

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**



El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama vector del Huanglongbing (HLB) en el estado de Hidalgo.

**POR**

**RUBÉN HERNÁNDEZ LARA**

**MONOGRAFÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Torreón, Coahuila, México  
Febrero 2020

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama vector del Huanglongbing (HLB) en el estado de Hidalgo.

Por:

**RUBÉN HERNÁNDEZ LARA**

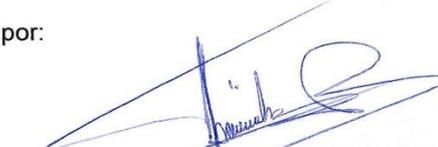
**Monografía**

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

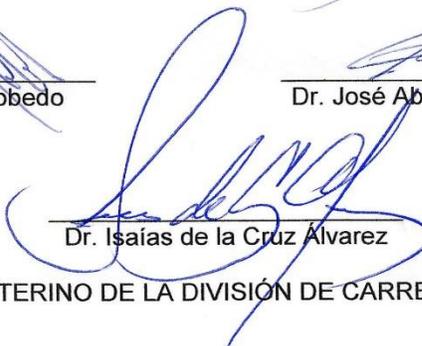
Aprobada por:

  
Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores  
Presidente

  
Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos  
Vocal

  
Ing. José Alonso Escobedo  
Vocal

  
Dr. José Abraham Obrador Sánchez  
Vocal Suplente

  
Dr. Isaías de la Cruz Álvarez

COORDINADOR INTERINO DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México  
Febrero 2020

Universidad Autónoma Agraria  
**ANTONIO NARRO**



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**  
**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama vector del Huanglongbing (HLB) en el estado de Hidalgo.

Por:

**RUBEN HERNÁNDEZ LARA**

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores  
Asesor principal

  
Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos  
Asesor  
Ing. José Alonso Escobedo  
Asesor  
Dr. José Abraham Obrador Sánchez  
Asesor  
Dr. Isaías de la Cruz Álvarez

COORDINADOR INTERINO DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México  
Febrero 2020

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

## AGRADECIMIENTOS

**A Dios**, por darme vida, salud y mucha sabiduría para poder concluir esta etapa.

**A mis padres, Rubén Hernández Leandro y Flor Lara Hernández** por haber dado la vida y darme todo su apoyo para realizar mis metas y que hoy se cumple convirtiéndome en un gran profesional de grandes valores.

**A mis hermanos, Luis Enrique Hernández Lara y Tania Hernández Lara**, por ser parte de mi hermosa familia y brindarme su apoyo cuando más lo necesite.

**A mis padrinos, Jaime Lara Hernández, Verónica Lara Hernández y Delfina Lara Hernández** por pertenecer a la familia y motivarme a salir adelante y ser un gran profesionalista.

**Al Ing. José Luis San Juan**, agradecerle por la información que me brindo para complementar este trabajo.

**A mi Alma Mater**, por ser parte de ella, agradecerle por todas las comodidades que me brindó para ser un profesionalista.

**Al Ing. Bertha Alicia Cisneros Flores**, por brindarme su apoyo y poder realizar mi monografía para la titulación.

**A Ing. Grabiela Muñoz Davila**, Por brindarnos su apoyo durante los 4 años de carrera en el laboratorio en la prestación de material.

**A Sria. Graciela Armijo yerena**, Por brindarnos apoyo en la documentación de diferente tramites.

**A todos los docentes que conforman el Departamento de Parasitología**, por haberme brindado su conocimiento en cada una de sus materias.

## DEDICATORIAS

**A mis padres, Rubén Hernández Lara y Flor Lara Hernández** por su apoyo incondicional que me dieron todo este tiempo de mi preparación.

**A mis hermanos, Luis Enrique Hernández Lara y Tania Hernández Lara** a quienes admiro y quiero mucho.

**A mi abuelo, José Hernández Reyes** por ser mi segundo papá y por darme sus consejos.

**A mi familia**, agradecerles por todo el apoyo y consejos brindados.

**A mis amigos, Jorge Ventura Rodríguez Morales y Jordi Josué Ruíz Angelina** por brindarme su amistad durante la carrera y por ser un gran equipo durante todo este tiempo.

## RESUMEN

*Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) es el vector de *Candidatus Liberibacter* spp., bacteria causante de la enfermedad conocida como Huanglongbing, catalogada como la más destructiva y letal para los cítricos a nivel mundial. Su presencia en México, representa una seria amenaza para 526 mil hectáreas de cítricos. El Huanglongbing (HLB) se considera la enfermedad más devastadora para los cítricos en todo el mundo. La enfermedad se detectó por primera vez en el año 2004 en Sao Paulo Brasil. El estado de Hidalgo sufre una gran amenaza para la citricultura por la presencia de la enfermedad de Huanglongbing (HLB) que día con día aumenta la presencia de árboles positivos por la enfermedad del (HLB) esto representa una pérdida económica para los productores. Para el control del vector ha sido una práctica común, el incremento de las poblaciones de *Tamarixia radiata* y algunos depredadores u hongos entomopatógenos. Para el manejo de la enfermedad se están implementando nuevos métodos para evitar la destrucción de los árboles como la aplicación de tetraciclinas.

**Palabras claves:** *Diaphorina citri*, Huanglongbing, Manejo *Diaphorina citri*-HLB.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIAS .....	ii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivo .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama .....	4
2.1.1 Importancia de la plaga .....	4
2.1.2 Distribución de <i>Diaphorina citri</i> en el mundo .....	5
2.1.3 Distribución de <i>Diaphorina citri</i> en México .....	7
2.1.4 Ubicación taxonómica del psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama .....	10
2.1.5 Descripción de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama .....	10
2.1.5.1 Adulto .....	11
2.1.5.2 Huevo .....	13
2.1.5.3 Ninfa .....	15
2.1.6 Biología y ecología de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama.....	17
2.1.7 Daños de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama.....	21
2.2 Huanglongbing.....	22
2.2.1 Ubicación taxonómica .....	23
2.2.2 Antecedentes del Huanglongbing (HLB) .....	23
2.2.3 Impacto económico en el mundo.....	25
2.2.4 Distribución del HLB en el mundo .....	26
2.2.5 Impacto económico en México.....	31
2.2.6 Distribución del HLB en México .....	34
2.2.7 Vectores que transmiten el HLB .....	39
2.2.8 Sintomatología del HLB.....	41
2.2.9 Métodos de diagnóstico del HLB .....	44

2.3 Situación en el Estado de Hidalgo .....	44
2.3.1 Importancia de la citricultura en el Estado .....	44
2.3.2 Distribución de <i>Diahorina citri</i> en el Estado de Hidalgo .....	46
2.3.3 Distribución del HLB en el Estado de Hidalgo.....	47
2.3.4 Manejo de <i>Diaphorina citri</i> en el Estado de Hidalgo.....	47
2.3.5 Manejo del HLB en el Estado de Hidalgo.....	48
2.4 Estrategias de manejo.....	51
2.4.1 Manejo de <i>Diaphorina citri</i> .....	53
2.4.1.1 Monitoreo de <i>Diaphorina citri</i> .....	56
2.4.1.2 Control Biológico .....	64
2.4.1.2.1 Insectos Depredadores .....	68
2.4.1.2.2 Parasitoides .....	70
2.4.1.3 Control Químico.....	74
2.4.1.4 Control Alternativo.....	74
2.4.1.5 Control Legal.....	75
2.4.2 Manejo del HLB .....	77
3. CONCLUSIONES .....	83
4. LITERATURA CITADA.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial del psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i> (EPPO, 2019a).....	6
Figura 2. Distribución geográfica del psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i> (SENASICA, 2019a).....	7
Figura 3. Municipios donde se encuentra presente <i>Diaphorina citri</i> en el territorio nacional. Elaboración propia con información de Martínez Carrillo, s/a .....	8
Figura 4. Distribución de <i>Diaphorina citri</i> en México (Martínez-Carrillo, s/a).....	9
Figura 5. Principales zonas productoras de cítricos en México. (SENASICA, 2019) .....	9
Figura 6. Adulto de <i>Diaphorina citri</i> (Lozt, 2018) .....	11
Figura 7. Adultos de <i>Diaphorina citri</i> , hembra y macho. Diferencias en tamaño y el ápice del abdomen (García <i>et al.</i> , 2016). .....	12
Figura 8. Especímenes adultos de <i>Diaphorina citri</i> , vista dorsal (arriba) y lateral (abajo) (Cottrell, 2008). .....	12
Figura 9. Huevecillos de <i>Diaphorina citri</i> (OIRSA, 2009a).....	13
Figura 10. Huevecillos de <i>Diaphorina citri</i> (Martínez-Carrillo, s/a) .....	14
Figura 11. Huevos de <i>Diaphorina citri</i> (Hall, 2018a).....	14
Figura 12. Instares ninfales I a V de <i>Diaphorina citri</i> (Hall, 2018b).....	16
Figura 13. Ninfa de <i>Diaphorina citri</i> (Martínez-Carrillo, s/a) .....	17
Figura 14. Instares ninfales de <i>Diaphorina citri</i> , produciendo característicos túbulos cerosos de color blanco (Lewis s/a). .....	17
Figura 15. Morfología de los estados de desarrollo de <i>Diaphorina citri</i> a) hembra ovipositando sobre un brote nuevo. Huevo primer plano, b) Ninfa I. c) Ninfa II. d) Ninfa III. e) Ninfa IV. Nótese que los esbozos alares no sobrepasan los ojos. f) Ninfa V nótese que los esbozos alares sobrepasan los ojos. g) adultos de <i>D. citri</i> . Izquierda hembra, derecha macho. Nótese las diferencias en el ápice del abdomen (García <i>et al.</i> , 2016).....	19
Figura 16. Duración de los diferentes estados de desarrollo de <i>Diaphorina citri</i> sobre limonaria ( <i>Murraya paniculata</i> ) bajo condiciones de invernadero (García <i>et al.</i> , 2016) .....	21
Figura 17. Daño del psílido asiático de los cítricos a terminales de cítricos (Martínez Carrillo, s/a).....	22

Figura 18. Destrucción de arboles infectados por la enfermedad del HLB. (Robles, 2008).....	26
Figura 19. Distribución mundial del <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> (EPPO, 2019c) .	27
Figura 20. Distribución mundial del <i>Candidatus Liberibacter africanus</i> (EPPO, 2019d)	28
Figura 21. Distribución mundial del <i>Candidatus Liberibacter americanus</i> (EPPO, 2019e) .....	28
Figura 22. Notificaciones de la presencia de HLB en las producciones cítricas a nivel mundial. (Argentina.gob.ar.HLB,2018) .....	29
Figura 23. HLB distribución a nivel mundial (Santibañez <i>et al.</i> , 2013) .....	30
Figura 24. Distribución mundial de <i>Candidatus Liberibacter spp.</i> (SENASICA, 2019)..	31
Figura 25. Avance en las detecciones y delimitaciones de los brotes de HLB (Robles, 2008).....	35
Figura 26. Hipótesis de como llegó el HLB a México (Chavarin-Palacio, 2012).....	37
Figura 27. Estatus fitosanitario del Huanglongbing en México 2018. (SENASICA, 2018) .....	38
Figura 28. Adulto del psílido africano de los cítricos <i>Trioza erytreae</i> (Monzó y Tena, 2015).....	40
Figura 29. Agallas o abultamiento en las hojas atacadas por el psílido africano de los cítricos <i>Trioza erytreae</i> (Monzó y Tena, 2015).....	40
Figura 30. Adulto de psílido asiático de los cítricos <i>Diphorina citri</i> (Guarin-Molina, 2010) .....	41
Figura 31. Brotes amarillos y defoliación causada por el enverdecimiento de los cítricos (Bronson y Halbert, s/a).....	42
Figura 32. Los primeros síntomas de moteado verde de los cítricos en naranja dulce (Bronson y Halbert, s/a).....	42
Figura 33. Frutos sano y fruto enfermo. (Chavarin-Palacio, 2012) .....	43
Figura 34. Moteado síntomas característicos en hoja del HLB (Chavarin-Palacio, 2012) .....	43
Figura 35. Zona cítrica en el Estado de Hidalgo (Arroyo-Cruz, 2018).....	46
Figura 36. Fortalecimiento del Tripie (Arroyo-Cruz, 2018). .....	49
Figura 37. Línea del tiempo del HLB en Hidalgo (Arroyo-Cruz, 2018) .....	50

Figura 38. Interacción entre hospedero, patógeno, vector y ambiente para la incidencia del HLB (Santibañez <i>et al.</i> , 2013).....	51
Figura 39. Ciclo de la enfermedad Huanglongbing causada por <i>Candidatus Liberibacter spp.</i> (SENASICA, 2019) .....	52
Figura 40. Adultos y ninfas de <i>Diaphorina citri</i> (INTA, 2018) .....	56
Figura 41. Adultos de <i>Diaphorina citri</i> . (INTA, 2018).....	56
Figura 42. Monitoreo de <i>Diaphorina citri</i> en plantas jóvenes (INTA, 2018).....	58
Figura 43. Metodología de monitoreo visual de brotes (INTA, 2018) .....	59
Figura 44. Ubicación de las trampas adhesivas amarillas según la superficie del lote (INTA, 2018). .....	59
Figura 45. Ubicación de las trampas adhesivas amarillas según la superficie del lote (INTA, 2018). .....	60
Figura 46. Toma de muestras de psílidos (SENASICA, 2016). .....	61
Figura 47. Esquema de muestreo sistemático 3x3 en método “T” simple aplicable a huertos menores de 5 hectáreas (SENASICA, 2016) .....	62
Figura 48. Esquema de muestreo sistemático 3x3 en método “T” doble aplicable en huertos mayores de 5 hectáreas (SENASICA, 2016) .....	63
Figura 49. Esquema de muestreo sistemático 2x2 en método de 4 “T’s” aplicable a Huertos con psílidos positivos. (SENASICA, 2017). .....	63
Figura 50. Transectos de evaluación Norte-Sur, Este-Oeste, con puntos de muestreos a distancias variables, determinadas por disponibilidad de hospedante y detecciones de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal (CESV). (SENASICA, 2019) .....	64
Figura 51. a) <i>Torrubiella spp.</i> Hiperparásito sobre <i>Hirsutella spp.</i> , en <i>Diaphorina citri</i> , b) Sinemas del hongo <i>Hirsutella citrifomis</i> Speare c) Ninfa de <i>D. citri</i> infectada por <i>B. bassiana</i> , d) <i>I. fumosorosea</i> infectando a <i>D. citri</i> , e) Ninfa de <i>D. citri</i> infectada por <i>M. brunneum</i> , f) Adulto de <i>D. citri</i> infectado por <i>B. bassiana</i> (Guzmán-Guizar, 2013). .....	66
Figura 52. a) <i>Torrubiella spp.</i> infectando al psílido asiático de los cítricos <i>Diaphorina citri</i> . b) Sinemas del hongo <i>Hirsutella citrifomis</i> Speare sobre <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama. c) Ninfa de <i>D. citri</i> infectada por <i>B. bassiana</i> en un bioensayo realizado en condiciones de laboratorio. d) <i>I. fumosorosea</i> infectando al psílido asiático de los cítricos <i>D. citri</i> (Casique-Valdés, 2011). .....	67
Figura 53. Enemigos naturales de <i>Diaphorina citri</i> a) <i>Olla v-nigrum</i> , b) <i>Chilocorus cacti</i> , c) <i>Cycloneda sanguínea</i> , d) <i>Nephus sp.</i> (Rodríguez-Palomera, 2012) .....	69

Figura 54. e) <i>Pentilia</i> sp, f) <i>Ceraeochrysa</i> sp, g) <i>Tamarixia radiata</i> h) ninfa de <i>Diaphorina citri</i> infestada por <i>Beauveria bassiana</i> . (Rodríguez-Palomera, 2012). .....	69
Figura 55. a) Ninfas de <i>Diaphorina citri</i> , sanas, b) Ninfas parasitadas (López-Martínez <i>et al.</i> , 2013).....	71
Figura 56. a) Avispa parásita adulta de <i>Tamarixia radiata</i> , b) Hembra <i>T. radiata</i> poniendo un huevo debajo de una ninfa asiática de psílidos cítricos (PAC), c) Huevos de <i>Tamarixia radiata</i> (flechas) colocados en el lado ventral de las ninfas PAC cerca de sus coxas traseras d, e) Larvas de <i>Tamarixia radiata</i> (antes y estadios posteriores, respectivamente) alimentándose del lado ventral de las ninfas PAC, f) Agujeros de salida (flechas) de las avispas parásitas <i>T. radiata</i> , g) momias de ninfas PAC. (Hall <i>et al.</i> , 2012) .....	72
Figura 57. Macho y hembra de <i>Tamarixia radiata</i> (Lewis, M. s/a.) .....	72
Figura 58. Metodología para liberación de <i>Tamarixia radiata</i> (Sánchez-González, s/a) 73	
Figura 59. Ámbitos de acción de la norma NOM-EM-047-FITO-2009 para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB (Salcedo-Baca <i>et al.</i> , 2010) .....	76
Figura 60. Acciones fitosanitarias para delimitar y controlar un foco de infección de HLB (Salcedo-Baca <i>et al.</i> , 2010) .....	76
Figura 61. Esquema de manejo del HLB basado la eliminacion de fuentes de inóculo, control eficiente del PAC y uso de plantas libres de HLB (Velázquez- Monreal <i>et al.</i> , 2013).....	79
Figura 62. Equipo y materiales necesarios en el tratamiento con endoterapia (Lin, 2011). .....	80
Figura 63. Diferentes posiciones en el árbol para seleccionar en el sitio donde aplicar la inyección (Lin, 2011). .....	81
Figura 64. Resultado del tratamiento alternativo con endoterapia (Lin, 2011).....	82

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen de pérdidas potenciales de producción por especie citrícola categorizadas en impacto bajo, medio y alto considerando un ingreso y establecimiento de <i>Candidatus Liberibacter</i> en el territorio mexicano (SENASICA, 2019). .....	34
Cuadro 2. Aparición del psilido asático de los cítricos (PAC) y del Huanglongbing (HLB) en algunos países de América Latina. Elaborado con información de Chavarín-Palacio, 2012 .....	38
Cuadro 3. Superficie sembrada de cítricos en el Estado de Hidalgo (Arroyo-Cruz, 2018) .....	45
Cuadro 4. Control de <i>Diaphorina citri</i> en el Estado del Hidalgo (Arroyo-Cruz, 2018) .....	47

## 1. INTRODUCCIÓN

La citricultura es una de las actividades más importantes en el mundo, debido a la derrama económica que se genera por la comercialización de la fruta y sus derivados. Dentro de los principales países productores de cítricos se encuentran China, Brasil, Estados Unidos, México y España, que se encargan de satisfacer la demanda global de poco más de 65.6 millones de toneladas al año, de las que 38.5 millones se consumen en fresco y el remanente se procesa en la agroindustria. En México, 75% del total de la producción se destina para su venta en el mercado interno, 15% para la industria y 10% para la exportación como fruta, jugo u otros procesados (Holguin-Peña *et al.*, 2012).

El psílido asiático de los cítricos (PAC) evolucionó en India en asociación con una especie de *Murraya*, y fue descrito por primera vez en Taiwán en 1907, de colectas realizadas en cítricos. Actualmente, es un insecto plaga con categoría cuarentenaria y está establecido ampliamente en las zonas cítricas del mundo. *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae antes Psyllidae), es de las plagas más importantes de los cítricos por ser vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus*, la cual causa la enfermedad llamada Huanglongbing; su presencia en México, representa una seria amenaza para 526 mil hectáreas de cítricos (Guzmán-Guizar, 2013). *Diaphorina citri* actualmente está establecida en todas las entidades productoras de cítricos en Centro y Sudamérica, Florida (EUA) y México (Ortega-Arenas *et al.*, 2013). Sin embargo, el mayor peligro del PAC se relaciona con su capacidad para transmitir las bacterias *Candidatus Liberibacter* var. *asiaticus*, *africanus* y *americanus*, agentes causales de la enfermedad

llamada “Huanglongbing” (HLB) o reverdecimiento de los cítricos (Ortega-Arenas *et al.*, 2013).

El Huanglongbing (HLB) se considera la enfermedad más destructiva de los cítricos; su capacidad de diseminación y patogenicidad representa un riesgo alto para la producción citrícola en México y otros lugares del mundo (García-Méndez *et al.*, 2016). El Huanglongbing (HLB) desde su primera detección en la región en 2004 en el Estado de Sao Paulo, Brasil, se ha expandido rápidamente, encontrándose en la actualidad en 12 países de acuerdo a información oficial y encendiendo luces de alerta sobre la sostenibilidad de la citricultura regional. Es así como el desarrollo del sector citrícola durante casi una década ha estado marcado por la presencia de esta enfermedad que ocasiona pérdidas directas en el rendimiento, volumen y valor de la producción con consecuencias económicas, sociales y ambientales (Santibañez *et al.*, 2013).

La citricultura en el estado de Hidalgo presenta 5637 ha de cítricos, en el cual la mayor parte de la superficie sembrada es de naranja dulce *Citrus sinensis*, el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* representa una gran amenaza ya que trasmite la enfermedad de HLB Huanglongbing (Arroyo-Cruz, 2018).

Por lo anteriormente descrito se pensó en conjuntar información sobre este tema, desde cuatro ejes: el psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwuyama, el Huanglongbing (HLB), la situación en el Estado de Hidalgo y finalmente las estrategias para su manejo.

## 1.1 Objetivo

Conjuntar, analizar y estructurar información actualizada y relevante, referente al psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama vector de la enfermedad del Huanglongbing (HLB), así como la situación en el Estado de Hidalgo y el manejo de este importantísimo problema fitosanitario a nivel mundial.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Psílido Asiático de los Cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama

La *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), también conocida como psílido asiático de los cítricos (PAC), es considerada la plaga más importante de los cítricos en el mundo. La alimentación tanto de ninfas como adultos causa distorsión de brotes jóvenes y alteraciones en el crecimiento de los árboles. En caso de una infestación severa, los psílicos pueden matar los nuevos brotes o causar la abscisión de hojas o brotes terminales. Sin embargo, el mayor peligro del PAC se relaciona con la capacidad de transmitir las bacterias *Candidatus Liberibacter* var. *asiaticus*, *africanus*, y *americanus*, agentes causales de la enfermedad llamada "Huanglongbing" (HLB) o reverdecimiento de los cítricos (Ortega-Arenas *et al.*, 2013; Milosavljevic *et al.*, 2017)

#### 2.1.1 Importancia de la plaga

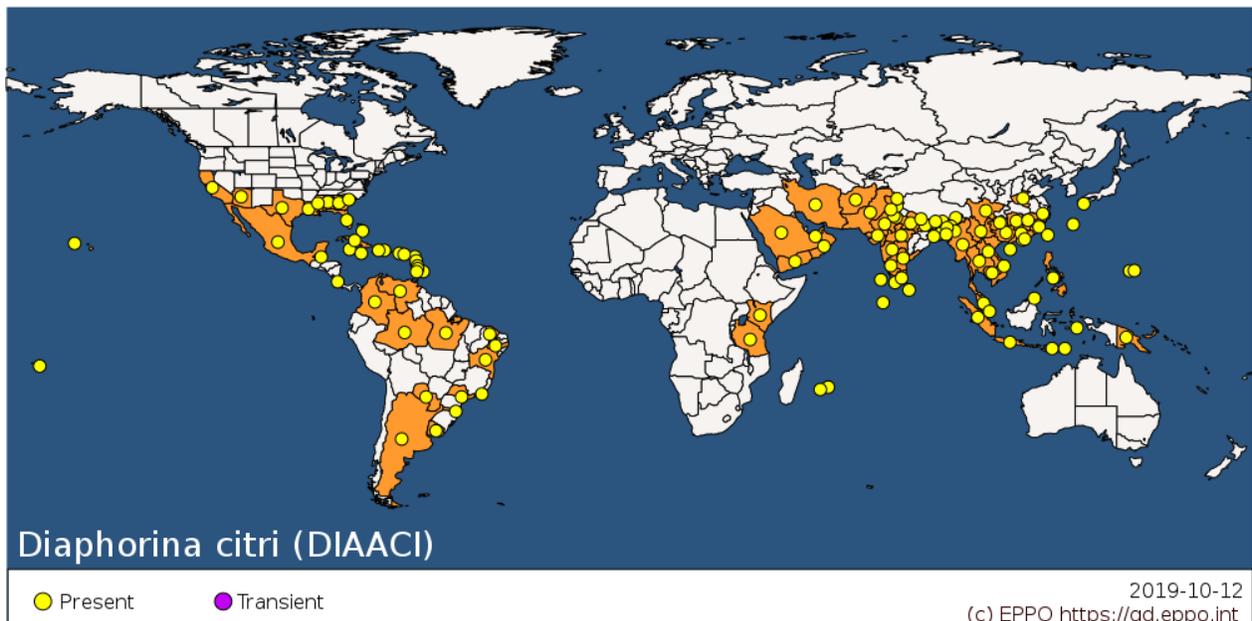
El psílido asiático de los cítricos es una plaga importante a nivel mundial, debido a que es un vector de la enfermedad conocida como HLB. Representa una seria amenaza para México debido a que este país es un productor y exportador de cítricos a nivel mundial (SENASICA, 2016).

