



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
INSTITUTO DE HORTICULTURA

TESIS

DINÁMICA POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Diaphorina citri*  
Kuwayama SOBRE NARANJA 'VALENCIA LATE' EN EL NORTE DE  
VERACRUZ



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA

EMIGDIO DE LA CRUZ DE LA CRUZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Chapingo, Estado de México. Junio de 2014

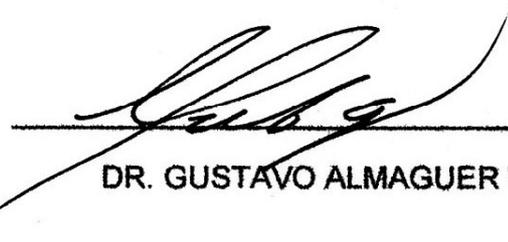


DINÁMICA POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Diaphorina citri* Kuwayama SOBRE NARANJA 'VALENCIA LATE' EN EL NORTE DE VERACRUZ.

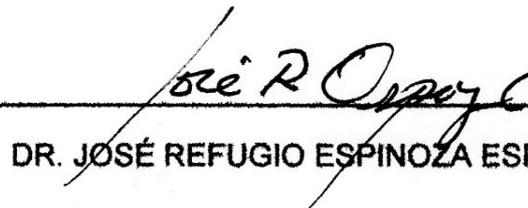
Tesis realizada por Emigdio De la Cruz De la Cruz bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:

  
DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

ASESOR:

  
DR. JOSÉ REFUGIO ESPINOZA ESPINOZA

ASESOR:

  
DR. JUAN ENRIQUE RODRÍGUEZ PÉREZ

ASESOR:

  
DR. RAMÓN MARCOS SOTO HERNÁNDEZ

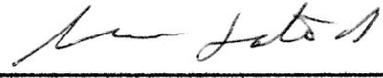
DINÁMICA POBLACIONAL Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Diaphorina citri* Kuwayama SOBRE NARANJA 'VALENCIA LATE' EN EL NORTE DE VERACRUZ.

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Emigdio De la Cruz De la Cruz autor de la presente tesis de Doctor en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

DIRECTOR:   
DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

ASESOR:   
DR. JOSÉ REFUGIO ESPINOZA ESPINOZA

ASESOR:   
DR. JUAN ENRIQUE RODRÍGUEZ PÉREZ

ASESOR:   
DR. RAMÓN MARCOS SOTO HERNÁNDEZ

LECTOR EXTERNO:   
DR. JUAN CIBRIÁN TOVAR

## DEDICATORIA

A mi esposa Olga Estrada Ayala, por su apoyo y comprensión durante el desarrollo de mis estudios de postgrado. Por entender que esto es importante para mí.

A mi madre, que sin saberlo, me ha impulsado desde lejos para alcanzar objetivos que ni en los mejores sueños había tenido.

A mis amigos citricultores del norte de Veracruz, que siguen confiando en que algún día resolvamos su problemática para la producción.

A los amigos, Miryam, Esbeydi, Artemio, Juan, Juan Carlos, Jacobo, Toño, Alfredo, que a su manera fueron buenos maestros de superación personal y una buena razón para no dejar la tesis a medias.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado para los estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por la oportunidad de desarrollar el doctorado.

Al Dr. Gustavo Almaguer Vargas, por la dirección de la tesis doctoral, su amistad y apoyo en todo el proceso de investigación.

Al Dr. José Refugio Espinoza Espinoza, por sus consejos y disponibilidad para apoyar el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez, por la revisión crítica y acertada del trabajo de investigación.

Al Dr. Marcos Soto Hernández, por las facilidades brindadas en su laboratorio para desarrollar el trabajo de investigación y la revisión del documento final.

Al Dr. Juan Cibrián Tovar, por las facilidades brindadas en su laboratorio para desarrollar parte del trabajo de investigación y por sus consejos siempre acertados.

## DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació en La Puerta, Chicontepec, Veracruz el 5 de agosto de 1974. Cursó estudios de primaria y secundaria en su tierra natal. La preparatoria y licenciatura las concluyó con mención honorífica en la Universidad Autónoma Chapingo, donde se graduó del departamento de fitotecnia en 1998.

De 2001 a 2003 desarrolló estudios de maestría en fruticultura en el Colegio de Postgraduados.

Toda su vida profesional la ha desarrollado en fruticultura tropical y particularmente en el área de cítricos. Desde el año 2003 aparece en el directorio de autorización del SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria) como Profesional Fitosanitario Autorizado (PFA) en unidades de material propagativo de cítricos certificados. La acreditación se renueva cada dos años previa evaluación de desempeño y conocimientos. Su experiencia profesional ha sido en el establecimiento y manejo de huertos de cítricos, así como en la producción de yemas, semillas y planta certificada de estas especies.

## RESUMEN

La producción citrícola de Veracruz está en riesgo por la presencia de *Diaphorina citri*, vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter*, que causa la enfermedad del Huanglongbing. Con los objetivos de conocer su dinámica poblacional y distribución espacial, asociada a la fenología de la planta y a las condiciones climáticas de la región, y establecer estrategias de control del psílido basadas en índices de agregación, se realizaron muestreos de enero de 2011 a marzo de 2013 en tres localidades del norte de Veracruz. Los muestreos se hicieron en árboles de naranja 'Valencia Late'. En una hectárea de plantación se tomaron 30 árboles al azar en cada fecha de muestreo y en los cuatro puntos cardinales de cada árbol en 1 m<sup>2</sup> se contó número de brotes jóvenes, adultos y ninfas. Durante el estudio se registraron temperaturas mínima y máxima, precipitación y humedad relativa. Se estudiaron las asociaciones entre la dinámica poblacional de ninfas y adultos con las variables climáticas registradas y brotes jóvenes mediante técnicas de regresión. Adicionalmente se determinó la distribución del psílido mediante el índice k de la binomial negativa y el coeficiente b de la ley del poder de Taylor. Los resultados mostraron que la presencia de brotes siempre tuvo asociación positiva significativa con la presencia de ninfas y adultos. La precipitación tuvo efecto negativo sobre las ninfas; la temperatura tuvo efecto variable, de acuerdo a la localidad y fase del insecto. Los índices de agregación mostraron que la distribución de ninfas y adultos fue agregada; pero en épocas de baja densidad del psílido su distribución fue aleatoria; asociado a la biología del insecto de ovipositar sólo en brotes tiernos y a factores climáticos.

**PALABRAS CLAVE:** *Diaphorina citri*, dinámica poblacional, índices de agregación, psílido, factores climáticos.

## ABSTRACT

Veracruz's citrus production is at risk, due to the presence of *Diaphorina citri*, a vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter* that causes the Huanglongbing disease. The objectives of the research were to know the insect's dynamic populations regard to plant's phenology and environmental factors; at the same time to propose vector's control strategies according to aggregation indices. Aiming at this, samplings were carried out from January 2011 to March 2013 in three locations in the northern part of Veracruzstate. Samplings were carried out in a hectare planted with 'Valencia Late' orange. 30 trees were randomly selected in each sampling date and in the four cardinal points from each tree, in a frame of one square meter, the number of young shoots, nymphs and adults of *Diaphorina citri* were counted. During the study, the maximum and minimum temperatures, rainfall and relative humidity were recorded. Generalized linear models, between these environmental parameters and the number of adults and nymphs of the psyllid, were calculated. K index from negative binomial distribution and b coefficient from Taylor's power law were calculated. Results showed that young shoots presence was always positive and significantly associated with adults and nymphs of the psyllid. Rainfall had a negative effect on the pest's nymphs, while temperature had a changing effect according to locality and insect's stage development. The k index and coefficient b showed that nymphs and adults had an aggregate distribution, but in months with low populations the adults had random distribution. That was attributed to the insect biology to lay eggs only on young shoots and to the environmental factors.

