. Se desempeña como investigadora del C. I. Caribia de AGROSAVIA. Cuenta con experiencia en micropropagación de tejidos vegetales y producción de semilla vegetativa de alta calidad. Actualmente participa en la formulación y ejecución de proyectos de hortícolas y frutales, con la vinculación a las áreas de monitoreo y diagnóstico en el componente fitosanitario.

Juan Humberto Guarín
Correo: jguarin@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7757-0763

Investigador, PhD en Entomología, adscrito al C. I. La Selva de AGROSAVIA, en Rionegro, Antioquia. Miembro del Grupo de Investigación Rizosfera. Su experiencia se ha enfocado en las siguientes líneas de aplicación: insectos del suelo, patología de insectos, control microbiano de insectos, y evaluación de la incidencia de patógenos en plagas de los cultivos de clima frío moderado y de

cítricos. Ha dirigido o codirigido más de 25 tesis de pregrado, maestría y doctorado. Miembro de la Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen) y de la Sociedad Entomológica del Brasil (SEB). Par evaluador Colciencias, evaluador y jurado de tesis de diferentes universidades nacionales e internacionales, par evaluador de revistas nacionales e internacionales.

Arturo Carabalí-Muñoz
Correo: acarabali@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7623-3316

Ingeniero agrónomo, magíster en Ciencias Biología-Entomología, PhD en Ciencias Biología-Entomología, especialista en Entomología Económica de la Universidad del Valle. En la actualidad se desempeña como investigador PhD asociado en el C. I. Palmira de AGROSAVIA, donde coordina proyectos de investigación sobre insectos-plaga de importancia económica en frutales tropicales y cacao.

Javier Orlando Orduz-Rodríguez
Correo: jorduz@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7012-4573

Ingeniero agrónomo, magíster en Citricultura de la Universidad Politécnica de Valencia (España), doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Ha trabajado durante tres décadas en proyectos de investigación, transferencia de tecnología e innovación en cítricos, frutas tropicales y marañón para las condiciones del trópico bajo de Colombia. Actualmente se desempeña como investigador PhD asociado de la Red de Frutales con sede en el C. I. La Libertad de AGROSAVIA, en Villavicencio, Meta.

Gloria Patricia Castillo Urquiza
Correo: gcastillo@unimagdalena.edu.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4659-6359

Ingeniera agrónoma egresada de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, con magíster y doctorado en Fitopatología de la Universidade Federal

de Viçosa, Brasil (cuyos respectivos trabajos de grado giraron en torno al área de virología vegetal). Posdoctorado desarrollado en Embrapa soja en genes diferencialmente expresos interacción Carlavirus – Soja. Posdoctorado desarrollado en la Universidad Federal de Viçosa en biología molecular de poblaciones de *Begomovirus*. Se ha desempeñado en las siguientes líneas de investigación: técnicas de diagnóstico de fitovirus, estudios de transmisión de virus por vectores, análisis de la diversidad genética y evolución molecular de *Begomovirus*, y estudios de interacción planta-virus. Ha sido jurado de tesis de pregrado, posgrado y de exámenes de cualificación. Catedrática en el área de fitovirología y revisora de artículos en revistas científicas especializadas.

Juliene Andrea Barreto-Rojas
Correo: jbarreto@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-3308-2244

Ingeniera agrónoma, estudiante de la Maestría en Ciencias Agropecuarias con énfasis en Fitomejoramiento de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en proyectos de investigación en frutales y en proyectos asociados a la producción de semillas de calidad de variedades regionales para pequeños productores. Actualmente es profesional de apoyo adscrita a la Red de Frutales, en el C. I. Palmira de AGROSAVIA.

Juan Camilo Gómez-Correa
Correo: jcgomez@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8363-6597

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Profesional de apoyo a la investigación (2015-2018) e investigador máster (2018 a la fecha) del C. I. Caribia de AGROSAVIA en el área de fitopatología. Investigador principal del proyecto "Desarrollo de estrategias de manejo integrado del cultivo de mango para incrementar la competitividad del sistema productivo en el departamento del Magdalena", financiado con recursos del fondo de CTeI-SGR del departamento. Coinvestigador en proyectos que abordan las áreas musáceas - Foc R4T: evaluación de plátanos y bananos por su resistencia ante Foc R4T, epidemiología, control biológico y transferencia de conocimiento; cítricos-HLB: evaluación de materiales, epidemiología y transferencia de conocimiento; mango-antracnosis y muerte descendente por *Lasiodiplodia* sp.: diagnóstico, pruebas de patogenicidad, control y transferencia de conocimiento, y hortalizas de la región Caribe: diagnóstico y control de enfermedades y transferencia de conocimiento.