Este insecto puede causar daños directos e indirectos. El daño indirecto es el de mayor severidad y relevancia, dado que es vector de *Candidatus Liberibacter* spp. Esta enfermedad es considerada a nivel mundial como la más destructiva que afecta a los

cítricos. Los daños directos causados por el insecto se refieren a la extracción de savia y la producción de mielecilla. La mielecilla se vuelca sobre hojas, favoreciendo el desarrollo de fumagina. En adición, cuando se alimentan inyectan al vegetal toxinas que detienen la elongación terminal y causan malformaciones de hojas y brotes. En infestaciones severas, los brotes nuevos pueden morir. Los árboles adultos pueden ser tolerantes a estos daños debido a que la pérdida de hojas y brotes es tan sólo una pequeña porción del follaje total. En plantas jóvenes los daños pueden ser de mayor relevancia dependiendo de la intensidad de infestación (Moreno-Pérez *et al.*, 2008; COSAVE, 2019).

### 2.1.2 Distribución de *Diaphorina citri* en el mundo

El psílido asiático de los cítricos (PAC) evolucionó en India en asociación con una especie de *Murraya*, y fue descrito por primera vez en Taiwán en 1907, de colectas realizadas en cítricos. Actualmente, es un insecto plaga con categoría cuarentenaria y está establecido ampliamente en las zonas citrícolas del mundo (Figura 1 y 2).



**Figura 1.** Distribución mundial del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (EPPO, 2019a).

Se encuentran en los diferentes países y continentes:

**Asia:** Afganistán, Bangladés, Bután, Camboya, China (Fujian, Guangdong, Guangxi, Guizhou, Hainan, Henan, Hong Kong, Hunan, Jaingxi, Macau, Sichuan, Yunnan, Zhejiang), Timor Oriental, India (Andhra Pradesh, Arunachal Pradesh, Assam, Bihar, Delhi, Guyarat, Haryana, Himachal Pradesh, Punyab, Jammu y Cachemira, Karnataka, Kerala, Lakshadweep, Madhya Pradesh, Maharastra, Manipur, Megalaya, Rajastán, Sikkim, Tamil Nadu, Tripura, Uttar Pradesh, Bengala Occidental), Indonesia (Java, Islas Molucas, Nusa Tenggara Oriental, Sumatra), Irán, Japón (Kyushu, Islas Ryukyu), Laos, Malasia (Malasia Peninsular, Sabah), Maldivas, Birmania, Nepal, Omán, Pakistán, Filipinas, Arabia Saudita, Singapur, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia, Emiratos Árabes Unidos, Vietnam, Yemen.

**América y el Caribe:** Estados Unidos de América (Alabama, Arizona, California, Carolina del Sur, Florida, Georgia, Hawái, Louisiana, Mississippi, Texas), México, Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Belice, Islas Caimán, Costa Rica, Cuba, Dominica, República Dominicana, Guadalupe, Haití, Jamaica, Puerto Rico, Islas Vírgenes de los Estados Unidos, Argentina, Brasil (Amazonas, Bahía, Ceará, Pará, Pernambuco, Río de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo), Colombia, Paraguay, Uruguay, Venezuela.

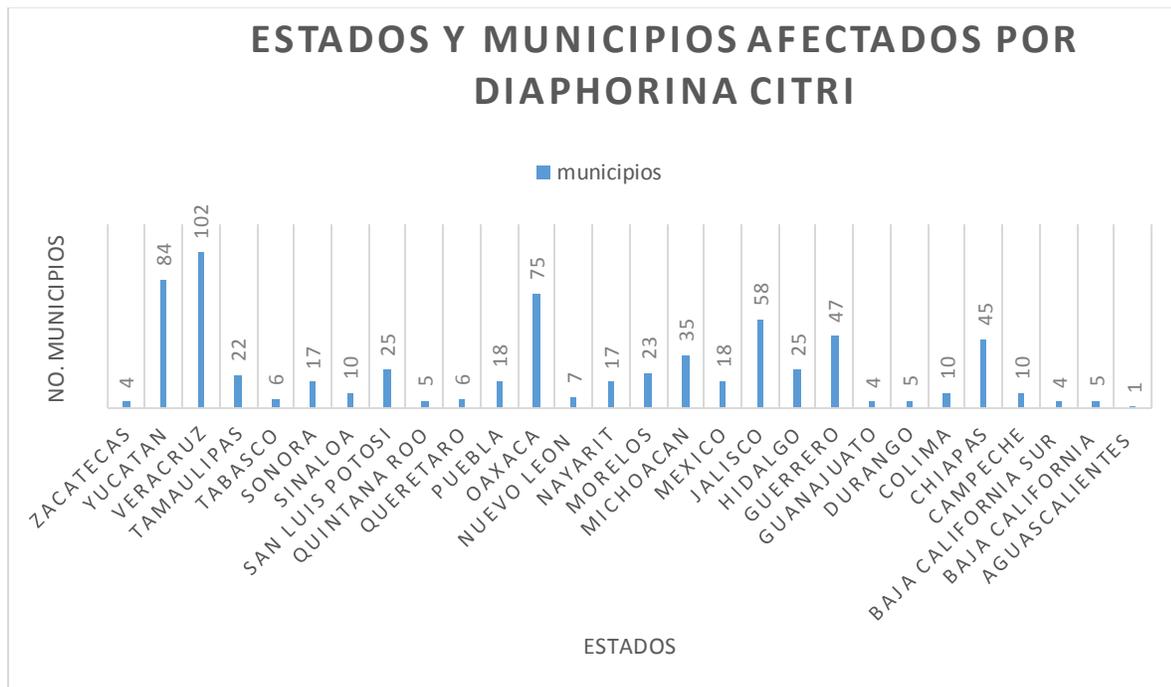
**África:** Kenia, Mauricio, Reunión, Tanzania.

**Oceanía:** Samoa Americana, Guam, Islas Marianas del Norte, Papúa-Nueva Guinea.

(SENASICA, 2016; SENASICA, 2019<sup>a</sup>, Alemán *et al.*, 2007; García *et al.*, 2016).



En la Figura 3, se pueden observar los estados y municipios afectados por *D. citri*. Los datos indican que actualmente se encuentra presente en 688 municipios del territorio nacional.



**Figura 3.** Municipios donde se encuentra presente *Diaphorina citri* en el territorio nacional. Elaboración propia con información de Martínez-Carrillo, s/a

La Figura 4 muestra la distribución de *Diaphorina citri* en México y la Figura 5 la distribución de las principales zonas productoras de cítricos en México.



Figura 4. Distribución de *Diapophorina citri* en México (Martínez-Carrillo, s/a).

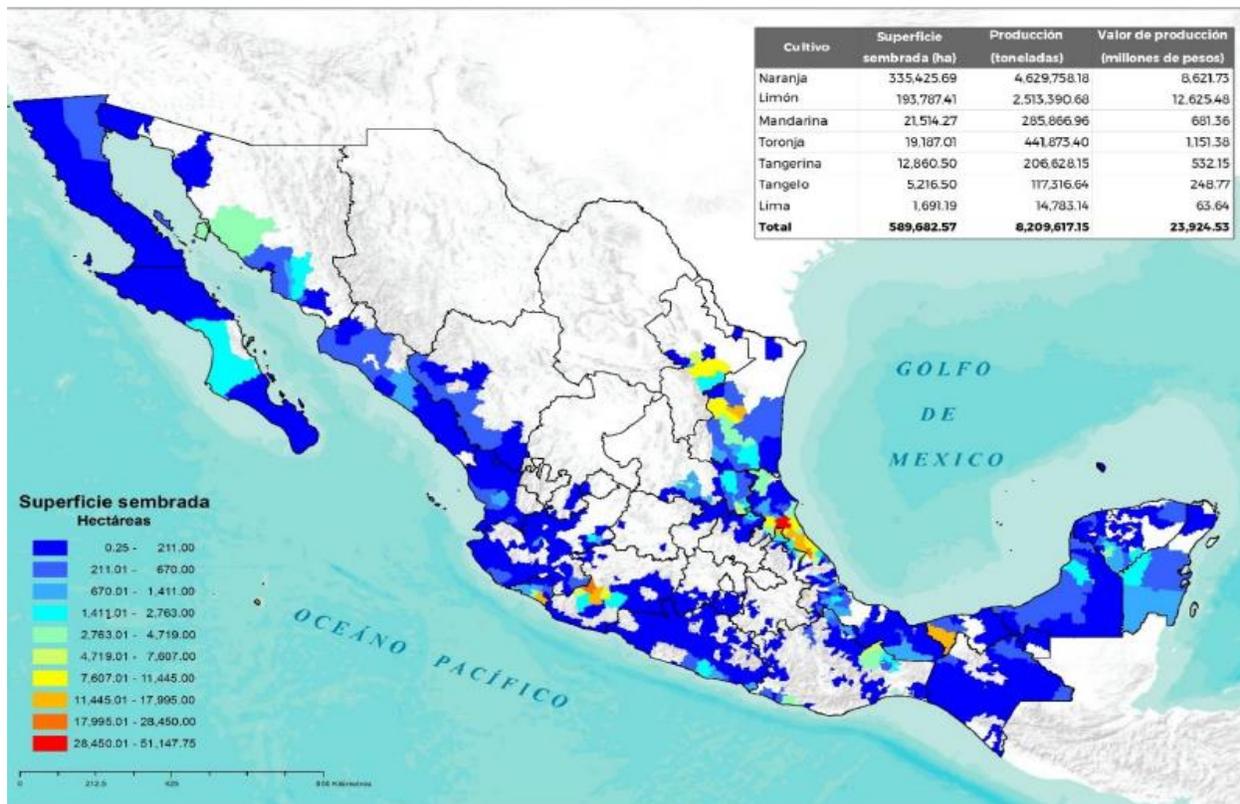


Figura 5. Principales zonas productoras de cítricos en México. (SENASICA, 2019)

### 2.1.4 Ubicación taxonómica del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama

Nombre: *Diaphorina citri* Kuwayama

**Reino:** Animalia

**Phylum:** Arthropoda

**Subphylum:** Hexapoda

**Clase:** Insecta

**Orden:** Hemiptera

**Suborden:** Sternorrhyncha

**Superfamilia:** Psylloidea

**Familia:** Liviidae

**Subfamilia:** Liviinae

**Tribu:** Diaphorinini

**Género:** *Diaphorina*

**Especie:** *Diaphorina citri* Kuwayama

(SENASICA, 2019; COSAVE, 2019; EPPO, 2019b; Ruan, 2015).

### 2.1.5 Descripción de *Diaphorina citri* Kuwayama

Este insecto pasa por cinco instares ninfales, que varían de tamaño después de cada muda. El último instar se caracteriza por presentar los primordios alares de mayor tamaño. Las ninfas son de color amarillo-naranja, sin manchas abdominales, aplanadas dorsoventralmente, con esbozos alares (alas pequeñas en formación) abultados, un par de ojos rojos compuestos y dos antenas de color negro. Presentan filamentos a lo largo del abdomen. Los primordios de las alas son conspicuos; hilos cerosos cortos, pueden estar presentes solo en el ápice del abdomen. Se alimenta de tejidos tiernos y pueden doblar las hojas en desarrollo para protegerse durante el proceso de alimentación. El ciclo ninfal se puede completar en 15 días bajo condiciones adecuadas de temperatura promedio de 28°C. En períodos secos los adultos pueden ser abundantes en tanto que las ninfas están ausentes (SENASICA, 2016).

### 2.1.5.1 Adulto

Se reconoce por la posición de descanso que toma al posarse formando un ángulo de 45 grados. Tienen alas moteadas de color castaño, ojos compuestos de color rojo; antenas pequeñas con una coloración negra en la punta. El adulto recién emergido tiene una coloración blanquecina y en el transcurso de horas cambia a su color definitivo. Miden de 2.24-2.30 mm de longitud y de 0.61-0.65 mm de ancho (Figuras 6, 7 y 8). El dimorfismo sexual se presenta en el ápice del abdomen; la hembra tiene un abdomen finalizado en punta y el macho tiene un abdomen finalizado oval (García *et al.*, 2016; Fonseca *et al.*, 2007; EPPO, 2005).



**Figura 6.** Adulto de *Diaphorina citri* (Lozt, 2018)



**Figura 7.** Adultos de *Diaphorina citri*, hembra y macho. Diferencias en tamaño y el ápice del abdomen. (García *et al.*, 2016).



**Figura 8.** Especímenes adultos de *Diaphorina citri*, vista dorsal (arriba) y lateral (abajo) (Cottrell, 2008).

### 2.1.5.2 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 y se tornan de color naranja con dos puntos rojos que señalan la posición de los ojos de los embriones cuando los huevos están a punto de eclosionar (Figuras 9, 10 y 11). Miden 0.30 (0.28-0.31) mm de longitud y 0.12 (0.11-0.13) mm de ancho, los huevos que no terminan su desarrollo se caracterizan por su apariencia deshidratada (García *et al.*, 2016)



**Figura 9.** Huevecillos de *Diaphorina citri* (OIRSA, 2009a)



**Figura 10.** Huevecillos de *Diaphorina citri* (Martínez-Carrillo, s/a)



**Figura 11.** Huevos de *Diaphorina citri* (Hall, 2018a)

### 2.1.5.3 Ninfa

Instar ninfal 1 (N1). Se caracteriza por no tener esbozos alares (alas en formación), con antenas pequeñas de coloración similar al resto del cuerpo son de color amarillo-anaranjado y tienen los ojos compuestos de color rojo. Las ninfas N1 no son móviles, miden 0.24-0.31 mm de longitud y de 0.10-0.18 mm de ancho, se agrupan debajo de las hojas tiernas donde se alimentan. Secretan abundante cera de color blanco de forma ondulada (García *et al.*, 2016; Augier *et al.*, 2006; EPPO, 2005).

Instar ninfal 2 (N2). Se reconoce por tener esbozos alares apenas en desarrollo, antenas totalmente blanquecinas o con tintes de color negro solo en la punta. Las ninfas N2 son de color amarillo-anaranjado, móviles, con ojos compuestos, de color rojo, miden de 0.47-0.50 mm de longitud y de 0.27-0.30 mm de ancho. Se agrupan en el envés de las hojas tiernas y al igual que las ninfas N1 secretan abundante cera de color blanca y de forma ondulada (García *et al.*, 2016; Augier *et al.*, 2006; EPPO, 2005).

Instar ninfal 3 (N3). La base de los botones alares están presentes por debajo del nivel de los ojos y el margen posterior de éstos no se extiende mas allá del segundo segmento abdominal. Las antenas se tornan negruzcas solo en la parte distal. Los ojos son compuestos, de color rojo. Las ninfas N3 son muy móviles, miden de 0.95-1.00 mm de longitud y de 0.71-0.75 mm de ancho. Secretan cera en menos cantidad que las ninfas N1 y N2 y son de forma esférica (García *et al.*, 2016; Augier *et al.*, 2006; EPPO, 2005).

Instar ninfal 4 (N4). Se reconoce por tener esbozos alares aún 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. La parte media distal de las antenas son frecuentemente negruzcas; con ojos compuestos de color rojo. Las ninfas N4 son bastante móviles, miden de 1.40-1.52 mm de longitud y de 1.09-1.13 mm de ancho (García *et al.*, 2016; Augier *et al.*, 2006; EPPO, 2005).

Instar ninfal 5 (N5). Miden de 1.61-1.66 mm de longitud y de 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 sobrepasando los ojos y posteriormente hasta el cuarto segmento abdominal. Las antenas frecuentemente son negruzcas en su totalidad a excepción del escapo; con ojos compuestos de color rojo. Frecuentemente con un abdomen de coloración verde azul o anaranjado-amarillento; se agrupan en las ramas quedándose ahí hasta la emergencia del adulto (García *et al.*, 2016; Augier *et al.*, 2006; EPPO, 2005). Se ilustran en las Figuras 12, 13, 14, 15 y 16.



**Figura 32.** Instares ninfales I a V de *Diaphorina citri* (Hall, 2018b).



**Figura 13.** Ninfa de *Diaphorina citri* (Martínez-Carrillo, s/a)



**Figura 14.** Instares ninfales de *Diaphorina citri*, produciendo característicos túbulos cerosos de color blanco. (Lewis s/a).

### 2.1.6 Biología y ecología de *Diaphorina citri* Kuwayama

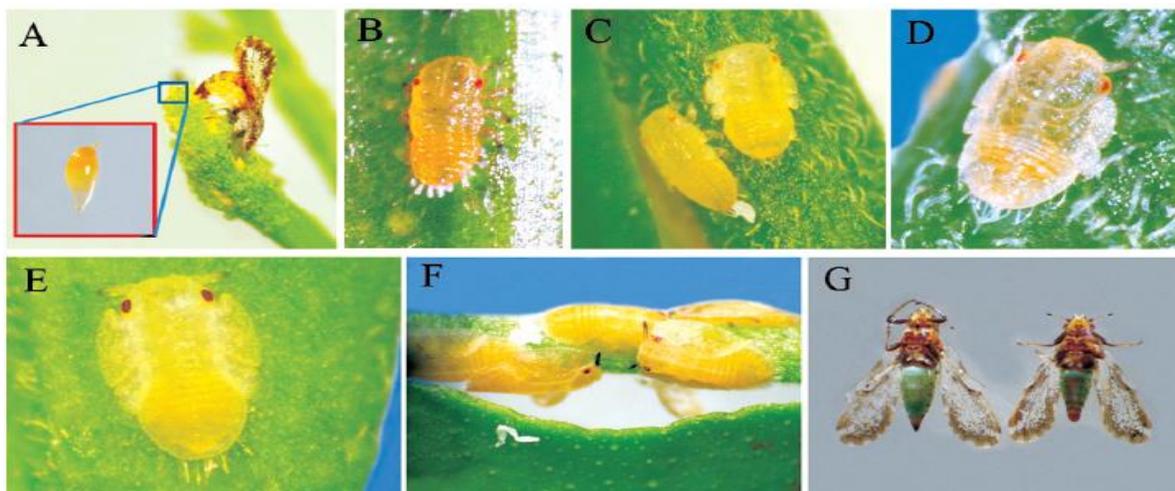
Las hembras de *D. citri* son prolíficas y pueden desarrollarse rápidamente, poniendo hasta 800 huevos por vida, estos huevos son depositados en el tejido joven. Los huevos eclosionan de dos a cuatro días, tienen cinco instares que se completan de 11 a 15 días; un ciclo de vida típico dura un rango de 15 a 47 días dependiendo de las temperaturas. Eclosionan tanto hembras como machos. La hembra *D. citri* requiere múltiples apareamientos a lo largo de su vida para mantener el máximo rendimiento reproductivo. Sin embargo, la ovoposición máxima puede verse limitada por la presencia de múltiples machos. Las hembras comienzan a ovipositar un día después del apareamiento (Halbert y Manjunat, 2004; Grafton-Cardwell *et al.*, 2013; Blransky y Rogers, 2014; EPPO, 2005; Alemán *et al.*, 2007).

Los adultos son débiles voladores y su dispersión a largas distancias es mediante el viento o el hombre. Se ha consignado que psíldos en vuelo pueden ser transportados por el viento a distancias de entre 0.5 a 1 km dependiendo de la velocidad del viento y la duración del vuelo. Son insectos de hábitos diurnos, la cópula, la puesta y otras actividades se realizan durante el día. El encuentro de sexos para la cópula se realiza en parte usando sonidos de vibración en la superficie de reposo. Hay algunas evidencias que indican que las hembras emiten una feromona, la cual no está aún identificada. Tanto machos como hembras copulan varias veces, la longevidad de los adultos es dependiente de la temperatura, se encontró que durante el invierno pueden sobrevivir más de 100 días, mientras que en verano viven aproximadamente 20 días. Alcanzan la madurez reproductiva entre dos y 3 tres de su emergencia (Pérez-Faggiani, 2009).

Las bajas temperaturas provocan alta mortalidad, menor fecundidad y mayor longevidad de las hembras. Los adultos son inactivos a temperaturas menores a 8° C y

no ovipositan a temperaturas menores a 15° C. Esta especie no tolera el frío, sin embargo en Florida (EEUU) se observó que pasó el invierno con temperaturas que alcanzaron los -5° C en algunas noches, plantean que puede sobrevivir en un rango de temperaturas extremas desde 45° C en Arabia Saudita hasta -7° C en China. A pesar de esto, las temperaturas invernales se consideran el factor determinante de la distribución de *D. citri* en China. Los inviernos con bajas temperaturas y con grandes fluctuaciones provocan alta mortalidad en las poblaciones del psílido (Pérez Faggiani, 2009).

*D. citri* es una plaga confinada a las rutáceas, encontrándose en hospedantes silvestres del género *Citrus*, especialmente limones (*C. limón*) y limas (*C. aurantiifolia*), aunque su hospedante preferido es una rutácea ornamental llamada *Murraya paniculata* (Quijano-Carranza, 2013).

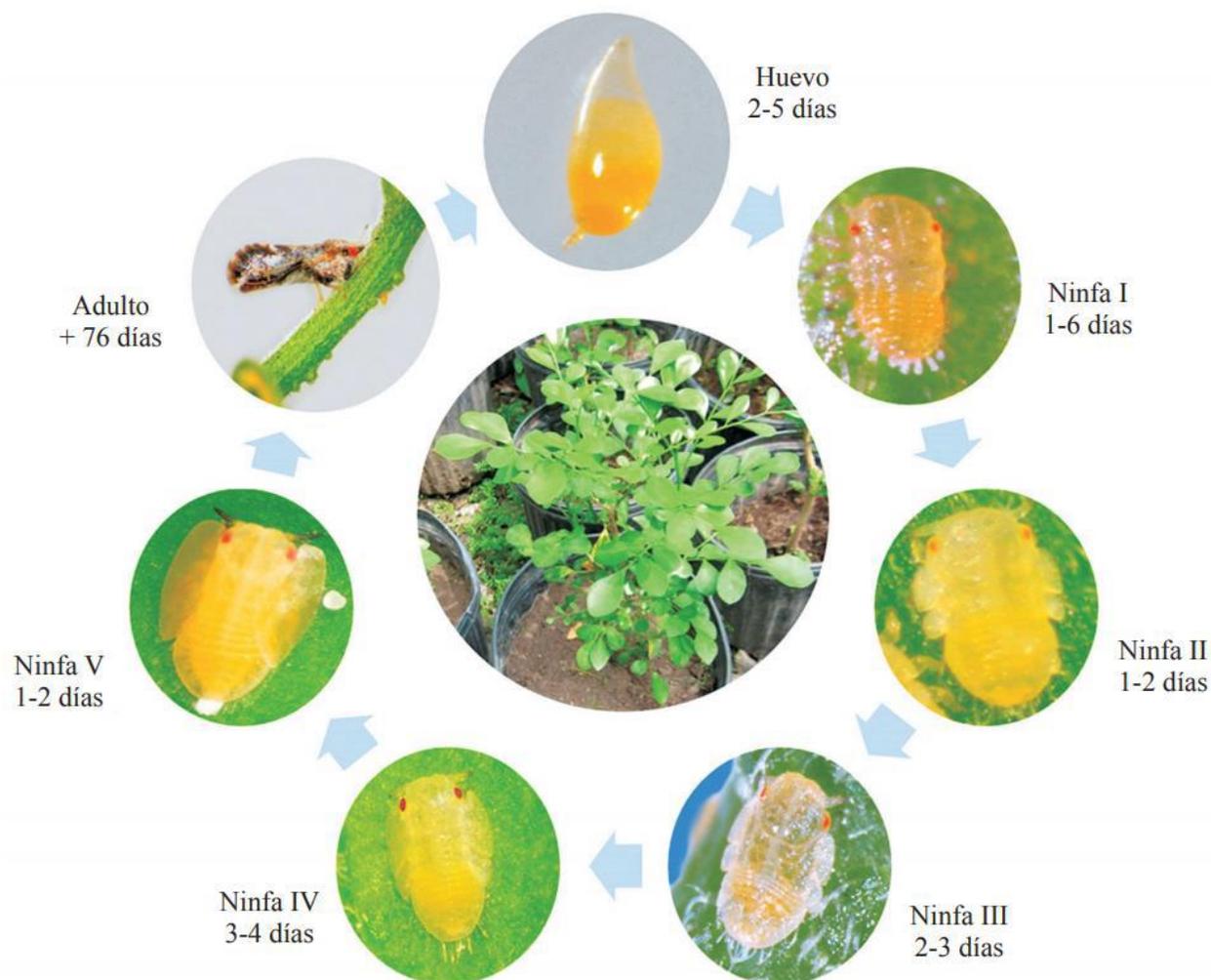


**Figura 15.** Morfología de los estados de desarrollo de *Diaphorina citri* a) hembra opositando sobre un brote nuevo. Huevo primer plano, b) Ninfa I. c) Ninfa II. d) Ninfa III. e) Ninfa IV. Nótese que los esbozos alares no sobrepasan los ojos. f) Ninfa V nótese que los esbozos alares sobrepasan los ojos. g) adultos de *D. citri*. Izquierda hembra, derecha macho. Nótese las diferencias en el ápice del abdomen. (García *et al.*, 2016).