**KEY WORDS:** *Diaphorina citri*, population dynamics, aggregation indices, psillyd, environmental factors.

## ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS-----	x
ÍNDICE DE FIGURAS-----	xi
I. INTRODUCCIÓN-----	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS-----	2
2.1. OBJETIVOS-----	2
2.2. HIPÓTESIS-----	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA-----	3
3.1. El Huanglongbing (HLB)-----	3
3.2. <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama: vector del HLB-----	5
3.2.1. Interacción Patógeno-Vector-----	7
3.2.2. Métodos de control-----	8
3.2.3. Factores abióticos y su relación con el vector-----	12
3.2.4. Fenología de los cítricos y dinámica poblacional de <i>Diaphorina citri</i> -----	16
3.3. Índices de agregación-----	21
IV. MATERIALES Y MÉTODOS-----	23
4.1. Localización-----	23
4.2. Material vegetal-----	23
4.3. Manejo de huertos-----	24
4.4. Muestreo-----	25
4.4.1. Caracteres evaluados-----	25
4.4.2. Variables climatológicas-----	26
4.5. Análisis de datos-----	26
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	29
5.1. Clima y dinámica poblacional-----	29
5.2. Brotación-----	36
5.3. Dinámica poblacional-----	37
5.4. Índices de agregación-----	42
5.5. Estrategias de control del psílido-----	47
VI. CONCLUSIONES-----	50
VII. LITERATURA CITADA-----	51
VIII. ANEXOS-----	58

## ÍNDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1	Etapas fenológicas desde la formación de la yema, hasta la emisión de brotes nuevos en plantas de cítricos-----	16
Cuadro 2	Fenología de estructuras reproductivas y desarrollo de fruto en cítricos-----	18
Cuadro 3	Condiciones climáticas en las localidades de estudio que benefician o afectan a <i>Diaphorina citri</i> -----	29
Cuadro 4	Ecuaciones de las regresiones obtenidas entre las variables climáticas y el número de adultos y ninfas de <i>Diaphorina citri</i> en huertos de naranja 'Valencia Late'-----	34
Cuadro 5	Promedio por brote de ninfas y adultos de <i>Diaphorina citri</i> sobre naranja 'Valencia' en tres localidades de Veracruz-----	40
Cuadro 6	Índice de k de la binomial negativa en ninfas y adultos de <i>Diaphorina citri</i> en tres localidades de Veracruz en cultivo de naranja 'Valencia' (2011- 2013)	42
Cuadro 7	Ley del poder de Taylor, para ninfas y adultos de <i>Diaphorina citri</i> en tres localidades de Veracruz (2011-2013)-----	43
Cuadro 8	Tamaño de agregación media ( $\lambda$ ), para adultos y ninfas de <i>Diaphorina citri</i> en tres localidades de Veracruz-----	45
Cuadro 9	Regresiones entre factores climáticos y el índice k de la binomial negativa de ninfas de <i>Diaphorina citri</i> en las tres localidades estudiadas-----	46
Cuadro 10	Ecuaciones de regresión entre los factores climáticas y el índice k de la binomial negativa con adultos de <i>Diaphorina citri</i> en tres localidades del norte de Veracruz-----	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Variables climáticas y su relación con el número de brotes, ninfas y adultos de <i>Diaphorina citri</i> en Chicontepec, Veracruz-----	30
Figura 2 Relación entre las variables climáticas y el número de brotes, ninfas y adultos de <i>Diaphorina citri</i> en naranja 'Valencia Late' en Benito Juárez, Veracruz-----	31
Figura 3 Las variables climáticas y su relación con el número de brotes, adultos y ninfas de <i>Diaphorina citri</i> en Tuxpan, Veracruz-----	32
Figura 4 Dinámica de la brotación de naranja 'Valencia Late' en tres localidades de Veracruz y su relación con la aplicación de agroquímicos-----	49

## VIII. ANEXOS

Anexo 1	Localización del área de estudio-----	58
Anexo 2	Contenido nutrimental del fertilizante foliar utilizado en los huertos en estudio-----	69
Anexo 3	Fechas de muestreo de <i>Diaphorina citri</i> en tres localidades del norte de Veracruz-----	60

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de cítricos en México está en riesgo por la llegada del Psílido Asiático de los Cítricos (PAC) *Diaphorina citri*. Este insecto es vector de la bacteria *Candidatus Liberibacter*, causante de la enfermedad conocida como Huanglongbing (HLB) de los cítricos, una enfermedad muy destructiva que hasta el momento no tiene cura. Ataca a todas las variedades de cítricos, independientemente del patrón en el que estén injertadas.

Actualmente el vector se encuentra distribuido en los 23 estados productores de cítricos del país y la bacteria desde su llegada en 2009, la bacteria ha afectado la citricultura de 13 estados. En el caso de Colima, ha infectado al 50 % de los árboles (SENASICA, 2014).

Veracruz cuenta con 250,000 ha de cítricos, que representa 50% de la superficie sembrada a nivel nacional, de éstas 167,000 son de naranja, aún libre de la bacteria; pero que se espera llegue en el futuro y reduzca la producción. Una de las estrategias para reducir la dispersión de la enfermedad y su impacto en la producción, es el control del vector. Para ello se requiere conocer la dinámica poblacional y distribución del insecto vector, que son variables en función de la localidad, año, especie de cítrico, fenología y edad de la planta. En el estado de Veracruz, a pesar de la importancia del cultivo de naranja, son escasos los estudios para generar información que permita diseñar estrategias para el manejo del insecto.

## II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1. Objetivos

2.1.1. Estudiar las relaciones entre la dinámica poblacional de *Diaphorina citri* con la fenología del cultivo de naranja 'Valencia Late' y con las condiciones ambientales de la región, a través de muestreos en huertos de tres localidades del norte de Veracruz, durante los años 2011 y 2012.

2.1.2. Establecer la distribución espacial de *Diaphorina citri* dentro de huertos de naranja, mediante índices de agregación para el diseño de estrategias de control.

### 2.2. Hipótesis

2.2.1. La distribución temporal de *Diaphorina citri* en la zona norte del estado de Veracruz está condicionada por factores climáticos y la fenología del cultivo.

2.2.2. El hábito de reproducción del psílido, de ovipositar sólo en brotes tiernos, determina los patrones de distribución espacial dentro de los huertos, que reflejarán las condiciones del clima y fenología del cultivo.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. El Huanglongbing (HLB)

El HLB, es una enfermedad causada por una bacteria gram-negativa, persistente y propagativa. Hasta ahora no ha sido posible cultivarla en laboratorio y su manejo es difícil y costoso (Bové, 2006).

Se han detectado tres cepas diferentes en cítricos de acuerdo con el continente en que se desarrollan: *Candidatus Liberibacter asiaticus*, para Asia, *Candidatus Liberibacter africanus*, para África y *Candidatus Liberibacter americanus* para América (Bové, 2006). Las cepas asiática y americana son transmitidas por el psílido *Diaphorina citri* y la africana por *Trioza erytreae* (Aubert, 1987; Garnier y Bové, 1996).