José Mauricio Montes Rodríguez
Correo: jmontesr@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9281-2991

Ingeniero agrónomo, magíster en Entomología. Su producción científica se ha enfocado en taxonomía de insectos, con distintos énfasis: insectos escama del suborden Coccomorpha y moscas de las frutas del género *Anastrepha*, con nuevos registros de insectos de importancia agrícola; manejo integrado de plagas, con evaluación de prácticas de manejo sostenibles económica y ambientalmente, y biología de la conservación, con el uso de insectos, especialmente hormigas y escarabajos coprófagos como bioindicadores de impacto antrópico. Cuenta con una trayectoria laboral de seis años de experiencia en el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario del ICA, sede Cúcuta, y actualmente se desempeña como investigador máster del C. I. La Suiza de AGROSAVIA.

Marlon José Yacomelo Hernández
Correo: myacomelo@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5831-5246

Es investigador máster senior en el C. I. Caribia de AGROSAVIA, y pertenece al grupo de investigación Sistemas Agrícolas del Trópico (SAT). Ingeniero agrónomo graduado de la Universidad del Magdalena, con MSc en Ciencias Agrarias con énfasis en Suelo, Agua y Nutrición Vegetal, obtenido en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. En la actualidad se encuentra cursando un doctorado en Ciencias Agrarias en la misma institución. Cuenta con más de 10 años de experiencia como investigador en la Red de Frutales de AGROSAVIA y posee habilidades para liderar y desarrollar programas de investigación, innovación y transferencia de tecnología. También tiene capacidad para identificar obstáculos y proponer soluciones en el área de suelo, agua y nutrición vegetal, con el objetivo de preservar los recursos naturales y aumentar la productividad de los cultivos.

Carlos Esteban Brochero-Bustamante
Correo: cbrochero@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4897-7016

Ingeniero agrónomo, magíster en Fisiología y Producción Vegetal con énfasis en Protección Vegetal de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Cuenta con experiencia en proyectos de investigación relacionados con el control biológico y monitoreo de plagas, así como en la cría de insectos plaga y sus enemigos naturales. Actualmente es investigador máster del C. I. Caribia de AGROSAVIA.

Ronal Arturo Burbano-Díaz
Correo: rburbano@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0009-0009-0067-9491

Ingeniero agrónomo, MSc en Ciencias Agrarias con énfasis Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Posee una amplia experiencia en investigación de sistemas agrícolas de frutales tropicales y cultivos forestales (aguacate, cítricos y eucalipto). Sus investigaciones se centran en la fisiología de cultivos en áreas como la nutrición vegetal, la respuesta al estrés hídrico en ambientes tropicales y las interacciones planta-hospedero. En la actualidad se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el C. I. Palmira de AGROSAVIA.

Yeison López Galé
Correo: ylopezg@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-2450-0627

Biólogo de la Universidad de Sucre, magíster en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Ha trabajado en proyectos de investigación en los sistemas productivos de aguacate y especies cítricas, en la línea de protección y sanidad vegetal. Su trabajo ha estado orientado al diagnóstico, monitoreo e implementación de estrategias de manejo integrado de plagas de interés económico, y a la caracterización de recursos fitogenéticos con enfoque de premejoramiento vegetal. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Frutales en el C. I. Palmira de AGROSAVIA.

Yenifer Campos-Patiño
Correo: ycampos@agrosavia.co
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5209-8340

Ingeniera agrónoma de la Universidad del Tolima. Realizó pasantía y tesis en el Grupo de Investigación en Mosca de la Fruta (Gimfrut) de la Universidad del Tolima. Ha apoyado proyectos de investigación en frutales tropicales, incluyendo temas como: control biológico del psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae); monitoreo de ácaros del género *Brevipalpus* transmisores de virus de plantas; control biológico y transmisión del virus de la marchitez de la piña por la cochinilla harinosa rosada de la piña, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae); monitoreo de la mosca del mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), y control biológico de La cochinilla acanalada de Colombia, *Crypticerya multicicatrices* Kondo & Unruh (Hemiptera: Monophlebidae), en la isla de San Andrés, entre otros. Pertenece al Grupo de Investigación en Frutas del Trópico. Ha publicado varios artículos científicos en revistas indexadas relacionados con los temas mencionados.