El PAC es un vector eficiente del patógeno causante del HLB, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, en Asia y en las Américas y las altas poblaciones del PAC en las

áreas residentes con HLB han tenido una alta incidencia y dispersión del HLB. El establecimiento del PAC en una región hace su completa erradicación altamente improbable; es por eso que las poblaciones del PAC deben ser mantenidas tan bajas como sea posible para minimizar la dispersión de HLB (Raj-Boina y Bloomquist, 2015).

En el campo, el incremento de las poblaciones del PAC depende de la temperatura y nuevo follaje. Las hembras adultas deben alimentarse sobre nuevo follaje para madurar sus huevos y poner huevos en ramas tiernas y nuevos brotes, los cuales aseguran abastecimiento continuo de un habitat apropiado para el desarrollo de las ninfas en los días subsecuentes. Las temperaturas entre 24 °C y 30 °C son las más favorables tanto para la sobrevivencia de los adultos y su reproducción, como adultos sobreviven de 30 a 50 días y las hembras depositan de 500 a 800 huevecillos a esas temperaturas. La producción de nuevo follaje por otra parte depende de la edad del árbol, condiciones ambientales y variedad del cítrico (Raj-Boina y Bloomquist, 2015).



**Figura 16.** Duración de los diferentes estados de desarrollo de *Diaphorina citri* sobre limonaria (*Murraya paniculata*) bajo condiciones de invernadero (García *et al.*, 2016)

### 2.1.7 Daños de *Diaphorina citri* Kuwayama

El daño que causa *D. citri* es directo, por ninfas y adultos al extraer grandes cantidades de savia en las hojas y peciolo, lo que provoca el debilitamiento de las plantas. El mayor daño consiste en la transmisión de una bacteria gram negativa, *Candidatus Liberibacter*, que provoca la enfermedad Huanglongbing (Moreno-Pérez *et al.*, 2008).

El insecto al alimentarse de la planta es capaz de provocar la defoliación y muerte de ramas; causar daños severos en los puntos de crecimiento de las plantas (brotes) (Figura 17), reducción en el tamaño de la fruta, desarrollo asimétrico, aborto de semilla y falta de jugo. Infestaciones altas de este insecto también originan abundantes secreciones de mielecilla que favorece la presencia y desarrollo del hongo de la fumagina, la cual afecta el vigor de los árboles al interferir el proceso de la fotosíntesis (Quijano-Carranza, 2013).



**Figura 17.** Daño del psílido asiático de los cítricos a terminales de cítricos (Martínez Carrillo, s/a).

## 2.2 Huanglongbing

El Huanglongbing (HLB) es la enfermedad más devastadora para los cítricos a nivel mundial (Halbert y Manjunath, 2004; Bové, 2006). A la fecha, no se conoce cura para los árboles infectados con HLB, los que en poco tiempo se vuelven decadentes e improductivos y finalmente mueren. Se ha reportado la muerte de más de 63 millones de

árboles que estuvieron relacionadas con HLB, principalmente en Asia, Sudáfrica y Brasil (Bové, 2006).

### 2.2.1 Ubicación taxonómica

Nombre: Enfermedad de los brotes amarillos, dragón amarillo, Huanglongbing.

Dominio: Bacteria

Phylum: "Proteobacteria"

Clase: Alphaproteobacteria

Orden: Rhizobiales

Familia: Rhizobiaceae

Género: *Candidatus Liberibacter*

Especie: *Candidatus Liberibacter asiaticus*

*Candidatus Liberibacter africanus*

*Candidatus Liberibacter americanus*

*Candidatus Liberibacter caribbeanus*

(SENASICA, 2019b)

### 2.2.2 Antecedentes del Huanglongbing (HLB)

Los cítricos tienen como centro de origen y diversificación el sudeste de Asia continental (Indochina) y Australasia. La movilización de cítricos a las áreas nuevas se realizó originalmente como semilla, lo cual dio lugar a la dispersión de enfermedades de los cítricos transmitidas por semilla. Cuando los cítricos se movilaron como varetas o material vegetal enraizado, las enfermedades de los cítricos transmisibles por injerto

empezaron a dispersarse en todo el mundo. Los efectos devastadores de algunas de estas enfermedades de los cítricos transmisibles por injerto, como tristeza (VTC), favorecieron el desarrollo de tecnologías para diagnosticar a las plagas responsables de las enfermedades y eliminarlas del material vegetal (NAPPO, 2015).

Estas tecnologías ya están establecidas en varios países y regiones productoras de cítricos, y son unas de las herramientas principales para el manejo de la sanidad de los cítricos. El uso de material propagativo o material de vivero limpio es uno de los medios importantes para prevenir la dispersión del HLB y otras enfermedades transmisibles por injerto. Esto, junto con las encuestas para detectar y eliminar árboles infectados, y la disminución de la población del vector en áreas grandes o amplias, forman la base de los programas regionales de manejo para el HLB y otras enfermedades de los cítricos (NAPPO, 2015).

Esta enfermedad de los cítricos fue detectada por primera vez en Asia (China), a finales del siglo XVIII donde se reportaron severos problemas con una enfermedad descrita como “Muerte Regresiva” de los cítricos. A finales del Siglo XIX, se reportó una enfermedad similar en Assam, India, y en 1912 era considerada serio problema en la provincia de Bombay, la causa de esta enfermedad no era conocida. En 1919, Reinking (1919) describe brevemente un amarillamiento y moteado foliar en el Sur de China. Este autor afirma que los habitantes de esta región de China llamaban a la enfermedad: “Huanglongbing”, que él tradujo erróneamente como “Dragón Amarillo”. Posteriormente, Zhao aclaró que la traducción correcta era “Retoños Amarillos” y no “dragón amarillo”. Liberibacter significa bacteria en el floema (OIRSA, 2009b).

El significado correcto de Huanglongbing es huang (amarillo), long (retoño) y bing (enfermedad), lo que se traduce como “Enfermedad de los Retoños Amarillos”. Esto ha sido confirmado recientemente por estudios históricos-lingüísticos, hechos en el Distrito de Chaosang, Provincia de Guandong, donde la enfermedad fue observada por primera vez en el Siglo XVIII. En 1927, Husain y Nath, describen los síntomas de la enfermedad en cítricos en Punjab y lo atribuyen al ataque masivo de psilidos. En su reporte se menciona las “frutas insípidas” por lo que los expertos no tienen duda que este es el primer reporte del HLB asociado al ataque de psilidos. En la década de 1920, nuevas enfermedades de cítricos, todas con síntomas similares al HLB, fueron reportadas en la mayoría de los países asiáticos. (OIRSA, 2009b)

En 1929, cultivadores de cítricos de Sud-África reportaron esta enfermedad. En el oeste del país llamaron a la enfermedad “Rama Amarilla” mientras que en el este, la llamaron “enverdecimiento” “greening” debido al pobre color desarrollado por la fruta. El nombre de “Greening” fue usado para describir esta enfermedad por influencias de los científicos sudafricanos, pero, el significado del término está asociado a la inversión de color. En 1995, en el Congreso de la Organización Internacional de Virólogos de Cítricos realizado en China, se acordó usar el nombre original de “huanglongbing” como el nombre oficial de la enfermedad (OIRSA, 2009b)

### **2.2.3 Impacto económico en el mundo**

El HLB ha ocasionado la muerte de millones de árboles de cítricos en diversas regiones del mundo en Asia, 53 millones, en África, 10 millones; en Brasil, 10 millones,

en E.U.A, más de 650.000, en Cuba (SD), en Dominicana (SD) y Belice (SD) (Robles, 2008).

En las áreas citrícolas del mundo donde ha aparecido se han tenido que destruir millones de hectáreas, de tal forma que en Asia y África más de 60 millones de árboles tuvieron que ser erradicados. En Brasil, de 2004 a 2008 se eliminaron 2 millones, y en Florida 285 mil árboles fueron removidos por resultar positivos al HLB (Rodríguez y Mendoza, 2014).

En la Figura 18 se observa la destrucción de árboles infectados por el HLB en Florida y Cuba.

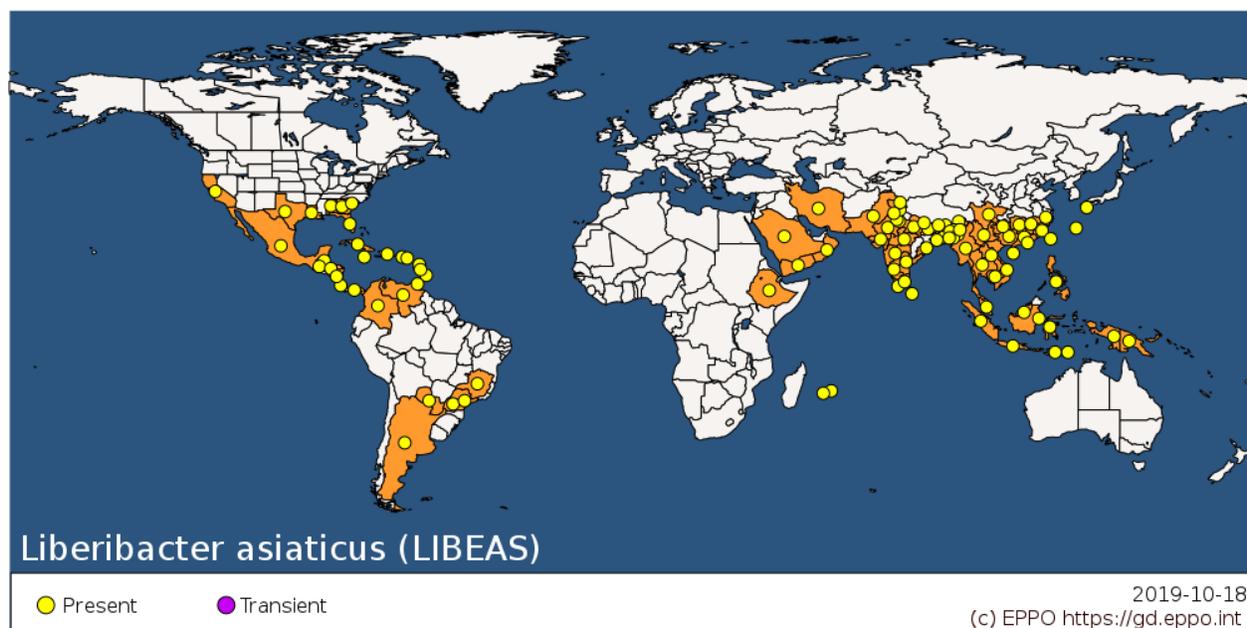


**Figura 18.** Destrucción de árboles infectados por la enfermedad del HLB (Robles, 2008).

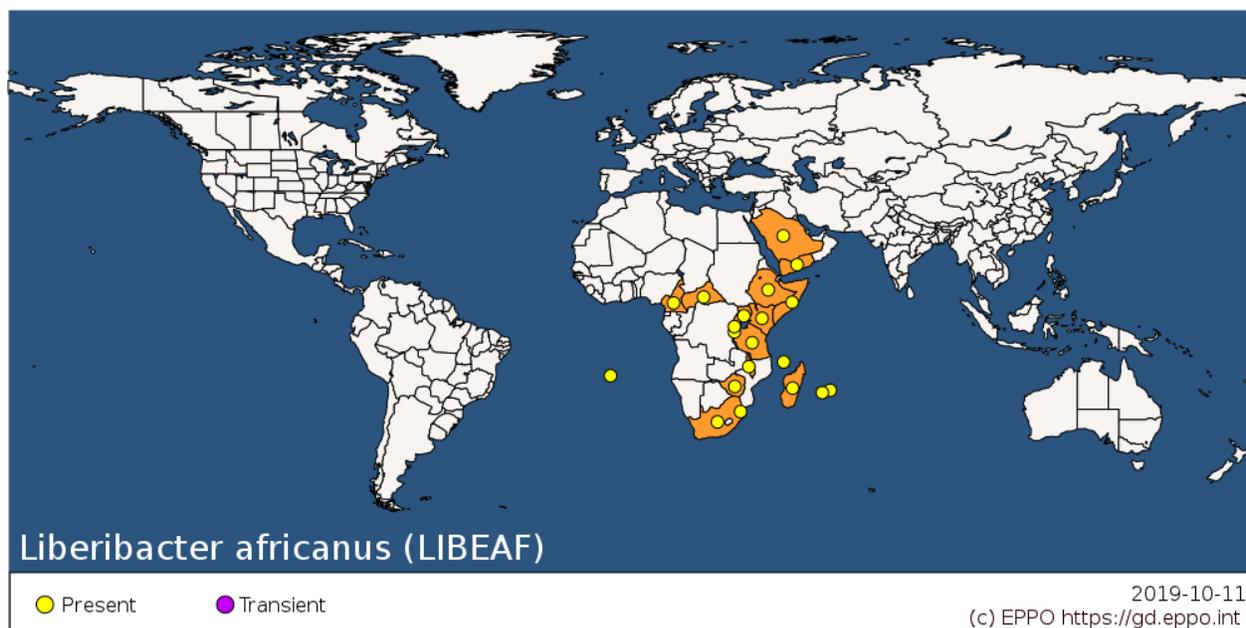
#### **2.2.4 Distribución del HLB en el mundo**

Para 2014 el Huanglongbing (HLB) la enfermedad más destructiva de los cítricos y su insecto vector el psílido asiático de los cítricos (PAC) *Diaphorina citri* Kuwayama, se ha establecido en todas las regiones productoras de cítricos del mundo incluyendo los Estados Unidos de América (EUA) con la excepción de California. (Raj-Boina y Bloomquist, 2015).

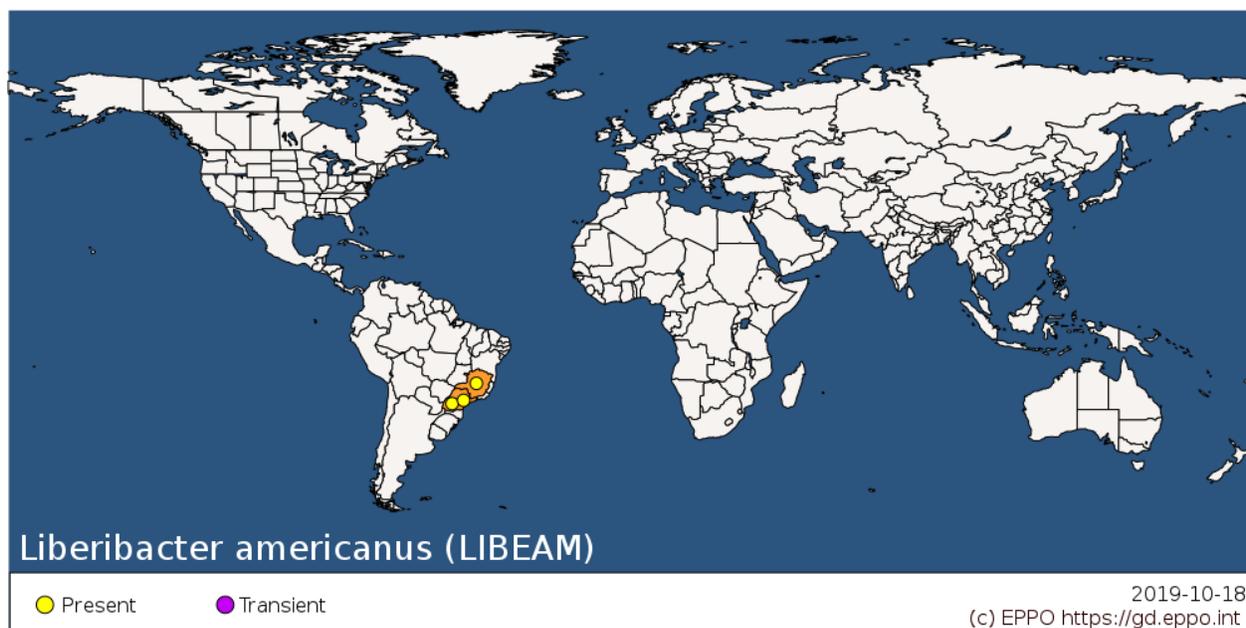
A continuación se presentan los mapas de distribución del HLB *Candidatus* *Liberibacter asiaticus* (Figura 19), *Candidatus* *Liberibacter africanus* (Figura 20), *Candidatus* *Liberibacter americanus* (Figura 21) tomado de EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization, Global Database)



**Figura 19.** Distribución mundial del *Candidatus* *Liberibacter asiaticus* (EPPO, 2019c)

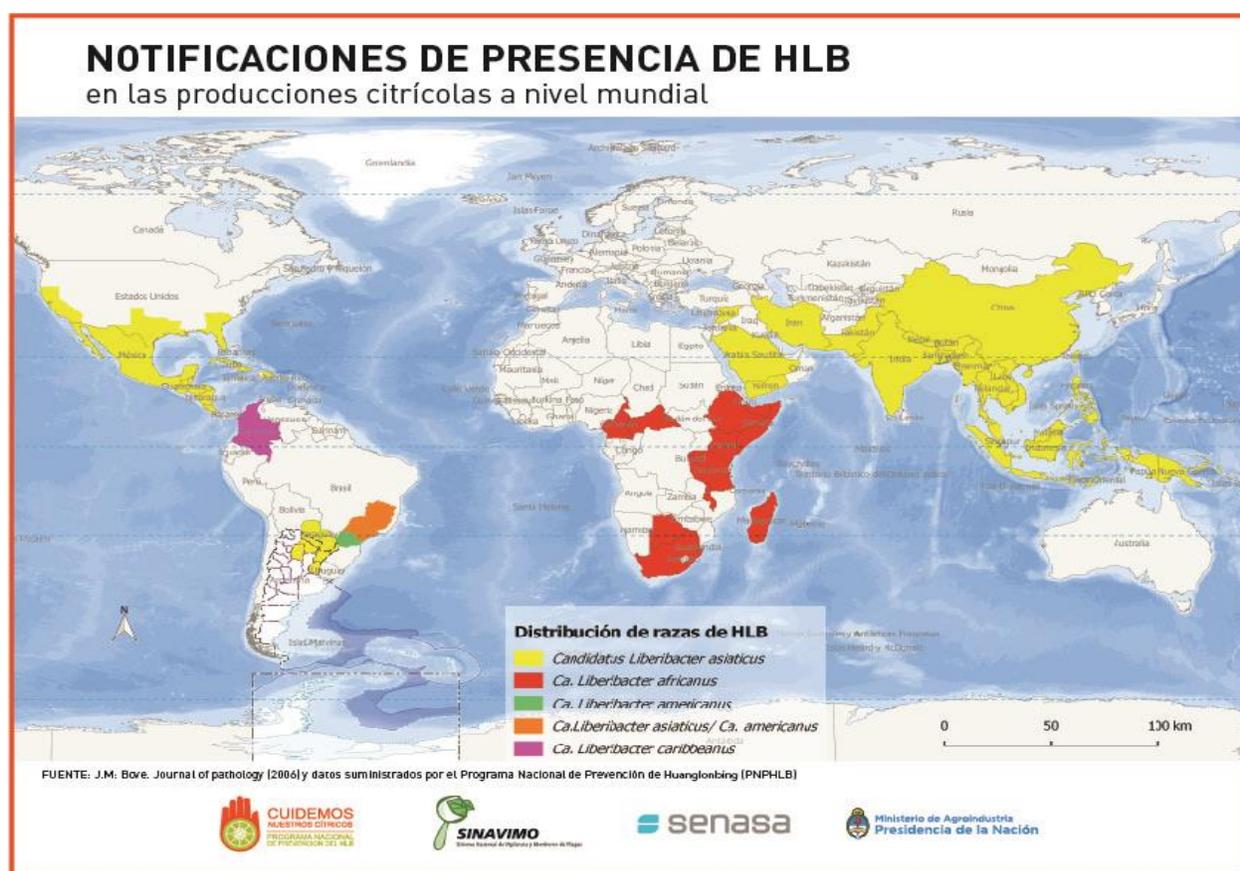


**Figura 20.** Distribución mundial del *Candidatus* *Liberibacter africanus* (EPPO, 2019d)



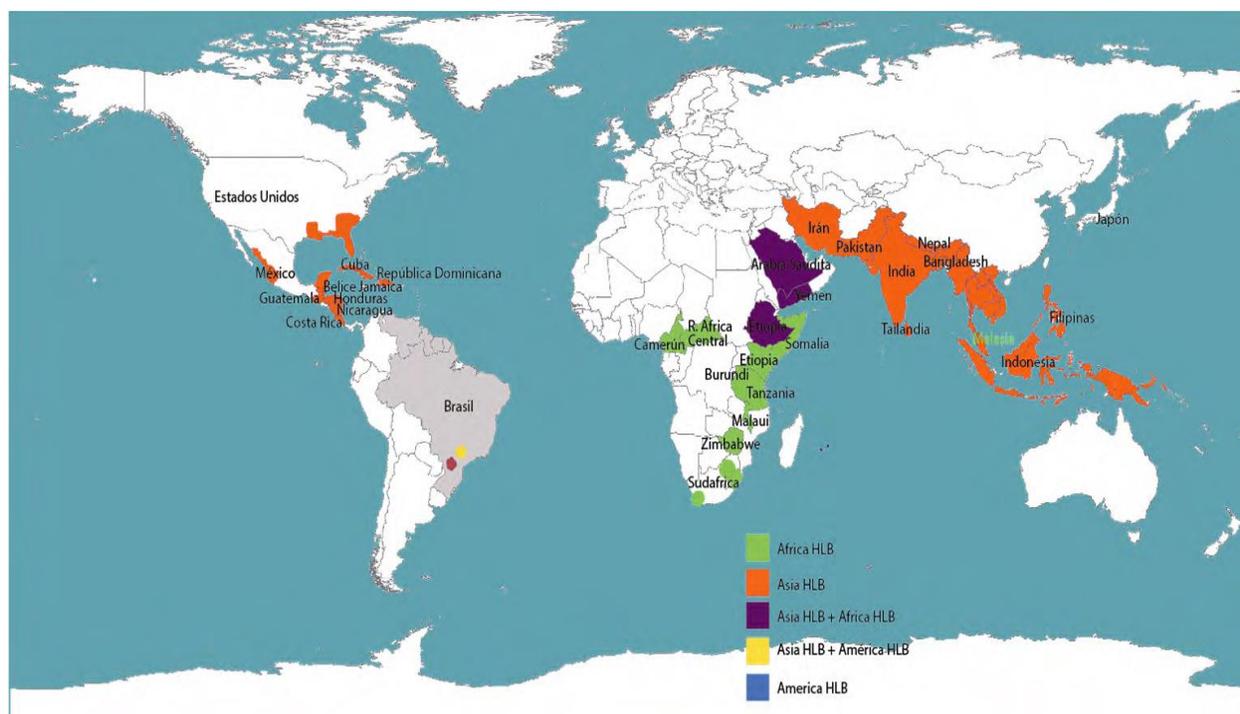
**Figura 21.** Distribución mundial del *Candidatus* *Liberibacter americanus* (EPPO, 2019e)

La Figura 22 muestra las notificaciones de la presencia de HLB en las producciones cítricas a nivel mundial elaborado con datos de Bove, 2006 por el SENASA.



**Figura 22.** Notificaciones de la presencia de HLB en las producciones cítricas a nivel mundial. (Argentina.gov.ar.HLB, 2018)

En la Figura 23 se observa la distribución del HLB del documento marco estratégico para la Gestión Regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe, elaborado por la FAO en 2013.