La bacteria también puede ser transmitida mediante injertos. La transmisión por semillas se desconoce ya que los frutos de plantas enfermas con HLB caen prematuramente y además, presentan un alto porcentaje de semillas abortadas (Grafton-Cardwell *et al.*, 2013).

La presencia de la bacteria en México se registró en Julio de 2009 en Yucatán, y desde entonces se ha distribuido a Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco y Zacatecas (SENASICA, 2014).

Lo anterior significa más del 50% de los 23 estados productores de cítricos; entre los más afectados están los estados de la región del océano Pacífico (SENASICA, 2014).

En la etapa inicial, la enfermedad se caracteriza porque las plantas presentan uno o varios brotes amarillos, que destacan entre el follaje verde del resto del árbol. Dichos brotes son los que le dan el nombre a la enfermedad (Huanglongbing); con el paso del tiempo, la bacteria invade todo el árbol y los brotes amarillos se observan en todo el follaje (Bové, 2006).

Las hojas de los brotes amarillos presentan matices amarillos, verde pálido y verde oscuro, mezclados unos con otros sin que existan límites en ese mosaico de colores. Este moteado es asimétrico entre uno y otro lado de la lámina foliar, a diferencia de las deficiencias de Zinc, Manganeso, Magnesio, Calcio y Hierro, que presentan distribución simétrica. Con el paso del tiempo todas las hojas afectadas se tornan amarillas. Las hojas engrosan y se tornan coriáceas, las venas central y lateral aumentan de volumen y adquieren aspecto corchoso; también se puede presentar defoliación y muerte regresiva de los brotes (Halbert y Manjunath, 2004; Bové, 2006).

Los frutos son pequeños, con desarrollo asimétrico con respecto a su eje. Cuando maduran presentan lo que se conoce como inversión de color, el cambio de color inicia en el pedúnculo, cuando lo normal es que empiece en la zona estilar; las semillas abortan y el jugo es ácido (Bové, 2006; Beozzo *et al.*, 2009).

### 3. 2. *Diaphorina citri* Kuwayama: vector del HLB

*Candidatus Liberibacter*, causante del HLB, posee dos vectores altamente eficientes para su transmisión: *Diaphorina citri* y *Trioza erythrae*. La primera especie transmite las cepas asiática y americana, mientras que la segunda está adaptada para la cepa africana (Garnier y Bové, 1996; Halbert y Manunjath, 2004). Por las condiciones de clima cálido en las regiones citrícolas de México, es viable la reproducción y dispersión de *Diaphorina citri*, así como las cepas asiática y americana de la bacteria (Salcedo *et al.*, 2010).

Los adultos de *Diaphorina citri* miden de 2.7 a 3.3mm de longitud; tienen las alas moteadas de color café; son muy activos; pueden saltar y volar a cortas distancias cuando son perturbados en la planta. Una característica es que al alimentarse o estar en reposo sobre las hojas, su cabeza y su cuerpo forman un ángulo de 45° con dicha superficie (Hall, 2008).

El ciclo de vida del psílido incluye la etapa de huevo, cinco instares ninfales y adulto. Los huevos son colocados en los brotes tiernos, tienen un tamaño de 0.31mm de largo y 0.14mm de ancho, son de color amarillo claro al principio y en la madurez se tornan naranja brillante. El periodo de desarrollo del huevo es de 4 días a temperatura de 25°C. Una vez que eclosionan, surgen las ninfas, que en el primer instar miden 0.3mm de largo y 0.17mm de ancho; tienen un color ligeramente rosado y un par de ojos compuestos; en el segundo instar miden 0.45mm de largo por 0.25mm de ancho, además tienen un par de alas rudimentarias (Bové, 2006).

El tercer instar se caracteriza por el par de alas desarrolladas y la segmentación de las antenas, miden 0.74mm de largo y 0.43mm de ancho; en el cuarto y

quinto instar se completa el desarrollo de alas y antenas, y alcanza un tamaño promedio de 1.6mm de largo y 1.02mm de ancho. El tiempo de ninfa a adulto es de 13 días con temperatura de 25°C. Los adultos adquieren la madurez sexual entre los 2 y 3 días después de pasar el 5º instar y la oviposición la inician 1 ó 2 días después del apareamiento (Tsai y Liu, 2000).

Bajo temperaturas óptimas los machos adultos viven de 21 a 25 días y las hembras de 31 a 40 días. Las hembras se aparean frecuentemente y mientras existan brotes jóvenes continúan ovipositando, un promedio de 650 y un máximo de 800 huevecillos por mes. La oviposición disminuye cuando la humedad relativa es menor a 40% o bien con temperaturas superiores a 41.6°C o menores que 16°C (Shivankar *et al.*, 2005; Grafton-Cardwell, 2013).

Las fluctuaciones poblacionales están estrechamente relacionadas con la presencia de brotes jóvenes, ya que los huevecillos sólo son colocados en éstos y las ninfas no se desarrollan en brotes maduros. Durante un año se pueden presentar nueve generaciones del psílido, lo que varía de acuerdo a las condiciones ambientales, edad y tipo de hospedero, así como con las prácticas de manejo que se den al huerto. En algunos lugares se presentan hasta 11 generaciones del psílido al año (Yang *et al.*, 2006).

*Diaphorina citri* utiliza como hospederos 56 especies de plantas.

La mayoría pertenece a la familia rutácea, entre las especies de importancia económica destacan las del género *Citrus*, plantas ornamentales como

limonaria (*Murraya paniculata*(L.) Jack), *M. koenigii*(L.) Sprengel y *Severinia buxifolia*(Poiret) (Halbert y Nuñez, 2004).

De los hospederos señalados, el vector prefiere para su desarrollo árboles de pomelo (*Citrus paradisi*) y limonaria (*Murraya paniculata*); esta última juega un papel importante en su preservación y desarrollo, ya que presenta flujos vegetativos durante todo el año, lo cual permite la sobrevivencia y reproducción del psílido (Tsai y Liu, 2000; Halbert y Manjunath, 2004).

### 3. 2.1. Interacción Patógeno-Vector

Del 1º al 3º estadio ninfal, el psílido no es capaz de adquirir y por tanto, tampoco de transmitir la enfermedad. Puede infectar y actuar como vector en el 4º y 5º instar, y como adulto. Para adquirir la bacteria, el insecto requiere un tiempo de alimentación de 15 minutos a 24 horas; una vez adquirido el patógeno, éste se reproduce en el organismo del psílido, el cual, después de 25 días, puede empezar a dispersar la enfermedad, aunque hay reportes que señalan que el periodo de espera puede ser de un día. La bacteria pasa del insecto a la planta cuando éste se alimenta en ella y se ha observado que el tiempo para infectarla es de 15 minutos a 7 horas (Hall, 2008; Grafton-Cardwell *et al.*, 2013).

Los primeros estudios señalaron que en condiciones de laboratorio la transmisión de la bacteria a las plantas por *Diaphorina citri* era baja (1.3 % a 12.2 %) y excepcionalmente alta (80 %).

Estudios recientes con técnicas de PCR han registrado una eficiencia de transmisión del 67 % (Meyer *et al.*, 2007; Inoue *et al.*, 2009). Aun bajo

condiciones controladas, esta eficiencia no es uniforme, ya que varía de acuerdo al tiempo de confinamiento del vector en las plantas enfermas, así como la etapa en la que se alimente, ya que las ninfas son más eficientes en adquirir la bacteria que los adultos (Grafton-Cardwell *et al.*, 2013).