Andrea Amalia Ramos-Portilla
Correo: andrea.ramos@ica.gov.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4371-0040

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Nariño, especialista en gerencia de proyectos de la Universidad del Cauca, magíster y doctora en Ciencias Agrarias con énfasis en Entomología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Cuenta con experiencia investigativa en taxonomía de insectos escama, especialmente de las familias Pseudococcidae y Rhizoecidae. Ha desarrollado labor docente en manejo integrado de plagas, entomología general y control biológico, así como experiencia laboral en diseño de programas y política pública en gestión de riesgos fitosanitarios y manejo integrado de plagas, y en acciones en favor de los polinizadores. Con 28 años de experiencia en protección fitosanitaria, actualmente se desempeña como directora técnica de sanidad vegetal del ICA.

Catalina Camelo-Martínez
Correo: catalina.camelo@ica.gov.co
Orcid: https://orcid.org/0009-0009-0206-1863

Bióloga, magíster en Ciencias con énfasis en Microbiología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Cuenta con experiencia en el análisis enzimático de suelos, en la caracterización funcional de bacterias por medio de pruebas bioquímicas, biológicas y en planta, así como en la planeación y ejecución de proyectos de investigación. Actualmente se desempeña como profesional universitaria de la Dirección Técnica de Sanidad Vegetal del ICA, específicamente en la estructuración y puesta en marcha de la estrategia de extensión fitosanitaria del Instituto.

María Fernanda Díaz-Niño
Correo: maria.diazn@ica.gov.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9588-5144

Ingeniera agrónoma, especialista en Estadística Aplicada y magíster en Ciencias Agrarias, en la línea de investigación de Entomología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Cuenta con experiencia en la estructuración de planes para la vigilancia oficial de plagas cuarentenarias y la implementación de herramientas de analítica de datos para la generación de pronósticos y alertas fitosanitarias. Actualmente se desempeña como profesional especializada de la Dirección Técnica de Epidemiología y Vigilancia Fitosanitaria del ICA, específicamente en el Programa de Vigilancia de Plagas de Control Oficial.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Esta publicación va dirigida principalmente a productores, administradores de fincas productoras y asistentes técnicos, con la intención de dar a conocer los resultados de investigación obtenidos por AGROSAVIA y el ICA sobre el manejo de *Diaphorina citri* y su implicación dentro de una estrategia de manejo integrado de la enfermedad HLB, que incorpora los principales componentes del MIP (identificación del riesgo, prevención del riesgo e intervención), utilizando herramientas de monitoreo de insecto vector, las diferentes prácticas de manejo del vector y manejo agronómico del cultivo con énfasis en la nutrición y el riego.

Con el uso de estas recomendaciones, es posible impactar la disminución de los niveles poblacionales de la plaga en fincas productoras. Esto contribuye a disminuir la dispersión de la enfermedad HLB, que es diseminada en campo principalmente por el insecto vector. Se hace énfasis en el uso de material vegetal de cítricos certificado como libre de la enfermedad, el reconocimiento del vector y los métodos de monitoreo, considerando el desarrollo fenológico de los brotes, así como las prácticas de manejo del vector con enemigos naturales a nivel de las fincas, las cuales permitan incrementar las poblacionales de los insectos benéficos para no depender del control químico. Ello regula y evita que aumenten las poblaciones de plagas en el cultivo de los cítricos. Adicionalmente, se recogen aspectos básicos de manejo agronómico del cultivo relacionados con el manejo eficiente del riego y la nutrición en la plantación, como elementos necesarios en el manejo de la enfermedad HLB.

www.agrosavia.co

ISBN: 978-958-740-782-2

BAC

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Correo: bac@agrosavia.co
TelŽfono: (+57 601) 4227300 ext. 1257 o 1274
Skype: biblioteca.agropecuaria

Distribución gratuita
Prohibida su venta