**Figura 23.** HLB distribución a nivel mundial, (Santibañez *et al.*, 2013)

El HLB se detectó por primera vez en América en 2004, en el Estado de Sao Paulo, Brasil y después en 2005 se confirmó su presencia en Florida, EUA, donde ha tenido efectos devastadores ya que la velocidad de diseminación ha sido vertiginosa y los daños en la producción de fruta son importantes (Ortega-Arenas *et al.*, 2013; Díaz-Padilla *et al.*, 2014; Grafton-Cardwell *et al.*, 2013; López-Collado, *et al.*, 2013; Miranda *et al.*, 2017).

La Figura 24 muestra la distribución mundial del *Candidatus Liberibacter* spp, elaborado por SENASICA , con información de CABI 2018 EPPO 2019.

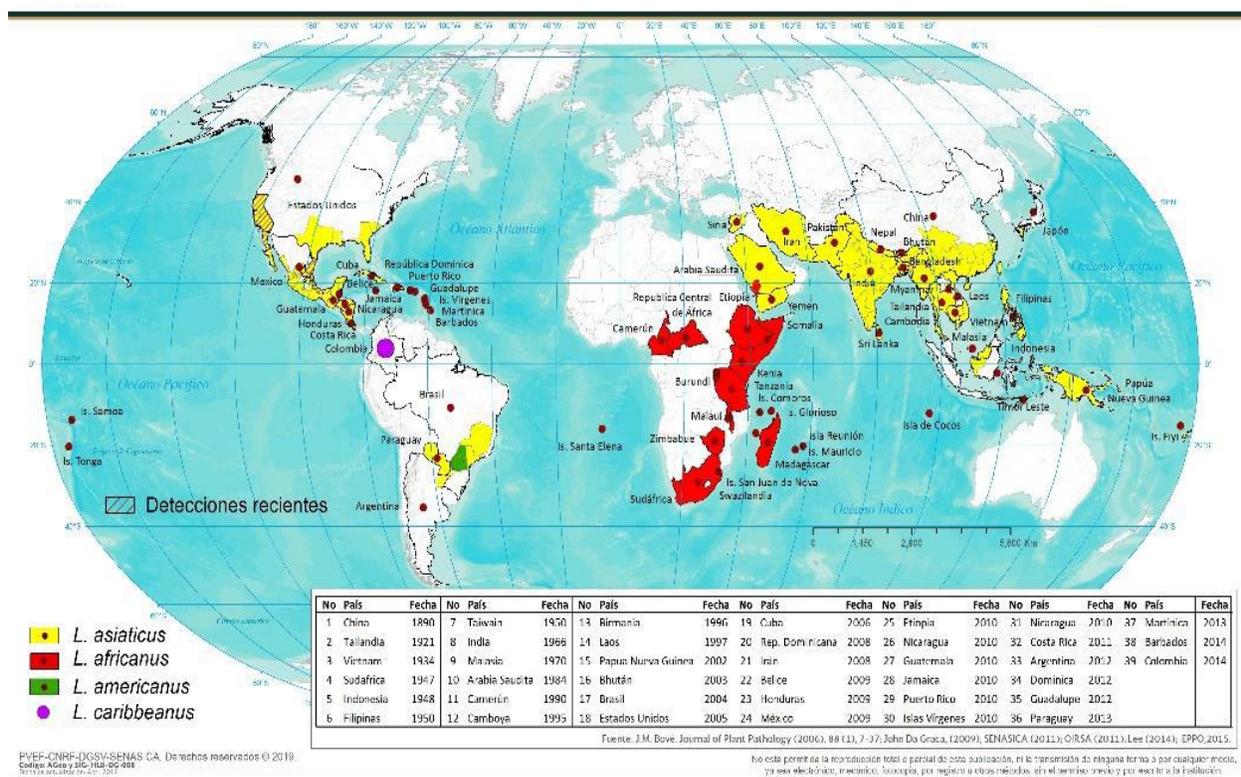


Figura 24. Distribución mundial de *Candidatus Liberibacter* spp. (SENASICA, 2019).

## 2.2.5 Impacto económico en México

El huanglongbing (HLB) se considera la enfermedad más destructiva de los cítricos, su capacidad de diseminación y patogenicidad representa un riesgo alto para la producción citrícola en México y otros lugares del mundo (García-Méndez *et al.*, 2016).

La citricultura en México representa una actividad de importancia económica y social para las regiones en donde se establecen estos cultivos. Sin embargo, la riqueza citrícola

se ve amenazada desde el año 2002 por la presencia de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). La parte más importante del problema es que el psílido de los cítricos (PAC), como comúnmente se le conoce, es vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* causante de la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB) o enverdecimiento de los cítricos, la cual se aloja principalmente en el floema de las plantas hospederas (Ruiz-Galván *et al.*, 2014).

México es líder en la producción de limón, se ubica en segundo lugar a nivel mundial con una producción de 2429839 toneladas, sólo después de la India donde se reporta una producción de 2978000 toneladas; en tercer lugar, se encuentra China con una producción de 2289576 toneladas. México cuenta con una superficie cultivada de limón de 198304 ha, de las cuales 60728 ha se ubican en el Estado de Michoacán. Los Estados de mayor importancia en la producción de limón son Michoacán con 30.67%, Veracruz 24.23%, Oaxaca 10.63% y Colima 9.66%; estos estados en conjunto representan el 75.19% de la superficie sembrada en México (Luna-Cruz *et al.*, 2018)

El impacto económico y social estimado del HLB, a tres años de establecido, en un escenario de alta presencia en México, sería la pérdida de 1.7 millones de toneladas y 112.2 millones de jornales, siendo, más vulnerable el cultivo de la naranja. Respecto a la exportación mexicana de cítricos frescos procesados, implica la reducción en el ingreso de divisas al país de 157 millones de dólares con respecto al año 2008. El limón mexicano también ha sido afectado por esta enfermedad. En abril del 2010, se informó de su presencia en la región productora de este cítrico en Tecomán, Colima, donde el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del estado (CESAVECOL) detectó más de 1200 plantas sintomáticas en 140 huertas comerciales en los municipios de Tecomán, Armenia,

Manzanillo y Coquimatlán, desde los límites con el Estado de Michoacán hasta los del estado de Jalisco, México (Díaz-Padilla *et al.*, 2014; García-Méndez *et al.*, 2016).

La superficie de cítricos en México supera las 532 mil hectáreas, de las cuales 63.74 % corresponde a naranja (*Citrus sinensis*L.) en sus diferentes variedades, 15.8% a limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Chistm). 12.11 % lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) y el resto a mandarinas (*C. reticulata*), tangerinas (*C. tangerina*) y pomelos (*C. paradisi*), éstas producen anualmente 6.57 millones de toneladas de fruta lo que se sitúa al país en el cuarto lugar mundial en producción (Hernández Fuentes *et al.*, 2013; Hernández-Fuentes *et al.*, 2014).

Una de las actividades agrícolas más importantes en México es la citricultura, nuestro país ocupa el cuarto lugar en producción de cítricos a nivel mundial. Se reporta una superficie de 526 mil hectáreas de estos frutales, distribuidas en 23 entidades federativas, con una producción de 6.7 millones de toneladas anuales, y un valor superior a los 8 mil 50 millones de pesos. México tiene el primer lugar en producción de limón mexicano y el segundo en limón persa. En la producción nacional de limón, naranja, mandarina, toronja y lima participan 67 mil familias mexicanas, donde se generan 70 mil empleos directos y 250 mil indirectos (Martínez-Carrillo, s/a).

Las pérdidas económicas que ha ocasionado la enfermedad van desde reducciones en los rendimientos, hasta la pérdida total de la plantación, esto debido a que los árboles infectados por HLB tienen que eliminarse a fin de evitar la diseminación de la bacteria (Ruiz-Galván *et al.*, 2015).

El impacto del HLB en México en un lapso de 5 y 8 años, de seguir presente la enfermedad, se tendrá una pérdida de 3 millones de toneladas de fruta equivalente a 41 % de la producción del país (Ruiz-Galván *et al.*, 2015).

En el Cuadro 1 pueden observarse las pérdidas potenciales de producción por especie de cítricos y por grado de impacto.

**Cuadro 1.** Resumen de pérdidas potenciales de producción por especie citrícola categorizadas en impacto bajo, medio y alto considerando un ingreso y establecimiento de *C. Liberibacter* en el territorio mexicano. (SENASICA, 2019).

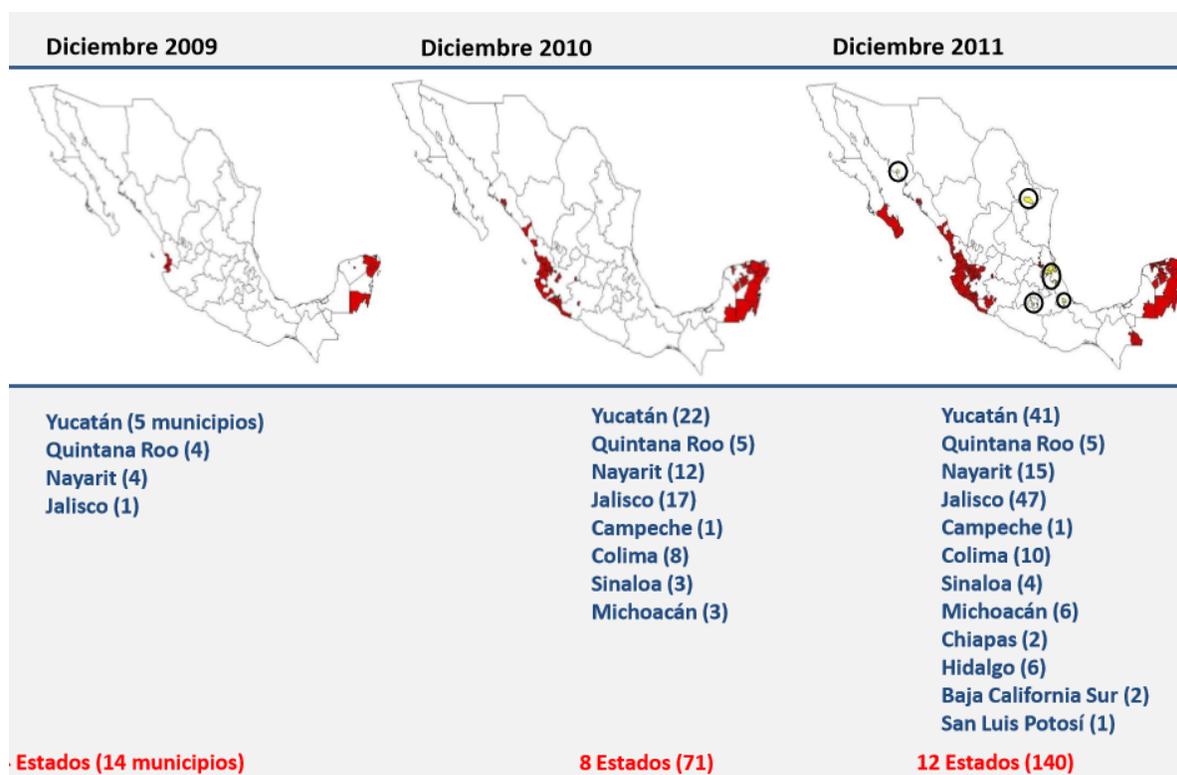
Especie	Producción Nacional (t)	Impacto bajo		Impacto medio		Impacto alto		Producción		
		Pérdida potencial por HLB (t)	Pérdida potencial HLB (%)	Pérdida potencial por HLB (t)	Pérdida potencial HLB (%)	Pérdida potencial por HLB (t)	Pérdida potencial HLB (%)	Valor de la producción (miles de pesos)	Valor de la produc. (%)	Jornales/ t de produc.
Limón mexicano	1,308,354	130,835.4	10.0	183,168	14	230,270.3	17.6	3,385,739.0	33.18	8
Limón persa	834,966	83,496.6	10.0	116,685	14	146,954.0	17.6	1,609,204.0	15.77	9
Limón italiano	87,132	8,713.2	10.0	12,198	14	15,335.2	17.6	136,304.0	1.34	7
Naranja	4,390,326	1,448,807.6	33.0	1,824,065	42	2,313,701.8	52.7	4,340,534.0	42.53	7
Mandarina	200,891	33,147.0	16.5	39,790	21	53,035.2	26.4	204,325.0	2.00	9
Toronja	425,255	140,334.2	33.0	178,208	42	224,109.4	52.7	529,514.0	5.19	6
Total cítricos	7,246,925	1,845,333.9	24.5	2,354,114	32	2,983,406.0	41.1	10,205,620.0	100.0	8

## 2.2.6 Distribución del HLB en México

En la República Mexicana la enfermedad se detectó en junio de 2009 en huertos de traspatio y comerciales en Yucatán; a cinco años de haberse detectado la enfermedad, esta se encuentra distribuida en más de la mitad del área citrícola del país (Figura 25). Actualmente el HLB se encuentra en 203 municipios pertenecientes a 13 de los 23 Estados citrícolas del país, aunque los mayores daños se registraron en huertas comerciales de Colima, Nayarit, Jalisco, Michoacán y Sinaloa; los síntomas asociados a la enfermedad en las plantas son el moteado asimétrico y caída de las hojas, muerte de

ramas y deformación de frutos principalmente (Ruiz-Galván *et al.*, 2015; Sandoval-Reyes *et al.*, 2013; García-Garduza *et al.*, 2013; Hernández-Landa *et al.*, 2018).

De acuerdo con la Campaña Nacional contra el HLB, para septiembre de 2012 se había detectado la presencia de la enfermedad en huertos comerciales y de traspatios de 11 estados: Yucatán (Julio, 2009), Quintana Roo (Agosto, 2009), Nayarit y Jalisco (Diciembre, 2009), Campeche (Marzo, 2010), Colima (Abril, 2010), Sinaloa (Junio, 2010), Michoacán (Diciembre, 2010), Chiapas (Marzo, 2011), Baja California Sur e Hidalgo (Agosto, 2011) (Barrera *et al.*, 2012).

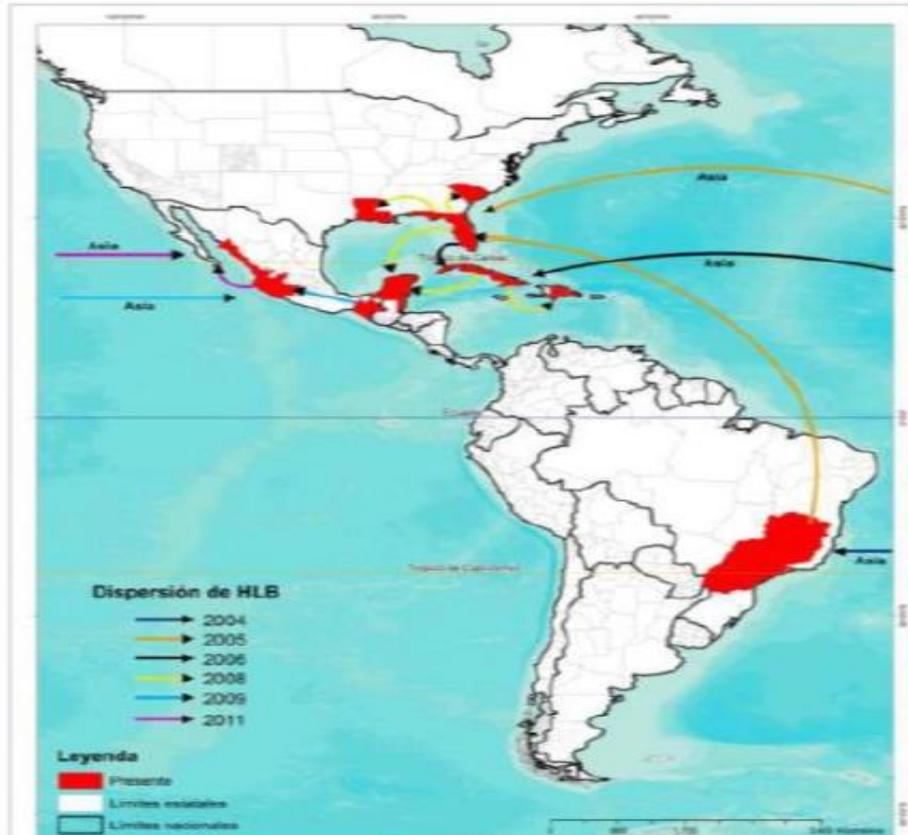


**Figura 25.** Avance en las detecciones y delimitaciones de los brotes de HLB (Robles, 2008).

A nivel nacional, con las acciones implementadas se protegen alrededor de 589758 hectáreas de cítricos, correspondiendo 335426 hectáreas al cultivo de naranja, 193862 hectáreas al de limón, 21514 hectáreas a mandarina, 19187 hectáreas a toronja, 12861 hectáreas a tangerina, 5217 hectáreas a tangelo y 1691 hectáreas al cultivo de lima. En conjunto conforman una producción estimada de 8.2 millones de toneladas, cuyo valor de la producción es de aproximadamente 23924 millones de pesos (SENASICA, 2018)

El HLB se ha detectado en 498 municipios de 24 entidades de México, de los cuales 403 son considerados cítricos, lo que representa el 55% del total de los que cuentan con este cultivo en el país, el resto de los municipios con detecciones solo cuentan con plantas de cítricos con diagnóstico positivo en áreas urbanas. Se estima que la superficie comercial con presencia de la enfermedad es del 16% con relación a la superficie nacional (589,758 hectáreas aproximadamente). Las acciones realizadas para contener la enfermedad se basan principalmente en el control del psílido asiático de los cítricos (SENASICA, 2018).

Se considera que la entrada del Huanglongbing a México tuvo que ver con la entrada del psílidos infectivos provenientes de países como Cuba, República Dominicana, Belice y E.U A. (Florida) lugares de la que ya tenían presencia de la enfermedad y que pudieron ser movilizados (Figura 26) por la ocurrencia de fenómenos meteorológicos como tormenta tropical o huracán (Chavarin Palacio, 2012)



**Figura 26.** Hipótesis de cómo llegó el HLB a México (Chavarín-Palacio, 2012)

El Cuadro 2, muestra la aparición del psilido asiático de los cítricos (PAC) y del Huanglongbing (HLB) en algunos países de América Latina. Y al Figura 27 el estatus fitosanitario del Huanglongbing en México,

**Cuadro 2.** Aparición del Psilido asiático de los cítricos (PAC) y del Huanglongbing (HLB) en algunos países de América Latina. Elaborado con información de Chavarin-Palacio, 2012.

País	PAC año	HLB año
Brasil	1942	2004
EUA	1998	2005
Cuba	1999	2006
Puerto Rico	2001	2008
México	2001	2009
Jamaica	2003	2009



**Figura 27.** Estatus fitosanitario del Huanglongbing en México 2018 (SENASICA, 2018)

### 2.2.7 Vectores que transmiten el HLB

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) es el vector más importante del Huanglongbing (HLB), grave enfermedad de los cítricos (*Citrus* spp.) en el mundo. El psílido es un pequeño insecto volador que se alimenta principalmente de hojas y brotes tiernos de cítricos y otras plantas como la limonaria *Murraya paniculata* (L.), el cual es un arbusto ornamental común en zonas tropicales y subtropicales. La bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CaLas) es el principal agente causal del HLB en América. Las plantas infectadas mueren gradualmente y no existe cura para esta enfermedad (Barrera *et al.*, 2012; Ramírez *et al.*, 2018; Monzó y Tena, 2015).

Se ha comprobado que la enfermedad conocida como Huanglongbing o Enverdecimiento de los cítricos, es transmitida por dos especies de insectos, los psílidos *Diaphorina citri* y *Trioza erytrae*. La presencia de los vectores es necesaria para la rápida dispersión del HLB. Estos insectos vectores (Figuras 28,29 y 30) pueden alimentarse de un gran número de especies algunas de ellas rutáceas ornamentales o silvestres, lo que dificulta su control y hace muy difícil la erradicación de la enfermedad se detecta (OIRSA, 2009<sup>a</sup>; Hall *et al.*, 2012; Afifa *et al.*, 2016; Lou *et al.*, 2015)

*Trioza erytrae* es muy sensible al calor y al clima seco. Lo favorecen el frío (20 – 24°C) y las condiciones que se presentan por arriba de los 500 a los 600 msnm. Los huevos son depositados en la epidermis de las hojas, donde existen las condiciones de humedad necesarias. Las hembras permanecen fértiles de 11 a 16 días en ausencia de machos adultos y su máxima producción de huevos (2000 por hembra) la alcanza entre los 17 a 50 días. A la fecha, este insecto no se ha reportado América Latina y el Caribe

*Diphorina citri*, especie que fue reportada por primera vez en la región en 1942 (Brasil), es más tolerante al calor y al clima seco, desarrollándose óptimamente en temperaturas de 25 a 28 °C. Tiene un periodo de vida corto y una fecundidad alta. Las hembras tienen un periodo de ovoposición de 12 días y son capaces de depositar hasta 800 huevos en el transcurso de su vida. Los huevos eclosionan a los tres días en verano y a los 23 días en invierno. El ciclo completo es de 15 a 47 días, y puede presentar hasta 10 generaciones por año (Santibañez *et al.*, 2013).



**Figura 28.** Adulto del psílido africano de los cítricos *Trioza erytrae* (Monzó y Tena, 2015)



**Figura 29.** Agallas o abultamiento en las hojas atacadas por el psílido africano de los cítricos *Trioza erytrae* (Monzó y Tena, 2015)



**Figura 30.** Adulto de psílido asiático de los cítricos *Diphorina citri* (Guarin-Molina, 2010)

### **2.2.8 Sintomatología del HLB**

La enfermedad se manifiesta de los 6 a los 12 meses después de la infección, presentándose aclaramiento de nervaduras, hojas pequeñas y erectas, moteados difusos (asimétricos) en hojas, brotes amarillos, defoliación, frutos pequeños y deformes, semillas atrofiadas y estériles (SENASICA, s/a b). Puede observarse en las Figuras 31, 32, 33 y 34.

El HLB a menudo se asocia con tres especies de bacterias gramnegativas perteneciente a la Clase Alphaproteobacteria (*Candidatus Liberibacter* spp.), que albergan y se multiplican en los tejidos del floema vegetal, lo que lleva taponamiento de los tubos del tamiz del floema, de las tres especies de *Candidatus Liberibacter*, *CaLas* tiene mayor presencia geográfica, que van desde el continente asiático hasta el continente americano (Raj-Boina y Bloomquist, 2015).



**Figura 31.** Brotes amarillos y defoliación causada por el enverdecimiento de los cítricos (Bronson y Halbert, s/a)



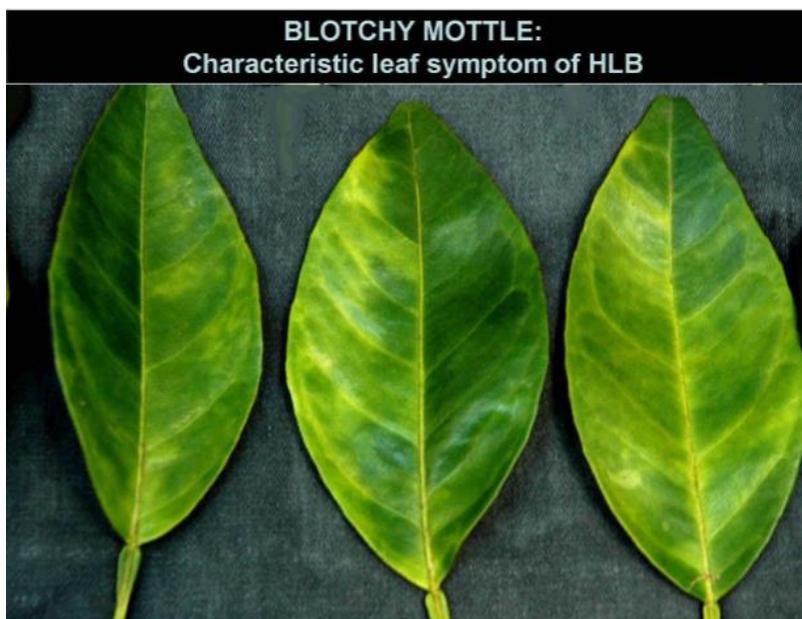
**Figura 32.** Los primeros síntomas de moteado verde de los cítricos en naranja dulce (Bronson y Halbert, s/a)

La coloración de frutos normales termina sobre el pedúnculo del fruto.

En frutos afectados por el HLB, la coloración inicia a partir del pedúnculo.