Otra variable a considerar es el número de insectos infectados, ya que aunque un solo psílido es capaz de infectar a las plantas, las tasas de inoculación aumentan proporcionalmente a la cantidad de psílicos infectados presentes en las plantas (Grafton-Cardwell *et al.*, 2013).

### 3.2.2. Métodos de control

#### a) Control legal

El control legal es la primera línea de defensa que se establece contra plagas cuarentenarias. Antes de la llegada de *Diaphorina citri*, México ya contaba con toda la normatividad necesaria para la producción y movilización de material propagativo de cítricos (NOM-079-FITO-2002) para evitar la dispersión de plagas cuarentenadas. Lo anterior sirvió como marco para elaborar el acuerdo por el cual se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp.*) y su vector *Diaphorina citri* (SAGARPA, 2010; Diario Oficial de la Federación, México; Agosto 16 de 2010).

A pesar de las regulaciones, desde la llegada del vector en el año 2002, y la aparición de psílicos infectados con la bacteria en 2009, se han cuarentenado

14 estados por la presencia de HLB, destacando los estados de la península de Yucatán y los de la región del Océano Pacífico (SENASICA, 2014).

El acuerdo arriba referido, entre otras cosas, estableció que la producción de material propagativo de cítricos en estados donde se encuentra la bacteria deberá realizarse bajo protección con malla antiáfido, así como análisis por PCR en tiempo real del material propagativo (excepto semillas) cuando requiera ser movilizadado a otros estados. Sin embargo, la regulación no ha podido evitar que sigan existiendo unidades de producción al aire libre, lo que conlleva la dispersión del vector y la enfermedad dentro de la misma entidad y a estados vecinos.

#### b) Control químico

En todas las regiones productoras de cítricos en el mundo donde se ha detectado al vector y la bacteria, se hace uso intensivo de insecticidas sintéticos. Entre los ingredientes activos con control mayor al 80% encontramos thiametoxam, imidacloprid, formetanato, metidathion, fosmet (Yamamoto *et al.*, 2008). También se ha observado buen control con fenpropatrin, clorpirifos, betaciflutrina, metamidofos y dimetoato (Ahmed *et al.*, 2004; Childers y Rogers, 2005). En México se obtuvo buen control de ninfas y adultos con dimetoato, ometoato e imidacloprid (Hernández-Fuentes *et al.*, 2012; Reyes-Rosas *et al.*, 2013).

El control químico, a pesar de los buenos resultados que brinda de manera inmediata, también trae consigo la reducción de los enemigos naturales de *Diaphorina citri* y lo que en China conocen como las tres R: residualidad,

reemergencia y resistencia, debido a que el psílido presenta muchas generaciones al año y por tanto requiere varias aplicaciones de insecticidas (Yang *et al.*, 2006).

Por ello dentro de un programa de manejo integrado de plagas (MIP), los insecticidas de amplio espectro pueden ser utilizados durante el periodo invernal (diciembre-enero), ya que si se hacen 1-2 aplicaciones se reduce considerablemente la población de adultos sin afectar la cantidad de enemigos naturales, ya que en ese tiempo éstos presentan poca actividad (Qureshi y Stansly, 2010).

Otra alternativa es el uso de aceites minerales, al no ser selectivos y ser de baja actividad residual; causan poco daño a insectos benéficos; y se desconoce que generen resistencia en artrópodos (Rae *et al.*, 1997; Childers y Rogers, 2005), aunque en México el control que ejercieron sobre ninfas y adultos del psílido fue limitado (Hernández-Fuentes *et al.*, 2012).

### c) Control biológico

El psílido asiático de los cítricos tiene una gran cantidad de enemigos naturales como son arácnidos, crisópidos, sirfidos y coccinélidos, pero hasta ahora los estudios a nivel mundial se han centrado en el eulophido ectoparásito *Tamarixia radiata*; este insecto se ha utilizado con éxito en las Islas Reunión, Islas Guadalupe y Puerto Rico con parasitismo de 60 a 70 %.

En Florida se hicieron liberaciones del ectoparásito y está distribuido ampliamente, pero el nivel de parasitismo ha sido sólo de 1 a 3 % (Michaud, 2004; Hoy, 2005; Qureshi y Stansly, 2009). En Colima, México, con la liberación

de 400 avispas a la semana por hectárea, se logró reducir 90 % las poblaciones del psílido (Williams *et al.*, 2012).

Otro insecto que se ha utilizado es el encyrtido endoparásito *Diaphorencyrtus aligarhensis*, del cual se ha reportado parasitismo del 20 % en las Islas Reunión (Halbert y Manjunath, 2004); en Florida de las liberaciones que se hicieron en el año 2000, se recuperaron muy pocos insectos (Hoy, 2005).

Otros enemigos naturales de *Diaphorina citri*, son los coccinélidos, crisopas, arañas y hormigas. Dentro del primer grupo las especies encontradas con más frecuencia fueron *Olla v-nigrum*, *Cicloneda sanguínea* y *Harmonia axyridis*, a quienes se atribuyó el control del 50 % de huevecillos y ninfas del psílido en brotes de árboles de pomelo (Michaud, 2004; Qureshi y Stansly, 2009). En México bajo condiciones de laboratorio *Cicloneda sanguínea* consumió entre 28 y 43 ninfas por día, mientras que *Harmonia axyridis* comió de 56 a 89 ninfas del psílido por día (Reyes-Rosas *et al.*, 2013).

En regiones con humedad relativa mayor al 80 %, se ha observado que además de insectos, también se pueden utilizar hongos como *Cladosporium* sp. nr. *Oxysporum* Berk & M. A. Curtis, *Capnodium citri* Mont. e *Hirsutella citriformis*, que causan una mortalidad de 60 a 70 % de las ninfas del insecto (Aubert, 1987; Halbert y Manjunath, 2004).

#### d) Control cultural

El control cultural es la alternativa que se ha desarrollado en países como Brasil y Estados Unidos; se basa principalmente en el monitoreo y erradicación de

plantas enfermas, lo que hasta ahora ha permitido mantener la producción de cítricos (Grafton-Cardwell *et al.*, 2013). Para mitigar la eliminación de plantas y mantener los rendimientos, se han desarrollado estrategias como el establecimiento de altas densidades de plantación, usando portainjertos enanizantes como *Poncirus trifoliata* (Stuchi *et al.*, 2009).

Otra práctica cultural que puede ayudar a reducir la dispersión del vector, es el establecimiento de barreras rompevientos (Roistacher, 1996). Entre las especies que se han mencionado como alternativa es el guayabo (*Psidium guajava*) que ha mostrado repelencia al insecto (Rouseff *et al.*, 2008).

### 3.2.3. Factores abióticos y su relación con el vector

Temperaturas extremas (altas o bajas), humedad relativa mayor al 60% así como precipitaciones fuertes y prolongadas juegan un papel importante en la reducción del número de generaciones de *Diaphorina citri*, por lo que representan una alternativa de control, siempre y cuando no esté presente la bacteria (Aubert, 1987; Yang *et al.*, 2006).

*Diaphorina citri* es más sensible a humedad relativa y precipitación elevadas que a temperaturas extremas (Aubert, 1987); sin embargo, otros investigadores señalan que la temperatura tiene efecto significativo en la tasa de desarrollo, sobrevivencia, reproducción y longevidad del psílido; en condiciones de laboratorio Liu y Tsai (2000) han establecido que las poblaciones crecen adecuadamente entre 25-28°C.

En este mismo trabajo se estableció como límites para el desarrollo del psílido una temperatura mínima de 10°C y una temperatura máxima de 33°C. Por su parte Nava *et al.* (2007) señalan que hay un buen desarrollo del psílido en un

rango de temperatura de 18 a 30°C y coincidieron en mencionar que temperaturas mayores a 32°C son desfavorables para el insecto. La temperatura base se ha establecido entre 8.9 a 12°C.

Los adultos pueden sobrevivir a heladas ligeras (0 a -2°C) o moderadas (-2 a -4°C) y por poco tiempo a temperaturas de -6.5°C (Hall *et al.*, 2011), aunque para la oviposición, la temperatura mínima a la cual se desarrolla es entre 15 y 16°C. En condiciones de campo, *Diaphorina citri* presentó alta mortalidad de adultos en el invierno, cuando hubo bajas temperaturas e intensa fluctuación de las mismas (Yang, *et al.*, 2006)

Para fines de control regional, la temperatura es uno de los factores que limita la distribución del psílido; las regiones deben ser divididas con base en este factor para definir el manejo a seguir; de esta manera se ha establecido que, con base en isotermas, se pueden definir zonas como: muy favorables (>7.5°C), ligeramente favorables (6.4-7.4°C) y potenciales (5.4-6.3°C). Lo anterior considerando que 6.4°C es la temperatura mínima mensual que favorece la distribución del insecto (Yang *et al.*, 2006).

La humedad relativa es un factor importante para el establecimiento de *Diaphorina citri*, ya que en regiones con menos del 40%, los huevecillos y ninfas presentaron alta mortalidad por desecación o redujeron su viabilidad.

Humedades relativas entre 87 y 90% favorecen la presencia de epizootias con los hongos *Capnodium citri* e *Hirsutella citriformis* en ninfas de 2º a 5º instar, causando una mortalidad de 60 a 70% (Aubert, 1987); aunque Postalli-Parra *et al.* (2010) observaron que con humedad relativa de 40 a 90%, tanto ninfas como

huevecillos presentaron una viabilidad de 60 a 90% y la duración en su periodo de desarrollo no se vio afectado.

Por otra parte Shivankar *et al.* (2005), encontraron que existió correlación negativa entre humedad relativa mayor al 60% y la presencia de *Diaphorina citri*, mientras que Ahmed *et al.* (2004), reportaron falta de correlación entre este factor y la presencia del psílido.

Respecto a la lluvia, el psílido asiático de los cítricos en etapa de huevo y ninfa, es susceptible de ser lavado de la superficie de los brotes cuando se presentan precipitaciones mayores a 150mm al mes, lo que reduce notablemente las poblaciones (Aubert, 1987). Las ninfas, aun cuando tienen movimiento, terminan su desarrollo en el brote en que nacieron; no migran hacia otros brotes para protegerse de la lluvia, lo que sí hacen los adultos que migran a las ramas bajas o bien se esconden en el envés de las hojas y no son afectados tan fácilmente por la precipitación (Regmi y Lama, 1988; Yamamoto *et al.*, 2001). Investigadores como Ahmed *et al.* (2004) y Chiaradia *et al.* (2008) no encontraron correlación entre las poblaciones del psílido y la lluvia.

Los factores geográficos también pueden llegar a limitar la dispersión del psílido, como se ha observado en China, donde, al hacer un análisis por regiones, se observó que el psílido puede encontrarse hasta altitudes de 1200msnm.

Peró su distribución en diferentes regiones está condicionada por la presencia de montañas que sirven como barreras naturales a la migración, limitando al psílido a ciertas áreas (Yang *et al.*, 2006).

En México, además de la orografía, lo que puede limitar el movimiento del psílido es la presencia de vegetación natural, que puede servir como barrera rompevientos, limitando con ello la dispersión del insecto.

No hay consenso sobre la influencia de los factores ambientales en la reproducción y dispersión de *Diaphorina citri* (Mcfarland y Hoy, 2001), pero hay evidencia de que de acuerdo a la región productora y especie, estos factores sí afectan la reproducción y el tiempo de vida, ya que las condiciones óptimas para que el insecto viva y se reproduzca, no siempre se cumplen en el campo (Tsai y Liu, 2000; Nava *et al.*, 2010).

Los datos de alta sobrevivencia obtenidos en laboratorio, se redujeron notablemente en campo, por lo que Qureshi y Stansly (2009) destacaron que se ha sobrevalorado la tasa reproductiva del insecto, porque en condiciones de laboratorio no se considera el efecto de los enemigos naturales. Por su parte Michaud (2004) y, Paiva y Postalli-Parra (2012) observaron que aun sin la intervención de enemigos naturales, la sobrevivencia del psílido de huevo a adulto fue de 6 a 7.8%. Dicha reducción se dio sobre todo en etapa de huevecillo y en los primeros tres instares ninfales del insecto.

#### 3.2.4. Fenología de los cítricos y dinámica poblacional de *Diaphorina citri*

Existen diferentes escalas para hacer la fenología de los cultivos de acuerdo al propósito del estudio que se esté desarrollando. A nivel internacional la

caracterización se hace mediante la escala BBCH (Meier, 2001), que ha sido adaptada para cítricos (Alia *et al.*, 2011).

La escala (Cuadros 1 y 2) utiliza una codificación numérica decimal para cada estadio; presenta 10 estadios principales que se dividen en estadios secundarios, numerados del 0 al 9 y corresponden a la proporción de avance dentro del estadio principal.

Cuadro 1. Etapas fenológicas desde la formación de la yema, hasta la emisión de brotes nuevos en plantas de cítricos.

Etapa	Clave	Descripción
0: Germinación/desarrollo de la yema	00	Dormancia: yemas foliares e inflorescencia sin diferenciar, cerrada y cubierta por escamas verdes
	01	Inicio de hinchado de yema
	03	Fin de hinchado de yema: escamas verdes ligeramente separadas
	07	Inicio de apertura de la yema
	09	Puntas verdes de las hojas visibles
1: Desarrollo de la hoja	10	Separación de las primeras hojas: escamas verdes ligeramente abiertas, hojas emergiendo
	11	Primeras hojas visibles
	15	Más hojas visibles; aún no logran alcanzar el tamaño normal
	19	Primeras hojas completamente expandidas
3: Desarrollo del tallo	31	Inicia crecimiento del tallo: está visible el eje del tallo en desarrollo
	32	Tallos aproximadamente a 20% de longitud final
	39	Tallos aproximadamente a 90% de longitud final

De acuerdo a la escala y al desarrollo del psílido, en la etapa 0, cuando el brote tiene de 3 a 5 mm es cuando se inicia la oviposición. De ahí en adelante avanza el desarrollo del brote y del insecto hasta alcanzar la etapa adulta, que ocurre

cuando se presenta en la planta el amarre de fruto (etapa 6). La oviposición y desarrollo de ninfas sólo se da en brotes jóvenes, mientras que los adultos pueden alimentarse de brotes maduros (Yang *et al.*, 2006).

Los botones florales (Cuadro 2), normalmente se desarrollan de manera simultánea que los vegetativos y al coincidir con el desarrollo del psílido, en ataques graves de *Diaphorina citri* puede haber pérdidas importantes de flores y en consecuencia de la cosecha (Qureshi y Stansly, 2010).