**Figura 33.** Frutos sano y fruto enfermo. (Chavarin-Palacio, 2012)



**Figura 34.** Moteado síntomas característicos en hoja del HLB (Chavarin-Palacio, 2012)

### **2.2.9 Métodos de diagnóstico del HLB**

El diagnóstico de la enfermedad, requiere de técnicas moleculares; en el pasado, esta bacteria fue extremadamente difícil de detectar y caracterizar. En años recientes, existen pruebas de DNA, microscopía electrónica y pruebas de ELISA que se han desarrollado para mejorar su detección (Casique-Valdés, 2011)

Para el diagnóstico de HLB se han utilizado dos técnicas: reacción en cadena de la polimerasa convencional (PCR) y la PCR en tiempo real (PCR-RT, también conocida como PCR cuantitativa = qPCR) que se basan en el uso de iniciadores de PCR que amplifican las secuencias de ADN de los liberibacters asociados con HLB. Los métodos de PCR convencional emplean iniciadores específicos que amplifican las secuencias de los genes 16s rDNA e iniciadores basados en genes proteínicos (operon B) (NAPPO, 2012).

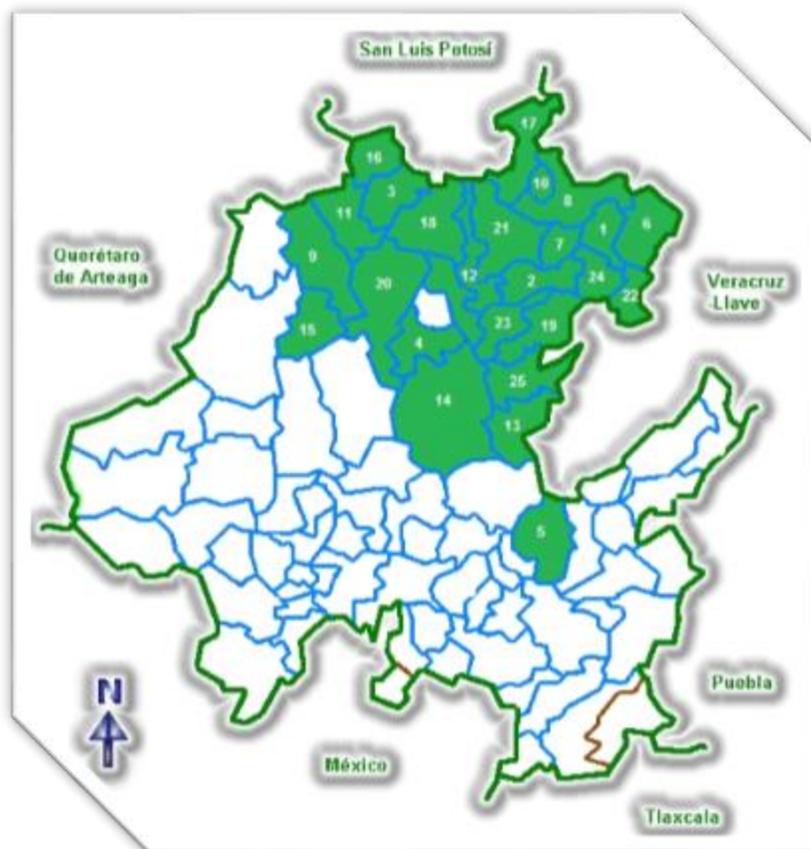
## **2.3 Situación en el Estado de Hidalgo**

### **2.3.1 Importancia de la citricultura en el estado**

El Cuadro 3 muestra la superficie en hectáreas establecidas de cítricos en 24 municipios del estado y la Figura 35 muestra la ubicación de la zona citrícola en el Estado de Hidalgo.

**Cuadro 3.** Superficie sembrada de cítricos en el Estado de Hidalgo (Arroyo-Cruz, 2018)

<b>No.</b>	<b>Municipio</b>	<b>Ha</b>
1	Atlapexco	71
2	Huautla	143
3	Huazalingo	239.5
4	Huejutla de Reyes	1678
5	Jaltocán	347
6	San Felipe Orizatlán	2317
7	Xochiatipan	65
8	Yahualica	101.5
9	Chapulhuacán	157
10	Jacala de Ledezma	31
11	La Misión	15
12	Nicolás Flores	3
13	Pisaflores	48
14	Calnali	29
15	Eloxochitlán	4
16	Lolotla	14
17	Metztitlán	10
18	Molango de Escamilla	15
19	San Agustín Metzquititlán	13
20	Tepehuacán de Guerrero	34.5
21	Tianguistengo	18
22	Tlanchinol	264
23	Xochicoatlán	10
24	Zacualtipán de Ángeles	10
<b>Total</b>		<b>5,637.50</b>



**Figura 35.** Zona citrícola en el Estado de Hidalgo (Arroyo-Cruz, 2018)

### 2.3.2 Distribución de *Diaphorina citri* en el Estado de Hidalgo

El psílido asiático de los cítricos se encuentran en los Municipios de, Zacualtipán de Ángeles, Yahualica, Xochicoatlán, Xochiatipán, Tlanchinol, Tlahuiltepa, Tianguistengo, Tepehuacán de Guerrero, Pisaflores, San Felipe Orizatlán, Nicolás Flores, Molango, La Misión, Metzquitlán, Lolotla, Jaltocán, Jacala de Ledezma, Huejutla de Reyes, Huazalingo, Huautla, Huasca de Ocampo, Eloxochitlán, Chapulhuacán, Calnali, Atlapexco (Martínez-Carrillo, s/a)

### 2.3.3 Distribución del HLB en el Estado de Hidalgo

El HLB en el Estado de Hidalgo es una seria amenaza para los agricultores por que presenta una pérdida económica muy grave, la distribución del HLB en el estado se encuentra en seis municipios donde se han encontrado árboles positivos con la bacteria, los Municipios en los que se encuentra son: Atlapexco, Huautla, Jacala del Ledezma, San. Felipe Orizatlán, Huejutla de Reyes y Zimapán. También se han reportado psíidos infectivos en los siguientes municipios Chapulhuacán, Jaltocán, Pisaflores, Tlanchinol y Yahualica (SENASICA, 2011).

### 2.3.4 Manejo de *Diaphorina citri* en el estado de Hidalgo

La primera aplicación consiste en la aplicación de Thiametoxan + Lambda cyhalotrina a una dosis de 300 ml/ha. La aplicación será realizada por los productores, con equipo de aplicación, manual, aspersoras de motor y parihuelas facilitadas por el CESAVEH, y bajo la coordinación y seguimiento de personal de las presidencias municipales (Arroyo-Cruz, 2018).

En el Cuadro 4 pueden observarse los productos y los costos por hectárea del Control de *Diaphorina citri* en el Estado de Hidalgo.

**Cuadro 4.** Control de *Diaphorina citri* en el Estado de Hidalgo (Arroyo-Cruz, 2018)

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Insecticida/ha/año Entomopatígeno/ha/año				Área (ha)	Total
<b>producto</b>	thiametoxan+lambda cyhalotrina	hongo entomopatogeno							
<b>costo/ha</b>	390	150		540			2000	\$1,080.000	

A continuación se enlistan las acciones fitosanitarias en el Estado de Hidalgo:

1. Muestreo de plantas y del insecto vector (huertos comerciales y traspatios)
2. Exploración para detección de síntomas (huertos comerciales y traspatios)
3. Diagnóstico de muestras vegetales y del insecto vector
4. Capacitación y Divulgación
5. Diagnóstico de muestras vegetales y del insecto vector (Arroyo-Cruz, 2012).

Programa de manejo regional del HLB mediante Áreas Regionales de Control (ARCOs), cuyo objetivo principal es mantener bajas las poblaciones del psílido asiático de los cítricos por tratarse del vector del huanglongbing de los cítricos (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) incluye: control químico y biológico en traspatio, control químico en huertos comerciales y sistema de monitoreo PAC (Arroyo-Cruz, 2012).

### **2.3.5 Manejo del HLB en el Estado de Hidalgo**

Detectar oportunamente la presencia del HLB en las áreas citrícolas en los Municipios de Orizatlán, Jaltocán y Huejutla.

Confinar al HLB en los municipios donde se detecte focos de infección de HLB.

Disminuir las poblaciones del PAC en 2000 has de cítricos, establecidas en los Municipios de Orizatlán, Jaltocán y Huejutla.

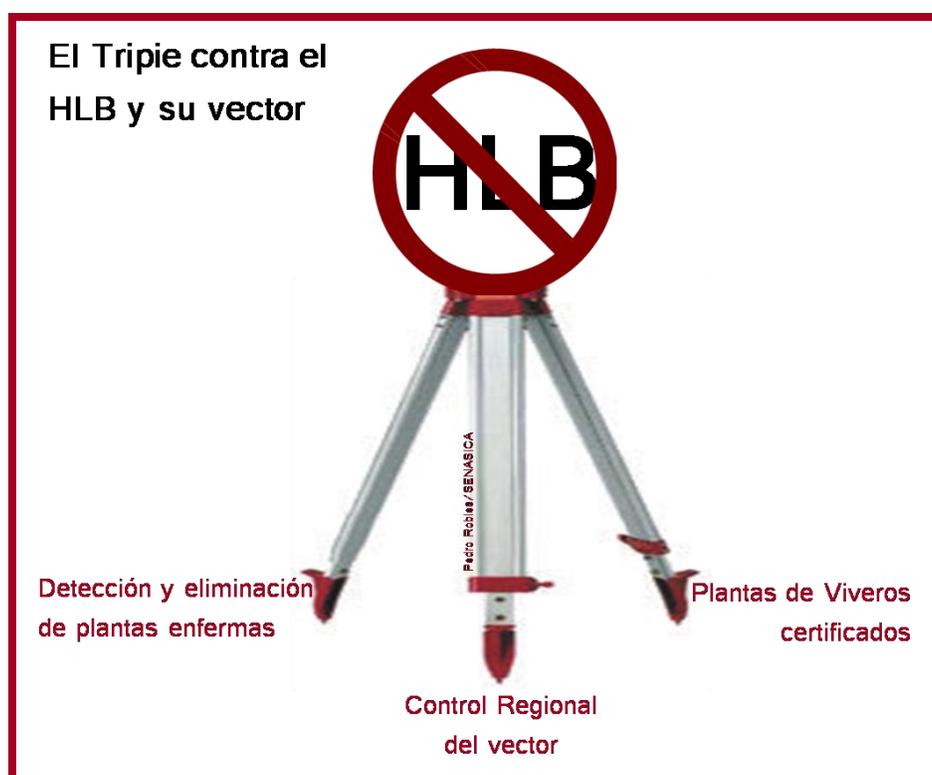
Medir la población del PAC a nivel regional.

Evaluar el impacto de las aplicaciones de control químico y biológico a nivel regional.

Evitar aplicaciones innecesarias, aun cuando hayan sido programadas.

Identificar sub áreas o huertas dentro de las ARCO's en las que se requiera realizar control local positivo (Arroyo-Cruz, 2018).

La Figura 36 muestra los pilares para la estrategia en contra del HLB y su vector en la representación de Pedro Robles de SENASICA.



**Figura 36.** Fortalecimiento del Tripie (Arroyo-Cruz, 2018).

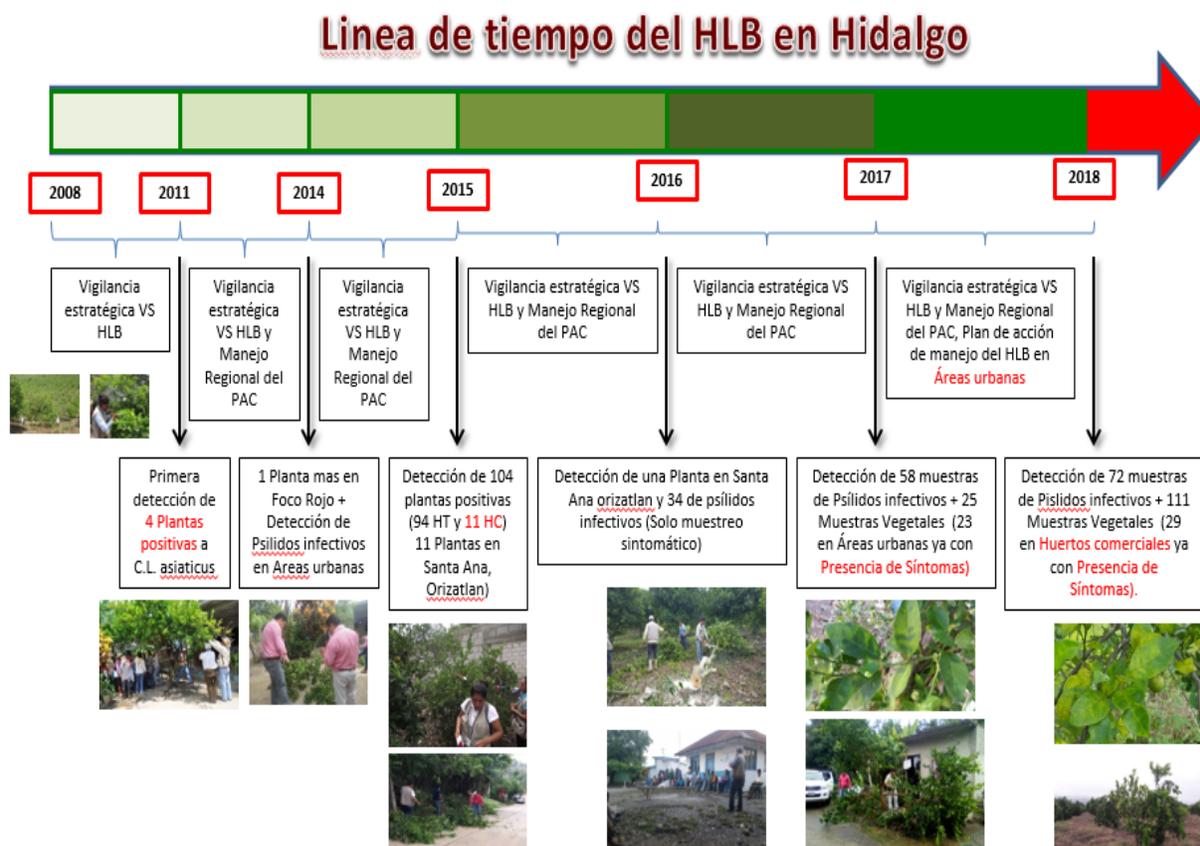
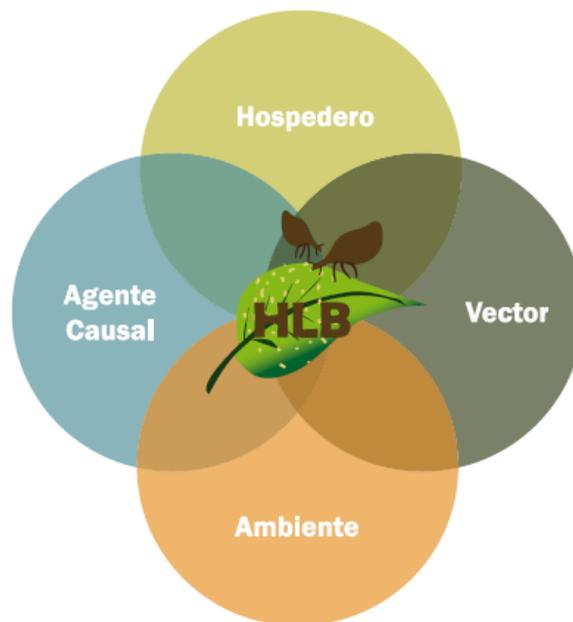


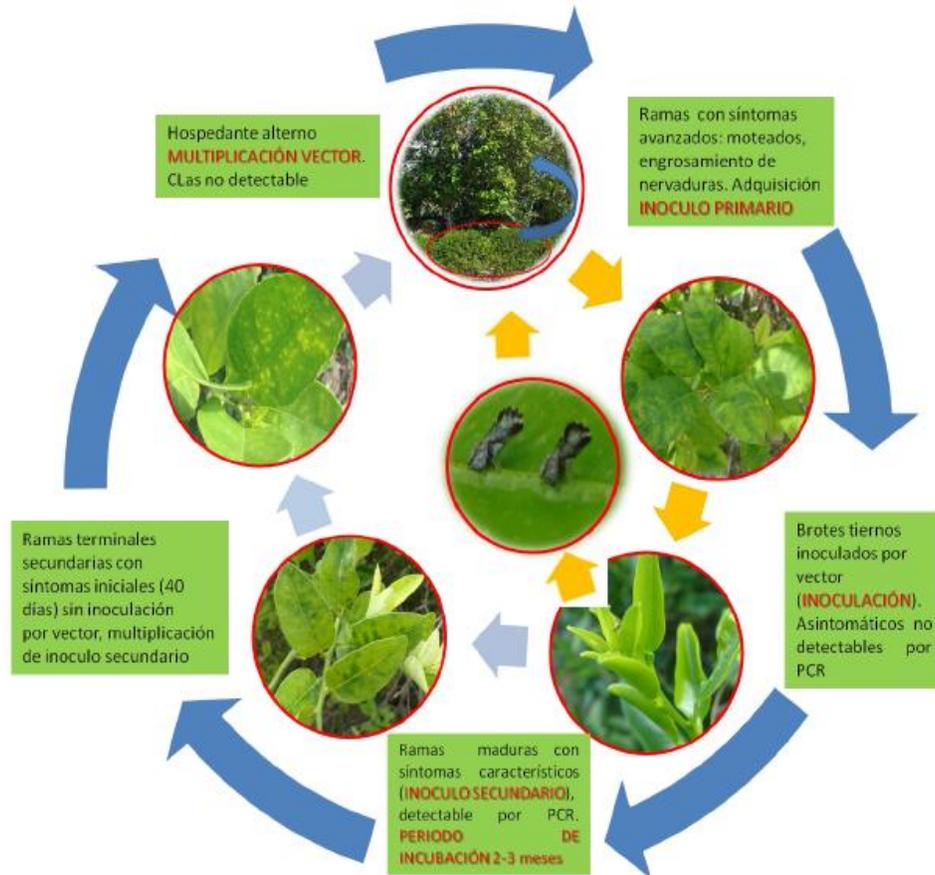
Figura 37. Línea del tiempo del HLB en Hidalgo (Arroyo-Cruz, 2018)

## 2.4 Estrategias de manejo

El manejo del HLB resulta complicado y requiere de una estrategia regional o de áreas grandes o amplias tanto para el patógeno como el vector. Dicha estrategia incluye, entre otros enfoques, el uso de material propagativo y plantar plantas libres de la bacteria, la detección temprana, la eliminación de plantas infectadas y el control del psílido. La disminución de las poblaciones de los vectores que transportan al patógeno, en la mayor medida posible, es una parte importante del manejo integrado de plagas y ayudará a disminuir la dispersión de la enfermedad (NAPPO, 2015).



**Figura 38.** Interacción entre hospedero, patógeno, vector y ambiente para la incidencia del HLB (Santibañez *et al.*, 2013)



**Figura 39.** Ciclo de la enfermedad Huanglongbing causada por *Candidatus Liberibacter* spp. (SENASICA, 2019)

### **2.4.1 Manejo de *Diaphorina citri***

El control del PAC, es más importante en las áreas donde se tiene detectada la enfermedad del HLB. En general el daño del insecto sin que exista la bacteria no es muy importante en árboles en producción, pero puede retardar el desarrollo en árboles jóvenes. Además, al mantener la población de una región a niveles mínimos es más probable que el HLB tenga menor riesgo de dispersión. Los insectos adultos se pueden movilizar a través de las huertas por sus vuelos y los vientos que se presentan en el sistema de producción, es por ello importante establecer un esfuerzo coordinado a nivel regional para reducir sus poblaciones en un período corto de tiempo.

Las actividades de control deben estar basadas en un manejo integrado de plagas, y considerar las diferentes tácticas de control cuando sean apropiadas: control biológico, control químico, control legal, prácticas culturales, control genético biotecnología, métodos etológicos: feromonas, trampas amarillas (SENASICA, 2016; Restrepo-García y Soto-Giraldo, 2017).

Se implementará esta actividad en las ARCOs para conocer la fluctuación poblacional del insecto durante el año, además permitirá identificar huertas en donde se está incrementando la población del vector, para proceder con el control de dichos brotes en beneficio de toda la superficie bajo ARCOs. El número de sitios de monitoreo, dentro y fuera de las ARCOs se mantendrá conforme a lo establecido en 2017 a fin de generar información histórica, considerando solo los sitios localizados en los municipios con prioridad de atención (manejo del riesgo al 70%) (SENAISCA, 2018).

Las Áreas Regionales de Control (ARCOs), cuyo objetivo principal es mantener bajas las poblaciones del psílido asiático de los cítricos por tratarse del vector del Huanglongbing de los cítricos *Candidatus Liberibacter asiaticus*. También se buscará la sensibilización de los productores para hacerles partícipes de las actividades de control del Huanglongbing (HLB) y su vector, así como a la vigilancia epidemiológica dirigida a sitios sin detecciones de la enfermedad (SENASICA, 2018)

Los Estados bajo campaña son los siguientes: Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (SENASICA, 2018).

En los 24 Estados con campaña la acción más importante a realizar por parte de los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal (OASV) será la operación de las ARCOs, con el objetivo de llevar a cabo el control químico y/o biológico en áreas amplias y compactas. El control regional se realizará en los momentos idóneos considerando las principales épocas de brotación de los cítricos, para mantener las poblaciones del insecto lo más bajas posibles e inducir a la participación coordinada de los productores en esta actividad, y con ello, disminuir la diseminación de la bacteria entre plantas, entre huertas y entre regiones citrícolas. En caso de que los productores opten por alternativas de manejo de sus huertas para alargar la vida útil de las plantaciones afectadas por HLB, el control regional del insecto contribuirá a retardar los efectos de la enfermedad en las huertas y mitigar el riesgo de diseminación de la enfermedad hacia otras zonas (SENASICA, 2018).

Para definir la localización de las ARCOs en los 24 estados citrícolas, se consideraron criterios epidemiológicos como abundancia y susceptibilidad de los hospedantes, cantidad y distancia entre focos de infección, carga de inóculo de los vectores detectados con anterioridad y dirección del viento, entre otros; lo que permitió determinar con mayor precisión aquellas áreas con proclividad de formación de focos epidémicos. Adicionalmente, se trabajará con la sensibilización de los productores para inducirlos a que participen y adopten la tecnología implementada para el manejo de la enfermedad (SENASICA, 2018).

Asimismo, si los productores pertenecientes a las ARCOs optan por utilizar un insecticida diferente al proporcionado por la campaña, se les deberá asesorar para que con recursos propios adquieran el producto que consideren más conveniente y el OASV apoyará con la organización para el control regional (SENASICA, 2018).

Los OASV impartirán talleres participativos para la organización e implementación de ARCOs autónomas en donde los productores citrícolas aportarán con recursos propios los insumos para el control regional de PAC, mismas en las que se aplicará la estrategia oficial vigente (SENASICA, 2018).

Se utilizarán trampas (con base a la normativa vigente) colocadas en el tercio superior de las plantas, cuando la altura de estas lo permita, seleccionando los árboles de la periferia de las huertas evitando que sean cubiertas por barreras naturales, de acuerdo al Manual Operativo de la campaña contra el Huanglongbing de los cítricos. Las trampas serán revisadas cada 14 días por los técnicos de los OASV y los datos serán ingresados en el Sistema de Monitoreo de *Diaphorina* (SIMDIA) a través de teléfonos inteligentes (SENASICA, 2018)

### 2.4.1.1 Monitoreo de *Diaphorina citri*

Para detectar la presencia de *D. citri* (en estado de ninfa o adulto) se deberán realizar inspecciones visuales en plantas, prestando mayor atención a los brotes, con una frecuencia quincenal, pudiendo observar ninfas y adultos, Si el lote tiene plantas de diferentes edades, iniciar el monitoreo en plantas jóvenes y luego las adultas. En los restantes meses del año, se deberán realizar inspecciones con una frecuencia mensual, pudiéndose observar adultos en hojas internas y maduras (INTA, 2018).



**Figura 40.** Adultos y ninfas de *Diaphorina citri* (INTA, 2018)



**Figura 41.** Adultos de *Diaphorina citri*. (INTA, 2018).

El muestreo de *D. citri* puede realizarse para huevos y ninfas en brotes jóvenes y para adultos en brotes tiernos, follaje maduro (Figuras 40 y 41) o con el uso de trampas

pegajosas amarillas. Adultos capturados en trampas amarillas puede sugerir una actividad de vuelo, la cual en ocasiones es más importante para los machos sugieren que tal actividad se debe a migraciones cortas de estos adultos en búsqueda de áreas soleadas. Las ninfas y adultos presentan una distribución agregada a nivel de árbol y los estados inmaduros se les encuentran en mayor número en el lado sureste del árbol, estos autores observaron también hasta cinco veces más ninfas por brote en árboles más jóvenes comparados con árboles de mayor edad. Lo anterior se debe a una mayor emisión de brotes en los árboles jóvenes lo cual los hace más atractivos para ovipositar en estos árboles. Existe una distribución agregada para huevos, ninfas y adultos de *D. citri*. Para determinar la densidad promedio de huevos y adultos en un nivel aceptable para decisiones de manejo, se sugiere muestrear ocho brotes para huevos y cuatro para adultos en cada árbol, considerando un mínimo de 10 árboles por muestra (Hernández-Fuentes *et al.*, 2014).