Conocer a detalle cómo se presentan las etapas fenológicas de los cítricos es importante, pero para efectos de manejo del huerto y del insecto, lo esencial es conocer cuándo se presenta cada fase, lo cual está asociado a factores ambientales, entre los que hay que destacar bajas temperaturas y precipitación. Las bajas temperaturas, que se presentan en el otoño-invierno, promueven la brotación y floración más abundante de los cítricos en la primavera (Monselise, 1985). En términos generales se necesitan alrededor de 700 horas con temperaturas iguales o menores a 19°C, para inducir una floración abundante (Albrigo, 1999).

Esta abundancia va a estar afectada por las condiciones de manejo del cultivo y por la especie, aunque todas las especies presentan la mayor intensidad en la época ya señalada (Alia *et al.*, 2011).

Cuadro 2. Fenología de estructuras reproductivas y desarrollo de fruto en cítricos.

Etapa	Clave	Descripción
5: Emergencia de la inflorescencia	51	Yemas florales hinchadas: botón floral cerrado, escamas verde claro, visibles
	53	Apertura de yema: escamas separadas, punta de la

		flor visible
	55	Flores visibles, aún cerradas (botón verde), en inflorescencias únicas o multiflorales con o sin hojas
	56	Pétalos florales elongándose; sépalos cubriendo la mitad de la corola (botón blanco)
	57	Sépalos abiertos: punta de pétalos visible; flores con pétalos blancos o lila, aun cerradas
	59	La mayoría de flores con pétalos formando esfera vacía
6: Floración	60	Primeras flores abiertas
	61	Inicio de floración: aproximadamente 10% de flores abiertas
	65	Plena floración: 50% de flores abiertas; primeros pétalos desprendidos
	67	Desvanecimiento de la floración: la mayoría de los pétalos desprendidos
	69	Fin de la floración: todos los pétalos desprendidos
7: Desarrollo del fruto	71	Amarre de fruto; inicio del crecimiento del ovario: inicio de abscisión de frutillos
	72	Fruto verde rodeado de la corona de sépalos
	73	Algunos frutos ligeramente amarillos: inicio de caída fisiológica de frutos
	74	Frutos a 40% de su tamaño final. Fruto verde obscuro: fin de la absorción fisiológica de los frutos
	79	Frutos a aproximadamente 90% de su tamaño final
8: Maduración del fruto	81	Inicio del cambio de color del fruto
	83	Fruto maduro para cosecha; el fruto aún no ha desarrollado el color varietal específico
	85	Maduración avanzada; mayor intensidad de color específico de la variedad
	89	Fruto maduro para consumo; el fruto tiene sabor y firmeza típica; inicio de senescencia y abscisión del fruto
9: Senescencia, inicio de dormancia	91	Crecimiento del brote completo; follaje completamente verde
	93	Inicio de la senescencia y abscisión de hojas viejas
	97	Periodo de dormancia invernal

Otro factor inductor de la floración es el déficit hídrico; por ello en las regiones tropicales los cítricos florecen en el verano, después del periodo de sequía de abril a mayo con las primeras lluvias de junio, requiriéndose en general de 60 a

70 días de sequía moderada a severa para lograr dicho evento (Albrigo, 2009). Este periodo de brotación es el segundo más importante, ya que en él se concentra el 30% de los brotes que se producen al año. Otros periodos de floración definidos por la sequía son los que ocurren en agosto y octubre. Se ha señalado que en regiones tropicales la falta de periodicidad hídrica y variabilidad térmica provoca que los cítricos florezcan todo el año, pero generalmente tienden a producir 3 o 4 brotaciones y floraciones medianas y 3 o 4 floraciones pequeñas (Medina *et al.*, 2007).

Esto varía de acuerdo a la especie, ya que en limones y pomelo (*Citrus paradisi*) es continua, mientras que en naranja hay dos épocas importantes, la de febrero-marzo (invierno-primavera) que acumula alrededor del 40% de la brotación total (Medina *et al.*, 2007; León *et al.*, 2009) y dura entre 30 a 40 días, y la de junio-julio (verano) que representa el 30% de la brotación total y tiene una duración de 20-25 días. El resto se reparte en los demás meses del año, aunque se hace énfasis en la que se presenta en el mes de octubre, por el precio alto que alcanzan los frutos de las flores que se producen en esta época.

Estos cambios en la fenología de los cítricos afectan la dinámica poblacional de *Diaphorina citri*, ya que aunque cuenta con una amplia gama de hospederos (Halbert y Manjunath, 2004), no en todos se desarrolla igual y si bien puede sobrevivir todo el año, las explosiones de población se dan en la época de mayor emisión de brotes.

Destaca en Veracruz la presencia de *Murraya paniculata* (limonaria), que se utiliza como planta ritual y de ornato, y que es la planta favorita del PAC para

alimentarse y reproducirse; esta planta emite brotes continuamente lo que favorece la sobrevivencia del psílido en ausencia de brotes en los árboles de cítricos (Tsai y Liu, 2000; Halbert y Manjunath, 2004).

La emisión de brotes en plantas de cítricos está estrechamente relacionada con la dinámica del psílido, por lo que hay tres picos poblacionales de PAC en el año, que son primavera, verano y otoño, las épocas de mayor flujo vegetativo (Yang *et al.*, 2006).

Los mayores daños se observan en otoño y los menores en verano, aunque la severidad del daño está en función de la variación en la brotación, especie hospedera y su edad, así como las prácticas de manejo de las plantas.

*Diaphorina citri*, sincroniza la oviposición con el desarrollo de los brotes (Postaliparra *et al.*, 2010), aunque hasta ahora se desconoce qué determina la elección de un brote u otro para la oviposición. La presencia de brotes nuevos también determina el número de generaciones del psílido que se pueden presentar en una región.

Este número también está afectado por factores ambientales, ya que el mayor número de generaciones se presenta en zonas que permiten que los adultos sobrevivan al invierno y estén listos para ovipositar en los flujos vegetativos de primavera, detonando con ello la presencia de la plaga y la dispersión del Hunglongbing (Yang *et al.*, 2006); en China, de donde es endémico el insecto, puede haber de 6 a 11 generaciones al año.

Los adultos pueden estar todo el año en las plantas, si las condiciones climáticas lo permiten, pero los huevecillos y ninfas sólo pueden estar en presencia de brotes jóvenes; así se ha visto en Brasil (Yamamoto *et al.*, 2001;

Chiaradia *et al.*, 2008; Postalli-Parra *et al.*, 2010), tanto en huertos de mandarina como de naranja.

La misma dinámica se ha observado en huertos de mandarina en la India y Nepal (Ahmed *et al.*, 2004; Shivankar *et al.*, 2005) y en cultivos de limón localizados en Nepal y Cuba (Regmi y Lama, 1988).

En Florida, EUA y Puerto Rico se reportan altas poblaciones sobre huertas de naranja en primavera y verano, pero muy bajas e incluso nulas en otoño-invierno (Hall *et al.*, 2008; Pluke *et al.*, 2008).

### 3.3. Índices de agregación.

Los índices de agregación usados frecuentemente para la descripción de las poblaciones de animales (Iwao, 1968; Cadahia, 1977; Southwood, 1978; Dharajothi *et al.*, 1989; Tsai *et al.*, 2000; Reiczigel *et al.*, 2005; Costa *et al.*, 2010; Santos *et al.*, 2012) se muestran a continuación.