Se observarán los brotes (uno en cada punto cardinal N-S-E-O) de dos plantas cada 100 metros a uno u otro lado correspondiente a la ubicación de las trampas adhesivas amarillas ubicadas en la periferia del lote productivo. Se entiende por lote productivo a aquellos cuadros de plantación que posean alguna de las siguientes características:

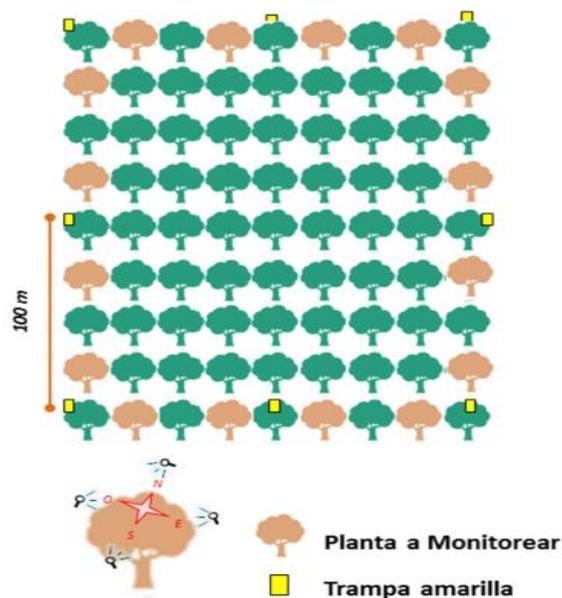
1. Cuadro de plantación homogéneo.
2. El lote se formará por una o más de una especie determinada, por ejemplo:  
Limón, pomelo, naranjo, etc.
3. El lote se formará por una variedad comercial.
4. El lote se formará en su mayoría por plantas de una misma edad.

No debe tenerse en cuenta el tamaño de la plantación en la definición de “lote homogéneo”, solamente se considerará el tamaño por cuestiones operativas al monitoreo, por ejemplo delimitaciones físicas por cortinas perimetrales, caminos. Estos monitoreos deberán registrarse en la “Planilla de registro de monitoreo y control de *Diaphorina citri*”. El número de plantas observadas dependerá de la superficie del lote. (INTA, 2018).



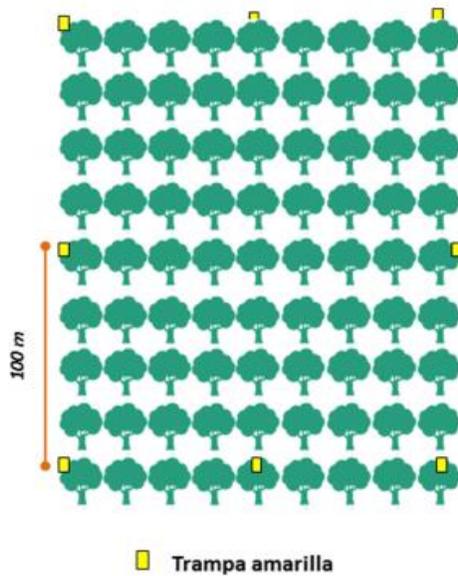
**Figura 42.** Monitoreo de *Diaphorina citri* en plantas jóvenes (INTA, 2018).

### Monitoreo de *Diaphorina citri* en Brotes

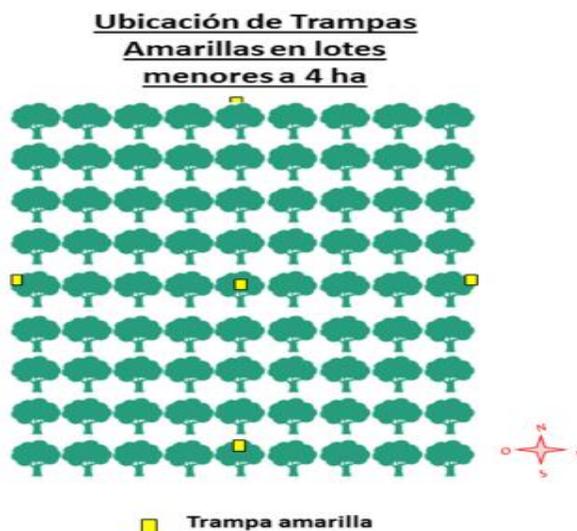


**Figura 43.** Metodología de monitoreo visual de brotes (INTA, 2018)

### Ubicación de Trampas Amarillas en lotes mayores a 4 ha



**Figura 44.** Ubicación de las trampas adhesivas amarillas según la superficie del lote (INTA, 2018).



**Figura 45.** Ubicación de las trampas adhesivas amarillas según la superficie del lote (INTA, 2018).

Esta actividad debe realizarse en forma semanal o bisemanal cuando existan brotaciones en la plantación. El muestreo para la toma de decisiones en el control del PAC debe ser rápido y eficiente. Investigadores de Florida recomiendan la metodología de desplazamiento de insectos a una hoja blanca con cuadrícula mediante tres sacudidas en las ramas del árbol. Los adultos son prioritarios debido a que pueden diseminar la enfermedad. Se sugiere que por cada huerta se obtengan 100 muestras. Para estimar la población de inmaduros se observan 10 brotes y se cuantifica si están o no infestados independientemente del estado de desarrollo del insecto. Si en los 10 árboles no se alcanzan los 10 brotes continuar hasta llegar a un máximo de 20 árboles, anotando el número de árboles que se requieren para obtener las 10 muestras. Con estos datos se puede inferir cual es el estado de la producción de brotes en la huerta. Mantener una base de datos para la toma de decisiones en el control de esta plaga (SENASICA, 2016).

El muestreo del psílido en huertos comerciales se colecta una muestra de psílidos adultos por huerto comercial en zonas cítricas sin presencia de HLB para detectar si son portadores de la bacteria (Figura 46).



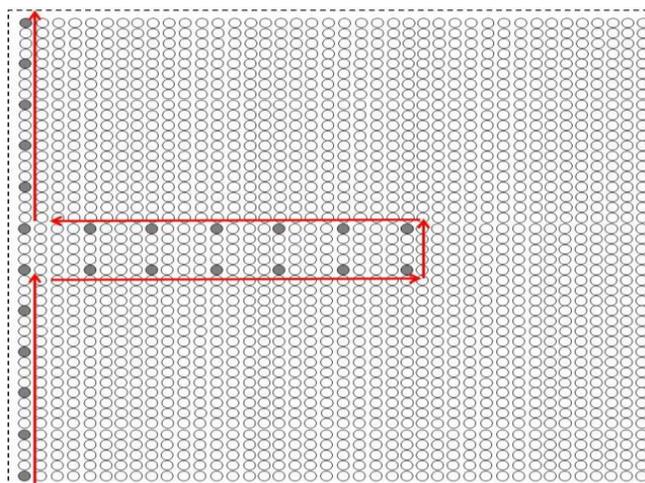
**Figura 46.** Toma de muestras de psílidos (SENASICA, 2016).

Las huertas ha muestrear se priorizan considerando los siguientes criterios:

- 1) Formadas de preferencia con plantas de hasta 10 años de edad, sin descartar huertas comerciales de otras edades.
- 2) Localizadas junto a “cuerpos” de agua.
- 3) Las huertas jóvenes próximas o en vecindad a huertas adultas, localizadas cerca de las costas y fronteras.
- 4) Las cercanas a centros de acopio de cítricos, procesadoras y/o empacadoras, ubicadas cerca de áreas urbanas.
- 5) Colindantes con carreteras que conectan con otras entidades cítricas, cercanas a zonas o Estados con HLB (SENASICA, 2016).

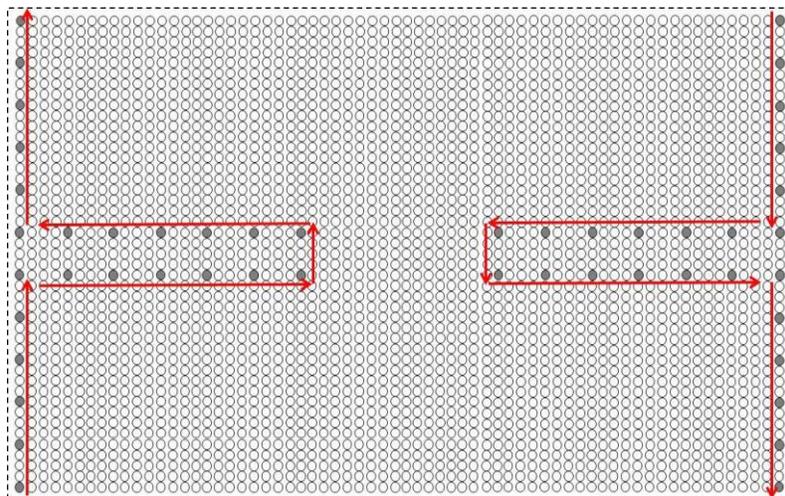
A continuación se detallan los muestreos según el número de hectáreas:

- 1) Huertos menores de 5 hectáreas. El muestreo debe ser sistemático de 24 plantas en "T" *simple* (3x3) con el propósito de coleccionar insectos de plantas localizadas en el borde y hacia el interior del huerto. Ubicar la "T" en el centro del borde del huerto por la parte de ingreso del viento dominante. Colectar de 5 a 10 insectos por árbol muestreado (SENASICA, 2016). Se muestra en la Figura 47.



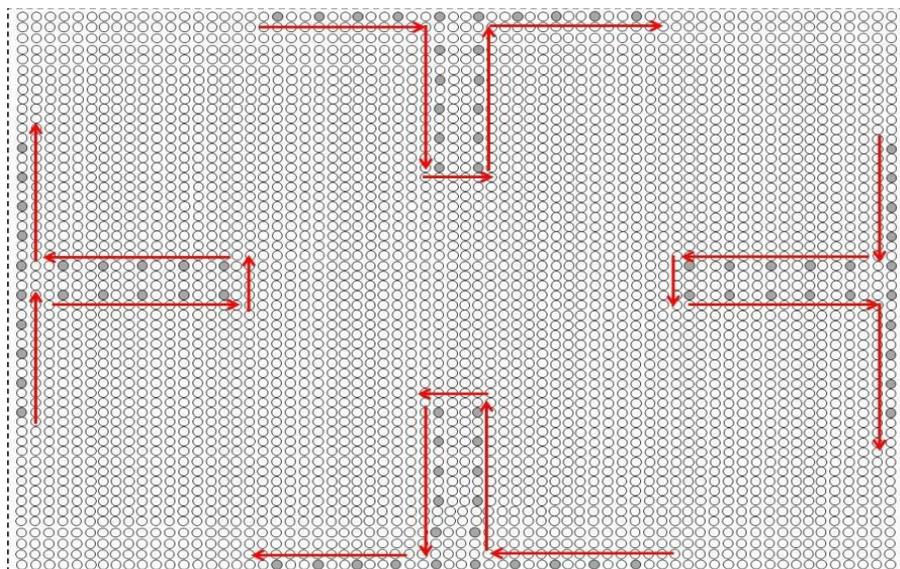
**Figura 47.** Esquema de muestreo sistemático 3x3 en método "T" simple aplicable a huertos menores de 5 hectáreas (SENASICA, 2016)

- 2) Huertos mayores de 5 hectáreas. Muestreo sistemático de 24 plantas en "T" *doble* (3x3) con el propósito de coleccionar insectos de plantas localizadas en el borde y hacia el interior del huerto. Realizar la "T" en el centro del borde del huerto por la parte de ingreso del viento dominante. Colectar de 5 a 10 insectos por árbol muestreado. Repetir el muestreo en el borde opuesto del huerto. (Figura 48)



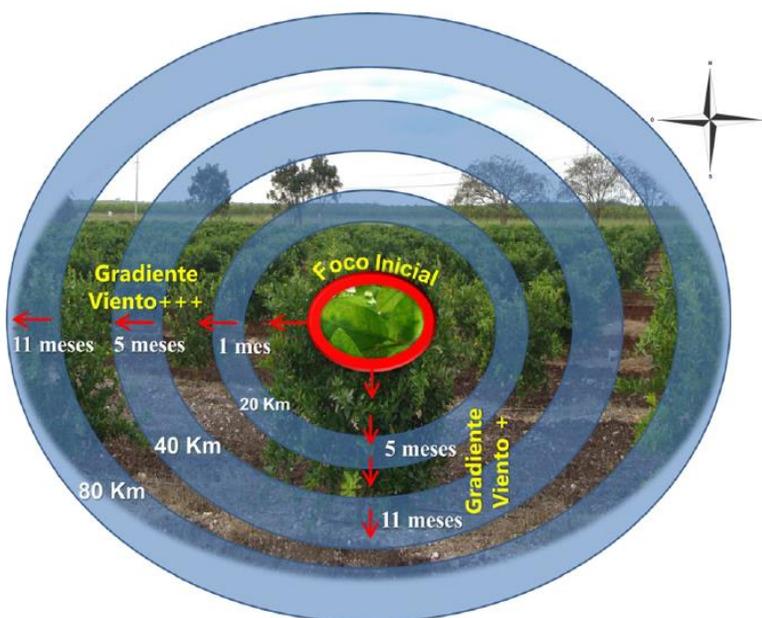
**Figura 48.** Esquema de muestreo sistemático 3x3 en método "T" doble aplicable en huertos mayores de 5 hectáreas (SENASICA, 2016)

- 3) Cuando se trata de huertos con reincidencia de psílicos infectivos, éstas dejan de ser muestreadas y el CESV notifica al productor la responsabilidad del control del psílido asiático de los cítricos (como parte del control regional y mediante la atención de focos de infestación) (SENASICA, 2017). Se ilustra en la Figura 49.



**Figura 49.** Esquema de muestreo sistemático 2x2 en método de 4 "Ts" aplicable a Huertos con psílicos positivos. (SENASICA, 2017).

La Figura 50 muestra la importancia de considerar el foco de dispersión, las corrientes de viento y la intervención del hombre en la probable dispersión, como lo muestra el estudio realizado en la Península de Yucatán de análisis de dispersión del HLB.



**Figura 50.** Transectos de evaluación Norte-Sur, Este-Oeste, con puntos de muestreos a distancias variables, determinadas por disponibilidad de hospedante y detecciones de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal (CESV). (SENASICA, 2019)

#### 2.4.1.2 Control Biológico

El uso indiscriminado de insecticidas contra *Diaphorina citri* ocasiona desequilibrios naturales, eliminando los enemigos naturales de la Mosca Blanca, *Aleurocanthus woglumi* y el ácaro rojo, *Panonychus citri* entre otros (OIRSA, 2009).

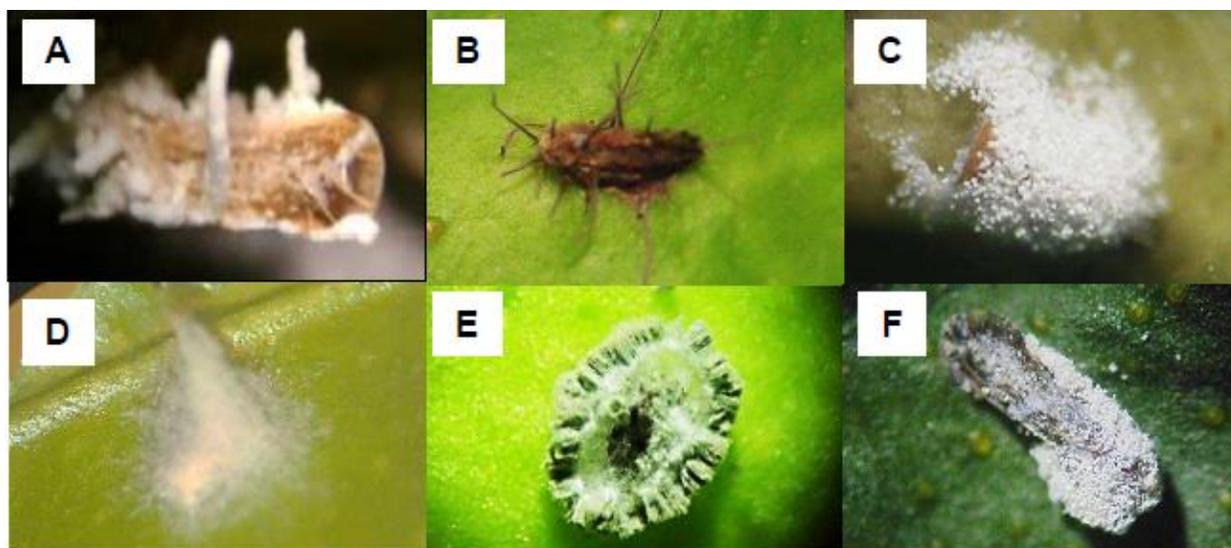
El control biológico siempre ha sido un componente importante en el manejo integrado de plagas en los cítricos, incluyendo *Diaphorina citri*. Entre sus principales enemigos naturales presentes en México, se encuentra el parasitoide como *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae), además de los hongos entomopatógenos *Hirsutella citriformis* Speare (Hipoconiales: Ophiocordycipitaceae), *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (Hipoconiales: Clavicipitaceae), e *Isaria* sp. (Hipoconiales: Cordycipitaceae). Algunos de estos enemigos naturales han sido como los responsables de la reducción en 80 -100 % de las poblaciones de los estados inmaduros, con su mayor incidencia durante la primavera y verano, pero casi ausentes durante el invierno lo cual está íntimamente relacionado con los patrones de crecimiento y abundancia del PAC (Ortega-Arenas *et al.*, 2013; Alemán *et al.*, 2007; Gratton-Cardwell *et al.*, 2013)

Entre las especies de hongos entomopatógenos que atacan al *D. citri* de manera natural se encuentran: *Isaria fumosorosea* Wize; *Hirsutella citriformis* Speare; *Lecanicillium lecanii*. Es común observar *H. citriformis* controlando psílidos cuando la humedad relativa fuese mayor al 80%. En observaciones realizadas durante el período Septiembre-Octubre 2009 por la UAAAN, se encontraron adultos de *D. citri* en la región de Gómez Farías Tamaulipas (con cercanía al río) infecciones por *H. citriformis* mayores al 90% con humedad relativa entre el 70 y 80%. Estudios de biología molecular efectuados por la UAAAN, revelaron al hongo *Torubiella* spp., y parasitando a *H. citriformis* (Guzmán-Guizar, 2013)

En octubre del 2012 se detectó a un hongo de los Entomophthorales atacando a adultos de *D. citri* en el municipio de Papantla, Veracruz. El género *Entomophthora* ha sido reportado ocasionalmente atacando a psílidos en regiones de Europa y trópicos del

sur de Asia. En el Continente Americano, se reportó a *Zoophthora radicans* en psílicos (*Gyropsylla spegazziniana*) en Brasil. En el mundo no se ha reportado el ataque de algún hongo de los Entomophthorales para *D. citri* (Guzmán-Guizar, 2013).

También existen hongos que atacan a *D. citri* de manera inducida, Meyer *et al.*, (2008) informan de que existe un potencial para el desarrollo de *I. fumosorosea* como insecticida microbiano; numerosos bioensayos corroboraron la infectividad de *I. fumosorosea* aplicando a ninfas de *D. citri* a una concentración de  $1 \times 10^7$  conidios/ml con mortalidades mayores a 90% después de 4 días de exposición, con *M. anisopliae* en ninfas de *D. citri* muestran una mortalidad del 90% y bioensayos con cepas aisladas de suelo muestran mortalidades mayores a 90% causadas por *M. anisopliae* y *B. bassiana* (Guzmán-Guizar, 2013)



**Figura 51.** a) *Torrubiella* spp. Hiperparásito sobre *Hirsutella* spp., en *Diaphorina citri*, b) Sinemas del hongo *Hirsutella citrifomis* Spear c) Ninfa de *D. citri* infectada por *B. bassiana*, d) *I. fumosorosea* infectando a *D. citri*, e) Ninfa de *D. citri* infectada por *M. brunneum*, f) Adulto de *D. citri* infectado por *B. bassiana* (Guzmán-Guizar, 2013).



**Figura 52.** a) *Torrubiella* spp. Infectando al psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. b) Sinemas del hongo *Hirsutella citrifomis* Speare sobre *Diaphorina citri* Kuwayama. c) Ninfa de *D. citri* infectada por *B. bassiana* en un bioensayo realizado en condiciones de laboratorio. d) *I. fumosorosea* infectando al psílido asiático de los cítricos *D. citri* (Casique Valdés, 2011).

En México, las principales especies atacan a *D. citri* incluyen los parasitoides, *Diaphorencyrtus* sp. (Hy (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae), y los depredadores *Ceraeochrysa* sp. nr. *cincta* (Schneider), *Ceraeochrysa valida* (Bancos), *Chrysoperla comanche* (Bancos), *Chrysoperla externa* (Hagen), *Chrysoperla rufilabris* Burmeister (Neuroptera: Chrysopidae); *Azya* sp., *Brachiacantha decora* Casey, *Cycloneda sanguinea* (L.), *Harmonia axyridis* (Pallas), *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, *Olla v-nigrum* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae); *Allograpta obliqua* (Say), *Pseudodoros clavatus* (F.), *Toxomerus marginatus* (Say), *Toxomerus politus* (Say) (Diptera: Syrphidae); *Brachygastra mellifica* (Hymenoptera: Vespidae); y especies de arañas. Además, adultos de *D. citri* infectado por el hongo *Hirsutella citrifomis* Speare se han encontrado (Lopez-Arroyo *et al.*, 2008). Incluso entonces, se sabe relativamente poco sobre el alcance a los cuales estos organismos benéficos reducen las infestaciones

de *D. citri*, pero algunos se consideran importantes agentes de control biológico. Recientemente, la avispa mexicana de miel *B. mellifica* se informó que era un depredador de *D. citri* en un cítrico arboleda en Tamaulipas, México, donde individual Se encontró que las avispas consumían hasta 31 ninfas de cuarto y quinto estadio en solo una sesión (Reyes-Rosas *et al.*, 2013b).

*B. mellifica* es un depredador efectivo de infestaciones severas y bajas de *D. citri*, es un agente de control biológico de uso en un programa integrado de manejo de plagas (Reyes-Rosas *et al.*, 2013b).

#### **2.4.1.2.1 Insectos Depredadores**

Se han encontrado depredadores de *Diaphorina citri* en todos los sitios donde ocurre el psilido, una especie de *Scymnus* (Coccinellidae) ha sido reportada en Brasil. Sirfidos del género *Allograpta* han sido encontrados en Isla Reunión, Nepal y Florida (USA). Varios coccinélidos y crisopidos también han sido reportados, pero, no existe mucha información sobre su efecto en la reducción de poblaciones de psílidos. En Florida los depredadores más abundantes son: *Armonia axyridis* Pallas y *Olla v-nigrum*. Los coccinélidos son, sin duda, los depredadores más importantes en el control biológico del *Diaphorina citri* (OIRSA. 2009; Postali *et al.* 2016; Reyes-Rosas *et al.*, 2013a).

Hay otros depredadores tales como *Cycloneda sanguinea* (L.), *Chilocorus cacti* (L.), *Exochomus cubensis* Dimn, *Scymnus distinctus* Casey (Coleóptera: Coccinellidae), *Chrysopa* sp. (Neuróptera: Chrysopidae) y *Ocyptamus* sp. (Díptera: Syiphidae) (OIRSA. 2009; Seo *et al.* 2018; Guarín-Molina, 2010; Grafton *et al.*, 2013).

En el Estado de Tamaulipas en el Municipio de Rio Bravo, hay un amplio número de depredadores de *Diaphorina citri* y cada uno de ellos tiene un porcentaje de acción hacia *Diaphorina citri*, *Cycloneda sanguínea*, *Harmonia axyridis*, *Bracgygastra mellifica*, *Coleomegilla maculata*, *Olla abdominalis*, *Chrysoperla rufilabris* y *Cycloneda* sp. (Reyes-Rosas *et al*, 2013; Aubert, 1987).



**Figura 53.** Enemigos naturales de *Diaphorina citri* a) *Olla v-nigrum*, b) *Chilocorus cacti*, c) *Cycloneda sanguínea*, d) *Nephus* sp. (Rodríguez-Palomera, 2012)



**Figura 54.** e) *Pentilia* sp, f) *Ceraeochrysa* sp, g) *Tamarixia radiata* h) ninfa de *Diaphorina citri* infestada por *Beauveria bassiana*. (Rodríguez-Palomera, 2012).