- a). Relación varianza/media o índice de dispersión (I)
- b). Aglomeración media (mc)
- c). Índice de Morisita ( $I_{\delta}$ )
- d). Coeficiente de Green (Cx)
- e). Índice de agrupamiento de David y Moore
- f). Ecuaciones de Breder
- g). Coeficiente de agrupamiento de Deevey
- h). Índice de hacinamiento de Lloyd
- i). Método de regresión de Iwao
- j) Parámetro  $k$  de la binomial negativa y tamaño medio de agregación
- k) Índice  $b$  de la ley del poder de Taylor



## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4. 1. Localización

El estudio se desarrolló en tres huertos particulares en localidades del norte de Veracruz (Figura A1): Praxedis Guerrero km. 18, Tuxpan (20° 48' 14.41", 97° 19' 15" LO, 15 msnm), La Puerta, Chicontepec (21° 03' 32.10" LN, 98° 08' 53.99" LO, 99 msnm) y La Revancha, Benito Juárez (20° 47' 42.63" LN, 98° 11' 09.49" LO, 352 msnm). El clima en Tuxpanes del tipo Aw<sub>2</sub> con temperatura media anual de 24.9°C y precipitación de 1,241mm al año. Chicontepec tiene clima tipo Am con temperatura media de 22°C y precipitación de 1645mm anuales. Finalmente Benito Juárez tiene un clima tipo Aw<sub>2</sub> con temperaturas que oscilan de los 22 a 24°C y precipitaciones entre 1000 a 1100mm anuales (García *et al.*, 2004).

### 4.2. Material Vegetal

En las tres localidades la variedad establecida fue Naranja 'Valencia Late' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) injertada sobre naranjo agrio (*Citrus aurantium* Linn.).

Chicontepec: La plantación está establecida en un suelo franco, con 2.3 % de materia orgánica, pH de 7.2, C. E. de 0.75 mmhos cm<sup>-1</sup> y C.I.C. de 25 meq 100 g<sup>-1</sup>.

Las plantas de 28 años de edad, fueron establecidas en un marco de plantación de tres bolillo (7 m x 7 m), con altura de 4.7 m, diámetro de copa de 4.5 m y diámetro de tallo a la altura del injerto de 83 cm.

Benito Juárez: En este huerto el suelo es arcilloso, con 5 % de materia orgánica, pH de 7.6, una C. E. de 0.15 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  y C.I.C. de 33 meq 100  $\text{g}^{-1}$ . Los árboles tenían 25 años de edad, plantados en tres bolillo (7 m x 7 m), árboles vigorosos con altura de 4.3 m, ancho de copa de 4 m y diámetro de tallo a la altura del injerto de 77 cm.

Tuxpan: Árboles establecidos en un suelo franco arcilloso, con 2.9 % de materia orgánica, pH de 7.9, C. E. de 0.8 mmhos  $\text{cm}^{-1}$  y C.I.C. de 26 meq 100  $\text{g}^{-1}$ . Las plantas tenían 31 años de edad, plantadas en tres bolillo (7 m x 7 m), tenían una altura de 4.9 m, ancho de copa de 4.7 m y diámetro de tallo a la altura del injerto de 85 cm.

#### 4.3. Manejo de huertos

El manejo de los huertos consistió en (1) el paso de rastra dos veces al año, la primera en julio-agosto y la segunda en octubre-noviembre; (2) control manual de malezas con machete debajo de los árboles tres veces al año, en junio, septiembre y noviembre; y (3) eliminación manual de la planta parásita seca palo (*Struhanthus quercicola* Schlechten & Chem), en el mes de abril. En el mes de junio de cada año, se aplicó 1 kg de fertilizante nitrógenado (46-0-0) al suelo. La dosis se dividió en cuatro porciones de 250g, cada una enterrada con pala en los cuatro puntos cardinales en el área de goteo. En 2011, 2012 y 2013, se hicieron tres aplicaciones foliares durante la época de floración (febrero-marzo), con bomba de motor.

La primera con la mezcla de fertilizante nitrógeno (46-0-0) al 2 % y 4 mL por litro de agua de fertilizante líquido con micronutrientes (Cuadro A2) y 2 g L<sup>-1</sup> del fungicida benomyl (metil 1-(butilcarbamoil)bencimidazol-2-il carbamato); la segunda con la misma mezcla de nutrientes más oxiclورو de cobre (3g L<sup>-1</sup> de agua); y en la tercera se repitió dosis y productos de la primera aplicación. La primera aplicación se hizo cuando más del 50% de los árboles presentaron botón floral; la segunda cuando más del 50% presentó apertura total de flores, y la tercera a la caída de pétalos.

Lo anterior con la finalidad de controlar antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y favorecer el amarre de frutos. No hubo aplicación de insecticidas, ni riegos, ni práctica de poda, durante el periodo de muestreo.

#### 4.4. Muestreo

Se hicieron 40 muestreos desde enero de 2011 hasta febrero de 2013. El periodo fue cada 13 días en las épocas de mayor brotación (febrero-marzo y julio-agosto) y en los meses de poca o nula brotación, los muestreos se hicieron cada 20 a 30 días (Cuadro A3).

Se seleccionó una hectárea plantada de árboles de naranja por localidad y se dividió en tres secciones; dentro de cada una de ellas, por fecha de muestreo se seleccionaron 10 árboles de manera aleatoria de acuerdo con lo propuesto por Southwood (1978).

##### 4. 4. 1. Caracteres evaluados

En cada árbol, a la altura de 1 m del suelo según lo recomendado por Chiaradia *et al.* (2008) y Moreno-Pérez *et al.* (2008), se colocó un marco de madera de 1m<sup>2</sup>, dentro del cual se contó el número de brotes mayores a un cm y menores

a 5 cm de longitud, número de brotes con ninfas, el número de adultos y el número de ninfas de *Diaphorina citri*, encada uno de los cuatro puntos cardinales.

Las ninfas se contaron en todos los brotes con la ayuda de una lupa 10X y en el caso de adultos se sacudieron las ramas, colocando una cartulina blanca (30x40cm) para capturarlas y después contarlas (Aubert, 1987). Con el número total de brotes por metro cuadrado se obtuvieron los totales por mes y con ellos se calculó el porcentaje de brotación por mes con respecto al total de brotación anual. Con el número de adultos y ninfas se obtuvieron los totales por muestreo y el promedio por brote en las principales épocas de brotación.

#### 4.4.2. Variables climatológicas

Se registró diariamente la temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, humedad relativa y precipitación acumulada; éstas se obtuvieron de las estaciones meteorológicas de la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), localizadas a 2.1 km de la huerta de Chicontepec, a 10.3km de la huerta de Benito Juárez y 19.1 km en el caso de Tuxpan.

#### 4.5. Análisis de datos

Con las variables climáticas obtenidas, se calculó la temperatura media, la temperatura máxima, la temperatura mínima, la humedad relativa y la precipitación acumulada entre fechas de muestreo y en los muestreos de escasa o nula brotación el cálculo se hizo con los datos de 13 días previos al muestreo.

Esta información climática se comparó con la reportada como óptima para el establecimiento, dispersión y reproducción del psílido.

Con las variables climáticas y número total de ninfas, adultos y brotes en cada fecha de muestreo se hicieron gráficas para observar el comportamiento del psílido de acuerdo a las variables citadas y los flujos vegetativos en las plantas dentro de cada localidad.

Se hicieron regresiones para explicar el comportamiento de la presencia del psílido en las localidades y su relación con los factores ambientales y la presencia de brotes jóvenes.