Michaud (2003) encontró que los depredadores más importantes para las ninfas de psílicos fueron los coccinélidos *Harmonia axyridis* Pallas, *Olla v-nigrum* Muslant, L. y *Exochomus childreni* Muslant. Dos crisopidos *Ceraeochrysa* sp., y *Chrysoperla rufilabris* Burmeister, la araña *Hibana velox* y el parasitoide *Tamarixia radiata* (Walterston).

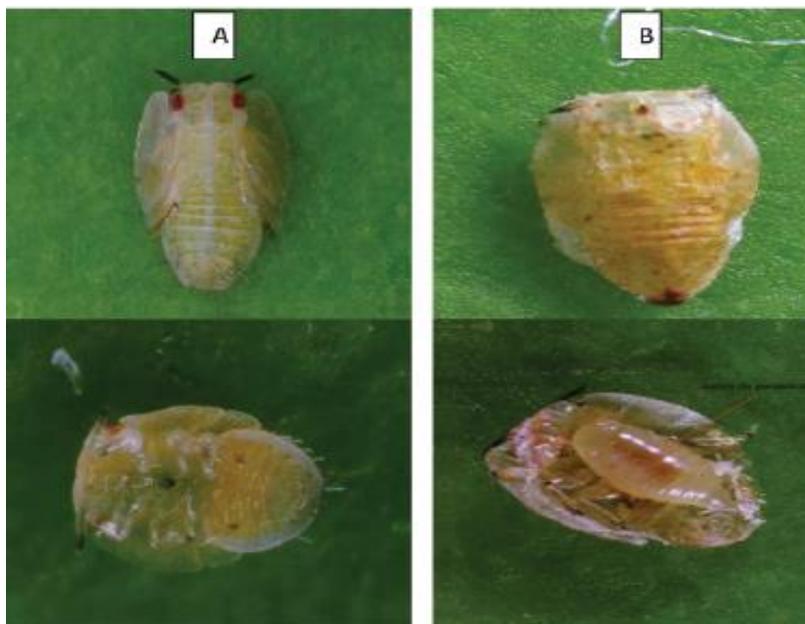
#### 2.4.1.2.2 Parasitoides

La diaphorina tiene diversidad de enemigos naturales que pueden regular las poblaciones del psílido de manera natural o de manera intencional al incrementar el número de individuos del entomófago, *Tetrastichus radiata* Waterson es un calcidido que parasita hasta el 93.3% de ninfas de diaforina en Nepal. Esta avispa ha sido introducida junto con *Tetrastichus dryi* Waterson en otros países y han regulado las poblaciones de la Diaforina. En Estados Unidos se ha introducido varias especies de enemigos naturales, como los parasitoides *Tamarixia radiata* Waterson y *Diaphorencyrtus aligarhensis* Shafee (Aubert, 1987; López-Martínez *et al.*, 2013).

El uso de especies de *Tamarixia* spp., en la regulación de poblaciones de la Diaforina ha demostrado ser efectiva. Una sola hembra de *T. radiata* puede depositar hasta 300 huevos a un promedio de 1 huevo/ninfa de *D. citri*; la larva recién eclosionada de la avispa succiona la hemolinfa en el punto en que esté unido a la ninfa de la diaforina. La cual es consumida hasta la muerte. (López-Martínez *et al.*, 2013)

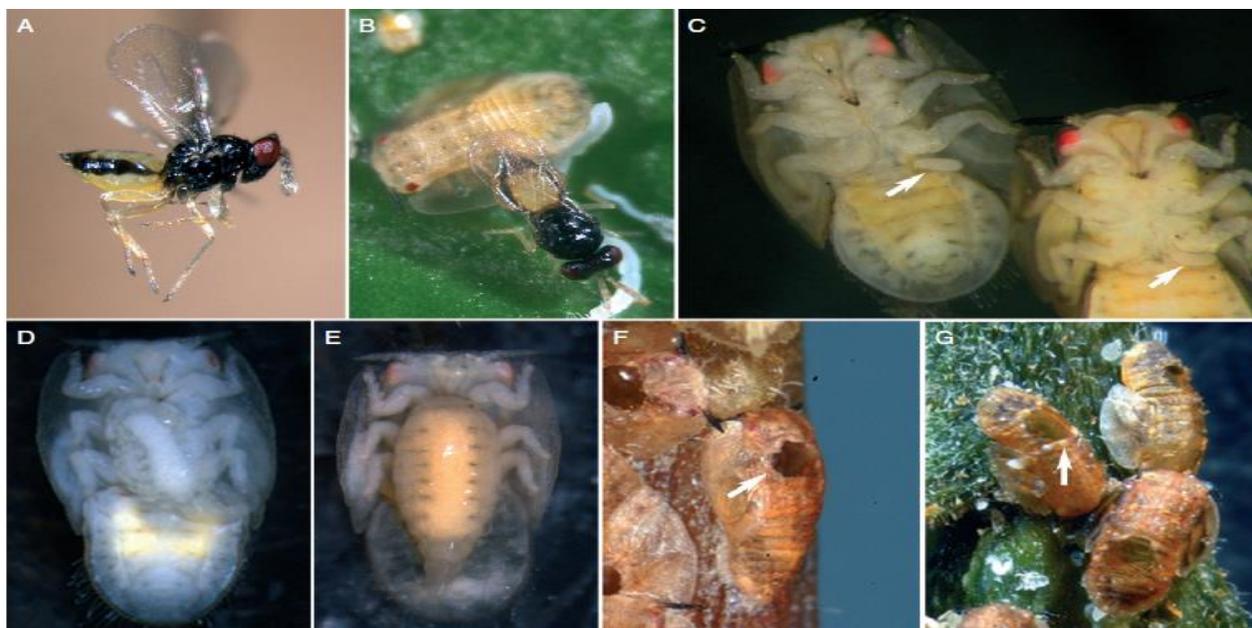
Los porcentajes de parasitismo de esta especie de avispa pueden variar entre sitios, incluso a nivel estatal, al igual con el tiempo. En la región sureste de Florida, el % de parasitismo de *T. radiata* en ninfas de *D. citri* fue de 21, en la parte central de ese estado de 10%, y la región costera del este varió entre 8-12%; en la época de verano y otoño, el

porcentaje fue inferior al 20%, sin embargo en invierno alcanzó valores de 39-56% (López-Martínez *et al.*, 2013)



**Figura 55.** a) Ninfas de *Diaphorina citri*, sanas, b) Ninfas parasitadas (López-Martínez *et al.*, 2013).

*Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae). Insecto benéfico (avispa) para el control biológico del vector del HLB. Otro parasitoide de himenópteros utilizado en Florida, EUA, es el *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Encyrtidae) que anteriormente había usado en la isla de Reunión con mucho éxito para controlar la *Diaphorina citri*. Se han reportado otros parasitoides de *Diaphorina citri* como el *Psylaeophagus diaphorinae*, *Syrphophagus taiwanus*, *Syrphophagus diaphorinae* y *Marietta exitiosa* (OIRSA, 2009; Arredondo *et al.*, 2013; Grafton-Cardwell *et al.*, 2013; Postali *et al.*, 2016).



**Figura 56.** (A) Avispa parásita adulta de *Tamarixia radiata*, (B) Hembra *T. radiata* poniendo un huevo debajo de una ninfa asiática de psílicos cítricos (PAC), (C) Huevos de *Tamarixia radiata* (flechas) colocados en el lado ventral de las ninfas PAC cerca de sus coxas traseras (D, E) Larvas de *Tamarixia radiata* (antes y estadios posteriores, respectivamente) alimentándose del lado ventral de las ninfas PAC, (F) Agujeros de salida (flechas) de las avispas parásitas *T. radiata*, (G) momias de ninfas PAC. (Hall *et al.*, 2012)

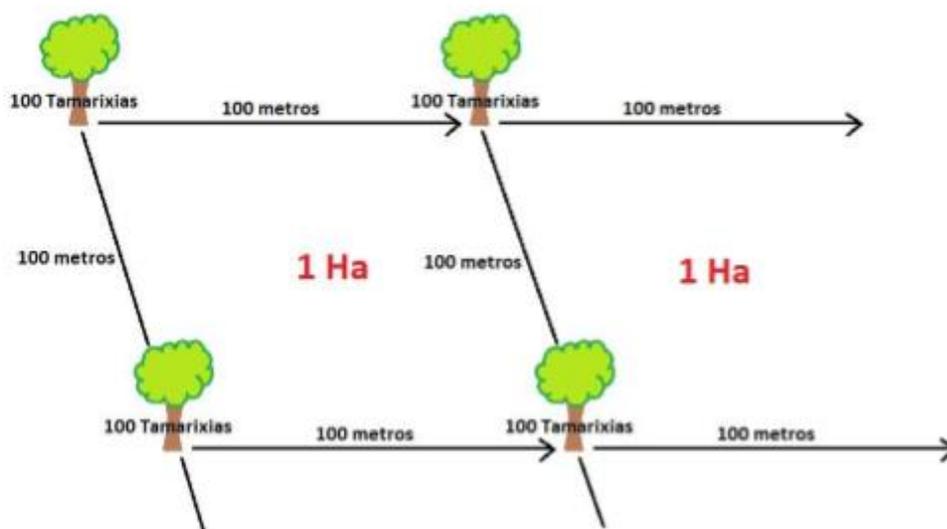


**Figura 57.** Macho y hembra de *Tamarixia radiata* (Lewis, M. s/a.)

El primer programa clásico de control biológico con *T. radiata* comenzó en 1978 en la Isla Reunión, con especímenes introducidos de Punjab, Pakistán. Siguiendo los

exitosos resultados obtenidos en Reunión, se realizaron liberaciones de *T. radiata* en la isla Mauricio, en Taiwán y en Guadalupe desde las colonias establecido en Isla Reunión. En 1998, parasitoides de Taiwán y Vietnam del Sur fueron importados a Florida, EE. UU (Peña-Carrillo *et al.*, 2015).

Estrategia de liberación del parasitoide *Tamarixia radiata*. En áreas urbanas: liberación de 100 parasitoides cada 100 metros lineales (con un intervalo mínimo de 30 días entre cada liberación en el mismo sitio). En plantaciones: liberación de 400 parasitoides por hectárea (con un intervalo mínimo de 30 días entre cada liberación en el mismo sitio) (Sánchez-González, s/a).



**Figura 58.** Metodología para liberación de *Tamarixia radiata* (Sánchez-González, s/a)

### **2.4.1.3 Control químico**

Hasta el momento no se conoce ningún método de erradicación para el vector. Diversos insecticidas químicos y aceites derivados de petróleo han sido evaluados contra PAC con resultados alentadores. El insecticida sistémico imidacloprid ha sido uno de los más empleados. Los aceites derivados de petróleo han demostrado un control efectivo de las ninfas de *Diaphorina citri* en condiciones de campo (Ortega-Arenas *et al.*, 2013; Byrne *et al.*, 2018).

Los productores usan productos de contacto y sistémicos, con acción inmediata y hasta por 30 días. Las aplicaciones deben iniciarse previo a los máximos picos poblacionales del vector, esto a principios de año cuando las condiciones son favorables para el aumento de la población. Los insecticidas más usados en el mundo para el control del vector, han sido temik, imidacloprid, dimetoato, clorpirifos, malation, cipermetrina, deltametrina, betaciflutrina, spinotetramat, spinoteram, oxamyl, ácidos tricarbóxicos, ometoato, sulfoxaflor, aceites minerales, entre otros (Alemán *et al.*, 2007; Qureshi y Stansly, 2008; CESAVE, 2009; Cortez-Mondaca *et al.*, 2010; Ruiz-Galván *et al.*, 2015).

### **2.4.1.4 Control alternativo**

La necesidad de encontrar productos alternativos a los agros tóxicos convencionales con potencial preventivo y curativo contra las plagas y que no presenten efectos dañinos al medio ambiente, al consumidor y al productor, viene creciendo en todo el mundo. Por presentar esas características, el caldo sulfocálcico puede ser considerado como importante alternativa para uso en la agricultura tradicional y orgánica. La aplicación del

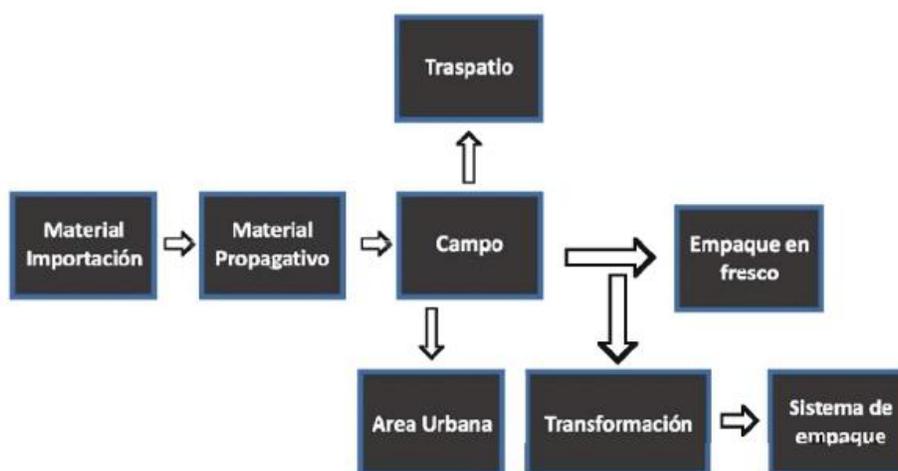
caldo sulfocálcico en las concentraciones adecuadas representa una alternativa viable para el control de *D. citri* sobre plantas de cítricos, tanto cuando se aplican en las dosis letales como en las dosis sub letales. En la utilización de dosis sub letales es importante considerar el tiempo para la acción insecticida de esos productos (Restrepo-García y Soto-Giraldo, 2017).

#### **2.4.1.5 Control Legal**

Que para México, la bacteria denominada: Huanglongbing (HLB) representa una seria amenaza para las 526 mil hectáreas de cítricos distribuidas en veintitrés Entidades Federativas (Baja California, Baja California Sur, Chiapas, Campeche, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán), lo que a su vez representa un riesgo a la producción de 6.7 millones de toneladas anuales, con un valor superior de 8 mil millones de pesos, de acuerdo a las cifras proporcionadas por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera en 2006, en beneficio de 67 mil productores que se dedican a esta actividad y que generan aproximadamente 70 mil empleos directos y 250 mil indirectos de acuerdo a los datos proporcionados por la Dirección General de Fomento a la Agricultura de la Subsecretaría de Agricultura, en el año 2007; para el control de esta enfermedad se establece la siguiente norma.

De acuerdo a la NOM-EM-047-FITO-2009, las acciones que actualmente están en ejecución incluye al protocolo de actuación ante la emergencia por la detección del

Huanglongbing, a actividades de eliminación de plantas positivas, eliminación de limonaria, control del vector, exploración, delimitación del brote, muestreo y diagnóstico, así como capacitación y divulgación. La verificación del proceso y evaluación del manejo del problema (Salcedo-Baca *et al.*, 2010).



**Figura 60.** Ámbitos de acción de la norma NOM-EM-047-FITO-2009 para mitigar el riesgo de introducción y dispersión del HLB (Salcedo-Baca *et al.*, 2010)



**Figura 60.** Acciones fitosanitarias para delimitar y controlar un foco de infección de HLB (Salcedo-Baca *et al.*, 2010)

### 2.4.2 Manejo del HLB

Las estrategias para el manejo de la enfermedad son: 1) Plantar plántones sanos, producidas en viveros protegidos 2) La inspección y eliminación de plantas sintomáticas 3) El control *D.citri* vector de HLB (Miranda *et al.*, s/a).

La mejor estrategia para el control del HLB es evitar que ésta arribe a las regiones productoras de cítricos. Sin embargo, cuando esto no se pudo evitar, y tomando como base experiencias generadas en otras regiones del planeta, donde se han presentado epidemias de HLB, se propone el manejo de la enfermedad mediante tres acciones principales, mismas que son complementarias entre sí. Estas acciones son: 1. Control eficiente de las poblaciones del PAC; 2. Detección y eliminación oportuna de árboles infectados con HLB; y 3. Uso de planta de cítricos certificada y producida dentro de estructuras de malla antiáfidos (Velázquez-Monreal *et al.*, 2013).

La detección de plantas sintomáticas presentes en las plantaciones de cítricos y su erradicación es de importancia fundamental en el manejo de HLB. Las inspecciones se realizan con inspectores los cuales están bien capacitados, visitando las zonas sospechosas de infección sistemáticamente, puede ser caminando o mecanizado con un tractor acoplado a una plataforma para la detección de ramas con síntomas cuando se encuentra en la copa de plantas adultas. En el Estado de São Paulo existe una ley donde los productores deben realizar cuatro inspecciones anuales en el 100% de sus plantaciones de la propiedad y presentar informes semestrales indicando el número de plantas encontradas y erradicadas. En los períodos fríos y secos del año (otoño e invierno), época donde la brotación vegetativa de la plantas es menor, los síntomas de

HLB son más evidentes y más fáciles de observar. Estos se caracterizan por una coloración amarillenta en las hojas, observándose visualmente en los brotes de las hojas sintomáticas, cuando se compara con otras hojas de los brotes asintomáticos de la planta, a diferencia del verano en que los síntomas se caracterizan por una palidez de la hoja. Durante el otoño y el invierno, debido a la facilidad de observación de los síntomas, el control debe ser más constante para una rápida detección y la eliminación de las plantas con HLB. Por lo que con un eficiente trabajo en este período, se puede reducir considerablemente la cantidad de inóculo, lo cual va a reducir considerablemente la posibilidad de adquirir la bacteria en el período de mayor población de *D. citri* (primavera-verano). Eso no significa que las inspecciones deben llevarse a cabo sólo en invierno, deben realizarse no menos de cuatro veces al año y, mensualmente durante todo el año, en las regiones de mayor incidencia (Miranda *et al.*, 2017)



rentable y aumenta las posibilidades de que el patógeno se vuelve resistente a los antibióticos. Además, se repite las inyecciones en el tronco de tetraciclina produjeron fitotoxicidad en los árboles de cítricos inyectados (Raj-Boina y Bloomquist, 2015).

La endoterapia ésta tecnología, por el costo del tratamiento, se puede aplicar a árboles que fluctúan entre 5 y 7 años. La técnica consiste en la aplicación por medio de inyección de un antibiótico como la tetraciclina a los árboles infectados, cada tres meses. Antes del tratamiento de la inyección se deben podar las ramas, ramitas internas y chupones con el objetivo de dejar limpio el árbol para facilitar el crecimiento (Lin, 2011)

El momento para la inyección será después de la cosecha que es la época de brotación, luego se deben esperar 3-4 meses para aplicar la segunda inyección. Después una inyección por año es suficiente siempre aplicándola después de cada cosecha (Lin, 2011)



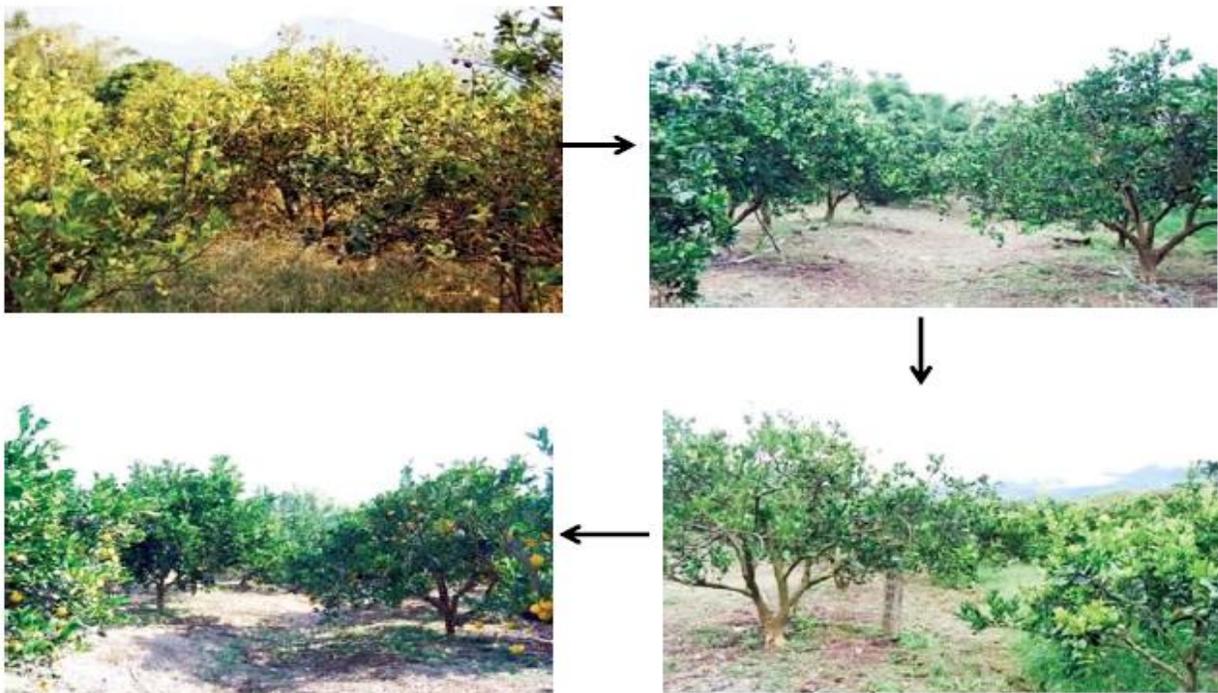
**Figura 62.** Equipo y materiales necesarios en el tratamiento con endoterapia (Lin, 2011).

Tratamiento: Utilice 1 botella plástica de 2 litros (envase de gaseosa), agregar 1 g de tetraciclina en un litro de agua, inyectar a 50 libras de presión por pulgada cuadrada. La perforación en el árbol para la inyección debe tener una profundidad de 2 a 4 cm,

hecha con broca de 8 mm de diámetro. Para la evaluación de los siguientes tratamientos se considerarán las diferentes dosis y las diferentes posiciones en el árbol (Lin, 2011)



**Figura 63.** Diferentes posiciones en el árbol para seleccionar en el sitio donde aplicar la inyección (Lin, 2011).



**Figura 64.** Resultado del tratamiento alternativo con endoterapia (Lin, 2011)

### 3. CONCLUSIONES

El psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera; Liviidae), vector de *Candidatus Liberibacter asiaticus*, causante del Huanglongbing de los cítricos se encuentra distribuido en 23 estados de la república Mexicana.

El HLB es la enfermedad más devastadora para los cítricos mundialmente. En la actualidad no se conoce cura para los árboles infectados con HLB, los que en poco tiempo se vuelven decadentes e improductivos y finalmente mueren.

Para el manejo del Huanglongbing (HLB) se están implementando nuevas técnicas, una de ellas es la aplicación de tetraciclinas directamente al tronco, otra conocida como endoterapia consiste en inyectar la tetraciclina al tronco y es recomendable realizar aplicaciones cada año para no generar resistencia en la bacteria.

En el Estado de Hidalgo la zona citrícola enfrenta una gran amenaza por la presencia del psílido asiático de los cítricos (PAC) y el aumento en la dispersión de la enfermedad del HLB la cual implicará grandes pérdidas económicas. El CESAVEH cuenta con una campaña denominada "Campaña contra Huanglongbing de los Cítricos" para tratar de evitar la diseminación de la enfermedad.

El manejo del psílido asiático de los cítricos en el estado de Hidalgo actualmente se efectúa mediante dos alternativas de control; una química y otra biológica, en la química utilizan una mezcla de productos Thiametoxan+lambdacyhalotrina, en la biológica por la liberación de la avispa parasitoide *Tamarixia radiata* y también por la utilización de un hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*.

El manejo de la enfermedad del HLB en el Estado del Hidalgo se realizan destrucciones de los árboles infectados que posteriormente se incineran.

La mejor estrategia para el control del HLB se basa en tres importantes puntos: 1. Control eficiente de las poblaciones del PAC; 2. Detección y eliminación oportuna de árboles infectados con HLB; y 3. Uso de planta de cítricos certificada y producida dentro de estructuras de malla antiáfidos.

#### 4. LITERATURA CITADA

- Afifa, N., Freed, S., Liang-Jin, F., Akmal, M. and Mehmood M. 2016. Monitoring of insecticide resistance in *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) from citrus groves of Punjab, Pakistan. *Crop Protection*. 86: 62-68
- Alemán, J., Baños H. y Ravelo J. 2007. *Diaphorina citri* y la enfermedad Huanglongbing: una combinación destructiva para la producción citrícola. *Rev. Protección Veg.* 3: 154-165
- Arredondo-Bernal, H. C., Sánchez-González J. A. y Mellín-Rosas, M. A. 2013. Taller Subregional de Control Biológico de *Diaphorina citri*, vector del HLB. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. FAO. SENASICA. 65 pp.
- Arroyo-Cruz E. 2018. Situación actual del Huanglongbing de los Cítricos en la Huasteca Hidalguense. SENASICA, CESAVEH. 35 pp.
- Arroyo-Cruz E. 2015. Plan piloto para el manejo regional del Huanglongbing y su vector en el estado de Hidalgo. SENASICA, CESAVEH. 30 pp.
- Arroyo-Cruz, E. 2012. Campaña el Huanglongbing de los cítricos en el estado de Hidalgo. SENASICA, CESAVEH. 6 pp.
- 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. *Aspects Bioecologiques et strategies de lute. Fruits.* 42: 149-162.
- Augier, L., Gastaminza, G. Lizondo, M., Argañaraz, M. y Willink, E. 2006. Presencia de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) en el Noroeste Argentino (NOA). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 65 (3-4) 67-68.
- Barrera, F. J., Herrera, J., Gómez, J y Valle, J. 2012. Captura de adultos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) con trampas amarillas pegajosas en Chiapas y algunas implicaciones en el análisis de datos. En *Memorias del 3er Simposio Nacional sobre Investigación para el manejo del Psilido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México.* pp. 83-93.
- Bove, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology* 88 (1): 7-37.
- Bransky, H. R. and Rogers M. E. 2007. Citrus Huanglongbing: Understanding the Vector-Pathogen Interaction for Disease Management. *The American Phytopathological Society.* pp. 1-8.

- Bronson, H. C. and Halbert, S. s/f. Citrus Greening / Huanglongbing. Pest Alert. Florida Department of Agriculture and Consumer Services. pp. 1-3.
- Byrne, F. J., Grafton-Cardwell, E. E., Morse, J. G., Olguin, A. E., Zeilinger, A. R., Wilen, Ch., Bethke, J. and Daugherty, M. P. 2018. Assessing the risk of containerized citrus contributing to Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*) spread in California: Residence times and insecticide residues at retail nursery outlets. Crop Protection. 109: 33-41.
- Casique-Valdes, R. 2011. Evaluación de hongos entomopatógenos y sus formulaciones contra el Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* (kuwayama). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis maestrial. pp. 1-74.
- CESAVE. 2019. Estrategia Regional para el Control de *Diaphorina citri* en Hermosillo. Sonora. pp. 1-3.
- Cortez-Mondaca, E., López-Arroyo, J. I., Hernández-Fuentes, L. M., Fú-García, A. y Loera-Gallardo, J. 2010. Control Químico de *Diaphorina citri* Kuwayama en cítricos dulces, en México: selección de insecticidas y épocas de aplicación. INIFAP. Mochis, Sinaloa, México. pp. 3-23.
- COSAVE. s/a. *Diaphorina citri* Kuwayama. En línea: <http://www.cosave.org/sites/default/files/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Diaphorina%20citri.pdf> Fecha de consulta 6 de febrero de 2020.
- Cottrell, N. 2008. Asian Citrus Psyllid (*Diaphorina citri*). Photo#191604. En línea: <https://bugguide.net/node/view/191604> Fecha de consulta: abril de 2019.
- Chavarin-Palacio, C. 2012. El Huanglongbing (HLB) y el Psílido Asiático de los Cítricos (*Diaphorina citri* Kuwayama) en México. SENASICA. pp. 1-25.
- Díaz-Padilla, G., López-Arroyo, J.I., Sánchez-Cohen, I., Guajardo-Panes, R. A., Mora-Aguilera, G. y Quijano-Carranza J. A. 2014. Areas of potential abundance of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), vector of the citrus greening disease in Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 5(7): 1137-1153.
- EPPO.2019a. Datasheet:*Diaphorina citri*. <https://gd.eppo.int/taxon/DIAACI/documents> Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2019.
- EPPO. 2019b. Datasheet: *Diaphorina citri* (DIAACI) Global Database. En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/DIAACI> Fecha de consulta: 13 de enero de 2020.
- EPPO.2019c. Datasheet: Liberibacter asiaticus (LIBEAS) Global Data base. En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/LIBEAS/distribution> Fecha de consulta: 14 de enero de 2020.

- EPPO. 2019d. Datasheet: *Liberibacter africanus* (LIBEAF) Global Data Base. En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/LIBEAF/distribution> Fecha de consulta; 14 de enero de 2020
- EPPO 2019e. Datasheet: *Liberibacter americanus* (LIBEAM) Global Data Base. En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/LIBEAM/distribution> Fecha de consulta: 14 de enero de 2020
- EPPO. 2005. *Diaphorina citri*. Bulletin OEPP/EPPO 35: 331-333.
- Fonseca, O., Valera, N. y Vásquez, C. 2007. Registro y ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en tres hospederos en el estado Lara, Venezuela. *Entomotropica* 22(3): 145-152.
- García, Y., Ramos, Y. P., Sotelo, y Kondo, T. 2016. Biología de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones de invernadero en Palmira, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 42 (1): 36-42.
- García-Garduza, D., Sánchez-Soto, S., Romero-Nápoles, J. y Pérez-Flores, J. 2013. Fluctuación poblacional de *Daphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en limón persa (*Citrus latifolia*). En Huimanguillo, Tabasco, México. *Revista Colombiana de Entomología* 39 (2): 201-204.
- García-Méndez, V. H., Ortega-Arenas, L. D., Villanueva-Jiménez, J. A. y Sánchez-Arroyo, H. 2016. Susceptibilidad de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) a insecticidas en Veracruz, México. *Agrociencia* 50(3): 355-365.
- García-Pérez, F. 2013. Caracterización morfológica y genética de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) de Rutáceas en Cazonas, Veracruz, México. Colegio de Postgraduados. Tesis Doctoral. 75 pp.
- Godfrey, E., Galindo, K., C., Patt, J. M. and M. Lupe-Williams. 2013. Evaluation of Color and Scent Attractants Used to Trap and Detect Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Liviidae) in Urban Environments. *Florida Entomologist* 96(4): 1406-1416.
- Grafton-Cardwell, E. E., Stelinski L. L. and Stansly. P. A. 2013. Biology and Management of Asian Citrus Psyllid, Vector of the Huanglongbing Pathogens. *Annuals Review of Entomology* 58:413–32.
- Guarín-Molina J. H. 2010. Panorama para el manejo de *Diaphorina citri*, vector del HLB, en la citricultura colombiana. Alternativas para el manejo de la *Diaphorina citri* en Colombia. 1er Congreso Latinoamericano de Citricultura. En línea: [http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_70\\_Panorama%20para%20el%20manejo%20de%20Diaphorina%20citri,%20vector%20del%20HLB,](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_70_Panorama%20para%20el%20manejo%20de%20Diaphorina%20citri,%20vector%20del%20HLB)

[%20en%20la%20citricultura%20colombiana.pdf](#) Fecha de consulta: 19 de noviembre de 2019.

- Guzmán-Guizar, L. 2013. Caracterización de hongos entomopatógenos, agentes de control biológico de *Diaphorina citri*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo, Coahuila. Tesis Maestría. 52 pp.
- Halbert-A, S. and Manjunat, K. L. 2004. Asian citrus Psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. *Florida Entomologist* 83(3):330- 353.
- Hall, D. 2018a. Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama. Image Number: 5006088. USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org. En línea: <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5006088> Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2019.
- Hall, D. 2018b. Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama. Image Number: 5006085. USDA Agricultural Research Service, Bugwood.org. En línea: <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5006085> Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2019.
- Hall, D.G., Richardson, M., L., Ammar, E. D and Halbert, S. E. 2012. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus Huanglongbing disease. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 146: 207–223.
- Hernández-Fuentes, L. M. 2014. El Huanglongbing y su vector *Diaphorina citri* en limón persa en Nayarit: Recomendaciones para su manejo. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. INIFAP. SAGARPA. 74 pp.
- Hernández-Fuentes, L. M., López-Arroyo, J. I., Velázquez-Monreal, J. J., Urías-López, M. A., Gómez-Jaimes R. and Robles-Bermudez, A. 2013. Biological efficacy against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) of chemical compounds applied to the soil and foliage in *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(5): 687-700.
- Hernández-Fuentes, L. M., Urias-López, M. A., López-Arroyo, J. I., Gómez-Jaimes, R. y Bautista-Martínez, N. 2012. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en lima persa *Citrus latifolia* Tanaka. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(3): 427-439.
- Hernández-Landa, L., Lopez-Collado, J., González-Hernández, H., Vargas-Mendoza, M., Osorio-Acosta, F. and Nava-Tablada, M. E. 2018. Fluctuation and synchronization of adults catches of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) in urban backyards and commercial citrus plantations. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 21: 745-753.

- Holguín-Peña R. J, Hernández-Montiel L. G y Zulueta-Rodríguez R. 2012. El huanglongbing: la tristeza de los cítricos. Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana. Volumen XXV. En línea; <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num3/articulos/huanglongbing/> Fecha de consulta: 28 enero de 2020.
- Hodkinson, D. I. 2009. Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (Insecta: Hemiptera: Psylloidea): a global synthesis. *Journal of Natural History* 43: 65-179.
- ISSG. 2009. *Diaphorina citri*. Global invasive species database En línea: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1497> Fecha de consulta: 28 de Enero de 2020.
- INTA. 2018. Manejo del insecto vector (*Diaphorina citri*) del HLB Instructivo de monitoreo y control. SENASA. INTA. 20 pp.
- Kistner-J, E., Lewis, M., Carpenter, M., Melhem, N., Hoddle, C., Strode, V., Oliva, J., Castillo, M. and Hoddle, M. S. 2017. Digital video surveillance of natural enemy activity on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) colonies infesting citrus in the southern California urban landscape. *Biological control* 115: 141-151.
- Lewis, M. s/a. Adults and eggs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. UC Riverside Center for Invasive Species Research. En línea: [https://biocontrol.ucr.edu/asian\\_citrus\\_psyllid.html](https://biocontrol.ucr.edu/asian_citrus_psyllid.html). Fecha de consulta: abril de 2019.
- Lin, C. P. 2011. Protocolo del manejo integrado del Huanglongbing. OIRSA. pp. 1-53
- López-Collado, J. 2016. El Psílido Asiático de los Cítricos. Proyecto CONACYT, SAGARPA. En línea: [https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/15\\_LopezCollado\\_15.pdf](https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/15_LopezCollado_15.pdf). Fecha de consulta; 8 de enero de 2020.
- López-Collado, J, López-Arroyo, J.I., Robles-García, P.L., Márquez-Santos, M. 2013. Geographic distribution of habitat, development, and population growth rates of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in Mexico. *Journal of Insect Science* 13 (114):1-17
- Lotz, J.W. 2018. Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama. Image Number: 5196084. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Bugwood.org. En línea: <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5196084> Fecha de consulta: 12 de diciembre de 2019.
- Lou, X., Yen, A. L., Powell, K. S., Wu, F., Wang, Y., Zeng, L., Yang, Y. and Cen, Y. 2015.

- Feeding Behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and Its Acquisition of 'Candidatus Liberibacter asiaticus', on Huanglongbing-Infected *Citrus reticulata* Leaves of Several Maturity Stages. Florida Entomologist 98 (1): 186-192.
- Luna-Cruz, A., Escamilla-García, J. L., Barrera-Pardo, S. I. y Loera-Alvarado, E. 2018. Fluctuación poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en el valle de Apatzingán, Michoacán. Acta Zoológica Mexicana 34: 1-4.
- Martínez-Bustamente, V. I., Hernández-Juárez, C., Hernández-Vazquez, Y., Lopez-Buenfill, J.A., Blanco-Rodriguez, E., Arroyo-Cruz, E. y Mora-Aguilera, G. 2019. The Brazilian Huanglong bing disease-associated phytoplasma is present in *Citrus* spp in Hidalgo sstate, México. Revista Mexicana de Fitopatología 37(1):170-184.
- Martínez-Carrillo, J. L. 2010. *Diaphorina citri* Kuwayama Psílido asiático de los cítricos. Ficha Técnica. SAGARPA.SENASICA. SINAVEF. 18 pp
- Michaud J. P. 2003. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. Biological Control 29: 260–269.
- Milosavljević, I., Schall, K.A., and Hoddle, M.S. 2017. Classical Biological Control of Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), in California. Applied Biological Control Research. University of California, Riverside. En línea: [https://biocontrol.ucr.edu/asian\\_citrus\\_psyllid.html](https://biocontrol.ucr.edu/asian_citrus_psyllid.html) Fecha de consulta: abril de 2019.
- Miranda-Salcedo M. A. 2019. Bioecología y control del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri* kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae) en Michoacán. Entomología Mexicana 6:140-145.
- Miranda, M. P., dos Santos, F. L., Bassanezi, R. B., Barbosa, L. H. and Sétamou, M. 2017. Monitoring methods for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) on citrus groves with different insecticide application programmes. Research and Development Department, Fund for Citrus Protection—FUNDECITRUS, Araraquara, Brazil. 142: 89-96.
- Miranda, I., Baños, H., Martínez, M. de los A. y Alemán J. 2008. Modelo teórico de la interacción de *Diaphorina citri* Kuwayana (Hemiptera: Psyllidae) con sus enemigos naturales. Rev. Protección Veg. 23(2):126-130.
- Miranda, M.P., Yamamoto, P.T., Bassanezi, R. B., Aparecido Lopes, S., Belasque, J.J., Bellato Sposito, M., Ayres, A.J. y Diaz Gil, M. E. s/a. Situación del Huanglongbing HLB en Brazil y Manejo de la Enfermedad. FENDECITRUS. En línea: <https://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00001441.pdf> Fecha de consulta: 12 de febrero de 2020

- Monzó, C., Urbaneja, A. y Tena, A. 2015. Los psílidos *Diaphorina citri* y *Trioza erytreae* como vectores de la enfermedad de cítricos Huanglongbing (HLB): reciente detección de *T. erytreae* en la Península Ibérica. Unidad Asociada de Entomología UJI-IVIA. Boletín SEEA 1: 29-37.
- Moreno-Pérez, M., E. Pozo-Velásquez, R. Valdés-herrera y Cárdenas-Morales, M. 2008. Distribución espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) sobre lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka). Fitosanidad 12(1). 33-37.
- NAPPO. 2015. Manejo del Huanglongbing y de su vector, el psílido asiático de los cítricos, *Diaphorina citri* DD 05: Documento de discusión de la NAPPO. Pp. 1-29
- NAPPO. 2012. Huanglongbing de los cítricos. PD 02: Protocolos de diagnóstico de la NAPPO. pp. 1-11.
- OIRSA. 2009. Vectores del HLB de los Cítricos. En línea: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/Anexo-3-Vectores.pdf> Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2018.
- OIRSA. 2009. Huanglongbing o greening de los cítricos (*Candidatus Liberibacter* spp.). <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/Anexo-2-HLB1.pdf> Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2018.
- Ortega-Arenas, L. D., Villegas-Monter, A. Ramírez-Reyes, A. J. y Mendoza-García, E. E. 2013. Abundancia estacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) en plantaciones de cítricos en cazonos, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 29(2): 317-333.
- Peña-Carrillo, I. González-Hernández, K., A., López-Arroyo, J. I., Mercado-Hernández, R. y Favela-Lara, S. 2015. Morphological and genetic variation in Mexican wild populations of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). Florida Entomological Society 98(4):1093-1100.
- Pérez-Faggiani, E. 2009. HLB: Aspectos generales de la enfermedad. *Diaphorina citri*: Avances de la investigación en Uruguay. INIA. 36 pp.
- Pérez-Valencia, L. I., Michel, A. P., Moya-Raygoza, G., & Rodríguez, A. (2019). Genetic variation and structure of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in populations from México. Annals of the Entomological Society of America 112(4):379-387. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz016>
- Postali-Parra, J. A., Rodrigues-Alves, G., Ferreira-Diniz, A. J. y Mendes-Vieira J. 2016. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) *Diaphorina citri* (Hemiptera:

- Liviidae): Mass Rearing and Potential Use of the Parasitoid in Brazil. *Journal of Integrated Pest Management* 7(1) 5: 1-11. doi: 10.1093/jipm/pmw003
- Quijano-Carranza, J. A. 2013. Modelo de la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* Kuwayama, vector de la enfermedad HLB de los cítricos. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería. Tesis doctoral. pp. 78
- Qureshi, A. J. and Stansly, P. A. 2008. Rate, placement and timing of aldicarb applications to control Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in oranges. *Pest Management Science* 64: 1159-1169.
- Raj-Boina, D. and Bloomquist, J. R. 2015. Chemical control of the Asian citrus psyllid and of huanglongbing disease in citrus. *Pest Manag Sci.* Wileyonlinelibrary.com/journal/ps doi:10.1002/ps.3957
- Ramírez, A G., Puentes-Pérez, G. and Restrepo-Díaz, H. 2018. Evaluation of the effect of foliar application of kaolin clay and calcium carbonate on populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in Tahiti lime. *Crop protection* 109: 62-71.
- Restrepo-García, A. M. y Soto-Giraldo, A. 2017. Control alternativo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) utilizando caldo sulfocalcico. *Bol.cient.mus.hist.nat.* 21(2): 51-60.
- Reyes-Rosas, A. M., J. Loera-Gallardo y López-Arroyo, J. I. 2013. Comparación de control natural y químico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(4): 495-501.
- Reyes-Rosas, A. M., J. Loera-Gallardo, J. I. López-Arroyo and Buck, M. 2013. *Brachygastra mellifica* (Hymenoptera: Vespidae): feeding behavior and preferential predation on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) life stages in México. *Florida Entomologist* 4(4): 1588-1594.
- Rodríguez-Palomera, M., Cambero-Campos, J., Robles-Bermúdez, A. Carvajal-Cazola, C. y Estrada-Virgen, O. 2012. Natural enemies associated to *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in *Citrus latifolia* Tanaka, in the state of Nayarit, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 3: 625-629.
- Robles-González, M. M., Orozco-Santos, M., Manzanilla-Ramírez, M. A., Velázquez-Monreal, J. J. y Carrillo-Medrano, S. H. 2017. Efecto del HLB sobre el rendimiento de limón mexicano en Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8 (5): 1101-1111.
- Robles, P. 2008. Protocolo de actuación para la detección del Huanglongbing. SENASICA. Pag. 1-67.
- Robles, P. s/a. Áreas regionales de control (ARCO's) en México. SENASICA. 60 pp.

- Rodríguez Q., C.G. y Mendoza H., A. 2014. Una amenaza para la citricultura mexicana. Ciencia y el Hombre. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana.Vol.27(1). En línea: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol27num1/articulos/amenaza-para-la-citricultura.html>. Fecha de consulta: 16 de enero de 2020.
- Ruan, Ch. Q., Hall, D. G., Lui, B., Duan, Y.P., Li, T., Hu, H.Q., and Fan, G.Ch.. 2015. Host-Choice Behavior of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) Under Laboratory Conditions. Journal of Insect Behavior 28(2): 138:146 En línea: Ruan, Chuan-Qing; Hall, David; Liu, Bo; Duan, Yongping; Li, Tao; Hu, Han-Qing; & Fan, Guo-Cheng. 2015. Host-Choice Behavior of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) Under Laboratory Conditions. Journal of Insect Behavior. Fecha de consulta: abril de 2019.
- Ruíz-Galván, I., N. Bautista-Martínez, H. Sánchez-Arroyo y Valenzuela-Escoboza, F. A. 2015. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) en lima persa. Acta Zoológica Mexicana 31 (1): 41-47.
- Salcedo, D., Mora, G., Covarrubias, I., Cintora, C., Hinojosa, R., Depolis, F. y Mora, S. 2011. Evaluación del impacto económico de la enfermedad de los cítricos Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. Sanidad agropecuaria. COMUNICA. pp. 40-47
- Salcedo-Baca, D., Hinojosa, R. A., Mora-Aguilera, G., Covarrubias-Gutiérrez, I., De Paolis, F., J. R., Mora-Flores, J. S. y Cíntora-González, C. L. 2010. Evaluación del impacto económico de Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola mexicana. IICA.SAGARPA. SENASICA. pp. 4- 140.
- Sánchez-González, J. A. s/a. Programa de liberación de *Tamarixia radiata* en México. SENASICA. SAGARPA. 32 pp.
- Sanidad Vegetal. 2018. Octavo informe mensual campaña contra Huanglongbing de los cítricos. SAGARPA: SENASICA. 6 pp.
- Sandoval-Reyes, F., Arriaga-Ganoa, M. L Hernández-Limón, L., Hernández-Romero, I. y Guzmán-González, F. I. 2013. Actividad biológica en campo del extracto etanólico de *Melia azedarach*, *Psidium guajava*, *Datura stramonium*, *Piper auritum* y *Azadirachta indica a juss* sobre la *Diaphorina citri*. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 9 (1):22-29.
- Santibañez C., T., Mora-Aguilera, G., Díaz-Padilla, G., López-Arroyo, J. I. y Vernal-Hurtado, P. 2013. Marco Estratégico para la Gestión Regional del Huanglongbing en América Latina y el Caribe. FAO.76 pp.
- SENASICA. 2019a. Psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad

Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Fecha de la última actualización: mayo de 2019. Ficha Técnica 77. 16 pp.

SENASICA. 2019b. Ficha técnica Huanglongbing '*Candidatus Liberibacter spp.*' Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF) Cd. de México. Ficha técnica 78 Última actualización: abril, 2019. 34p.

SENASICA. 2018. Estrategia operativa de la campaña contra el huanglongbing de los cítricos. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal. 26 p.

SENASICA. 2017. Manual operativo de la campaña contra el Huanglongbing de los cítricos. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal. 27 p.

SENASICA. 2016. Manual Operativo de la Campaña contra el Huanglongbing de los Cítricos. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal 38 pp.

SENASICA. 2012. Protocolo de actuación ante la emergencia por la detección de psilidos infectivos y/o Huanglongbing. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal pp. 1-29.

SENASICA. s/a a. Ficha técnica HLB Huanglongbing. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal pp. 1-31.

SENASICA. s/a b. Campaña contra el Huanglongbing de los cítricos. En línea: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/huanglongbing-de-los-citricos-110925>. Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2019.

Seo, M., Rivera, M. J., Stelinski, L.L. and Martini, X. 2018. Ladybird beetle trails reduce host acceptance by *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Biological Control 121: 30-35.

SINAVEF. s/a. Ficha Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Con la colaboración del Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (LaNREF) Cd. de México.

Stansly, P. A., Arevalo, H. A., Qureshi, J. A., Jones, M.M., Hendricks, K., Roberts, P. D. and Roka, F. M. 2013. Vector control and foliar nutrition to maintain economic

- sustainability of bearing citrus in Florida groves affected by huanglongbing. *Pest Manag. Sci* Wileyonlinelibrary.com/journal/ps DOI 10.1002/ps.3577
- Stelinski L. L. 2019. Ecological Aspects of the Vector Borne Bacterial Disease, Citrus Greening (Huanglongbing): Dispersal and Host Use by Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. *Insects* 10:208
- Tofangsazi, N., A. Morales-Rodríguez, M. P. Daugherty, G. S. Simmonds y E. E. Grafton-Cardwell. 2018. Residual toxicity of selected organic insecticides to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and non-target effects on *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in California. *Crop Protection*. 108: 62-70.
- Velázquez-Monreal, J. J., Manzanilla-Ramírez, M. A., Robles-Gonzalez, M. M. y Orozco Santos, M. 2013. Experiencias sobre el Huanlglonbing HLB en limón mexicano de Collima. Simposio internacional sobre HLB en cítricos ácidos. Memoria Científica No. 1. pp.7-35.
- Yan, H., Zenga, J. and Zhonga, G. 2014. The push–pull strategy for citrus psyllid control. *Pest Manag, Sci*. Wileyonlinelibrary.com/journal/ps doi.19.1002/ps.3915.
- Zanardi, O., Z. Volpe, H.X.L., Luvizotto, R. A. G., Magnani, R. F., González, F., Calvo, C., Oehlschlager, C. A., Lehan, B. J, Esperança, V., Delfino, J. Y., De Freitas, R., De Carvalho, R. I., Mulinari, T.A., Miranda M. P, Bento S. J. M. and Leal, W. S. 2019. Laboratory and field evaluation of acetic acid-based lures for male Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Scientific Reports* 2019 doi 10.1038/s4 1598-019-49469.
- Zhang M., Powell C. A., Zhenli He L. Z., Stover, E. and Duan, Y. 2011. Chemical Compounds Effective Against the Citrus Huanglongbing Bacterium ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ In *Planta. Bacteriology* 101(9):1097- 1103.