Se calculó la media ( $\bar{x}$ ) y la varianza ( $s^2$ ) por fecha de muestreo donde hubo adultos o ninfas y con ellos se calcularon los índices de agregación.

Parámetro k de la binomial negativa.- En los muestreos donde la distribución se ajustó a la binomial negativa, se calculó el exponente k con el método de máxima verosimilitud (Southwood, 1978; Hachuel, *et al.*, 2010). Con ello se generó un valor para k; cuando  $k < 2$  y positiva, indica agregación muy alta; valores de k entre 2 y 8 indican agregación moderada y si  $k > 8$  es señal de distribución aleatoria (Costa *et al.*, 2010; Southwood, 1978).

La agregación mostrada por este índice puede ser debida a la biología del insecto o bien a la heterogeneidad de los factores ambientales. Para probarlo se calculó el tamaño medio de agregación ( $\lambda$ ), mediante los valores de k de la binomial negativa (Southwood, 1978).

$$\lambda = [\bar{x}/2k]v$$

Donde:  $\bar{x}$ = la media del número de adultos o ninfas por metro cuadrado, k es el valor de la binomial negativa, v es una función con distribución  $\chi^2$  con 2k grados de libertad y  $\alpha=0.05$  (Southwood, 1978; Dharajothi *et al.*, 1989).

$\lambda$  = es el número de adultos o ninfas en la agregación de acuerdo al nivel de probabilidad otorgado a  $v$  que en este caso fue de 0.05;  $2k$ , fue un valor fraccionario, pero se aproximó al valor más cercano con las tablas de  $\chi^2$ .

Ley del poder de Taylor.- Establece que la varianza ( $s^2$ ) de una población, es proporcional al poder fraccional de la media aritmética ( $\bar{x}$ ):

$$s^2 = a\bar{x}^b$$

Para estimar  $a$  y  $b$ , se hizo regresión lineal entre la varianza ( $\log s^2$ ) y la media ( $\log \bar{x}$ ).

Donde  $a$  es factor de escala del tamaño de muestra y  $b$  es el índice de agregación de adultos o ninfas de *Diaphorina citri*. Cuando  $b > 1$ , hay agregación; si  $b=1$ , la distribución es aleatoria, y uniforme cuando  $b < 1$  (Southwood, 1978; Dharajothi *et al.*, 1989; Tsai *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2010).

Las regresiones entre las diferentes variables, la regresión para el cálculo del índice  $b$  de la Ley del poder de Taylor y el índice  $k$  de la binomial negativa se realizaron con el programa estadístico SAS (versión 9.0).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Clima y dinámica poblacional

Las condiciones climáticas de cada localidad se muestran en la figura 1, 2 y 3.

En el cuadro 3, se muestra un resumen de las variables climáticas.

Cuadro 3. Condiciones climáticas en las localidades de estudio que benefician o afectan a *Diaphorina citri*.

Año	Variable climática	Localidad		
		Chicontepec	Benito Juárez	Tuxpan
2011	Temperatura mínima en otoño-invierno	>12 °C	12.3 °C	16.2 °C
	Temperatura máxima en primavera-verano	29.6 °C	31 °C	30 °C
	No. de muestreos con pp mayor a 150 mm	Tres	Ninguno	Tres
	Humedad relativa	88 %	85 %	90 %
2012	Temperatura mínima en otoño-invierno	>12 °C	15.3 °C	17.4 °C
	Temperatura máxima en primavera-verano	28.5 °C	29.8 °C	29.8 °C
	No. de muestreos con pp mayor a 150 mm	Uno	Uno	Uno
	Humedad relativa	88 %	85 %	90 %

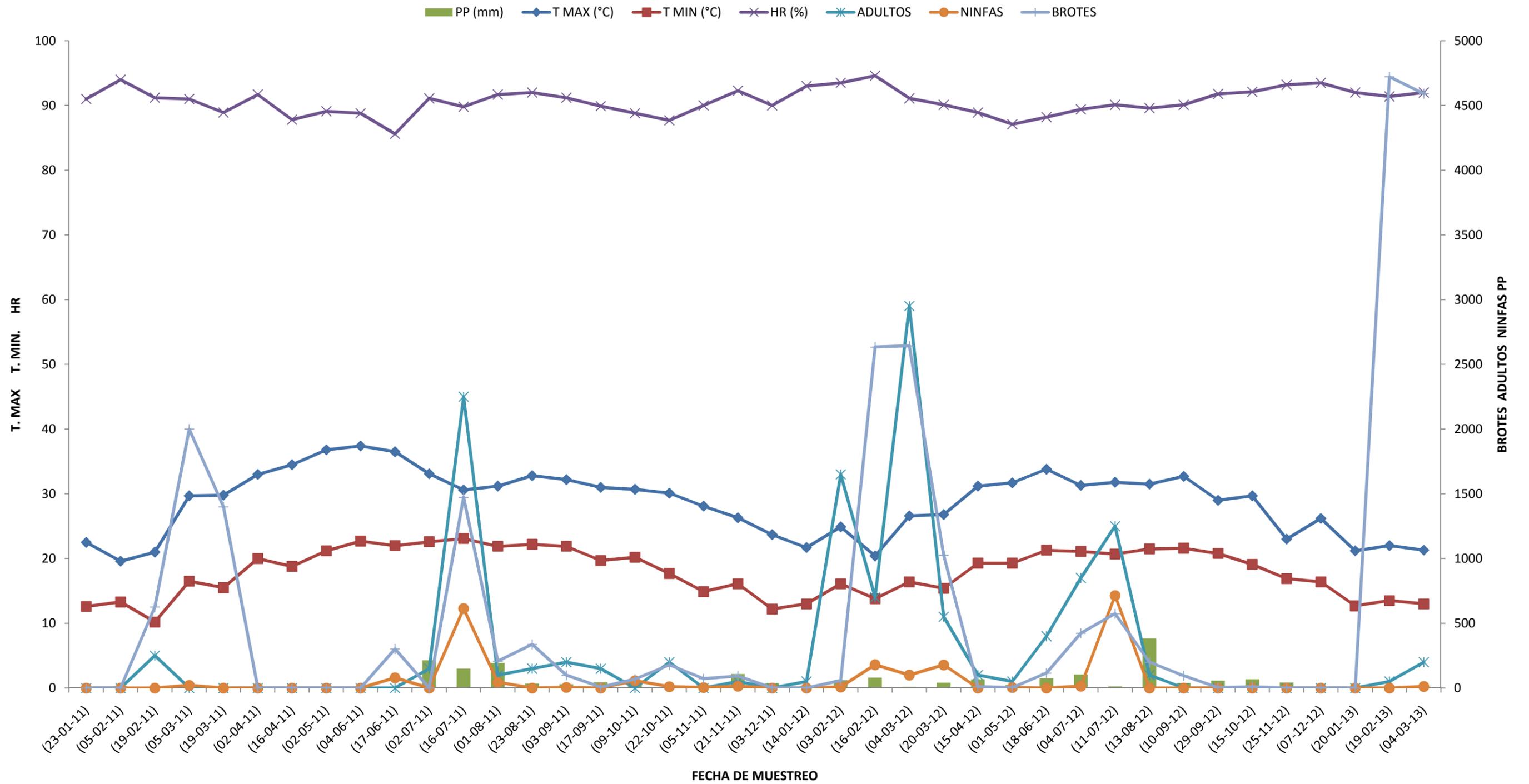
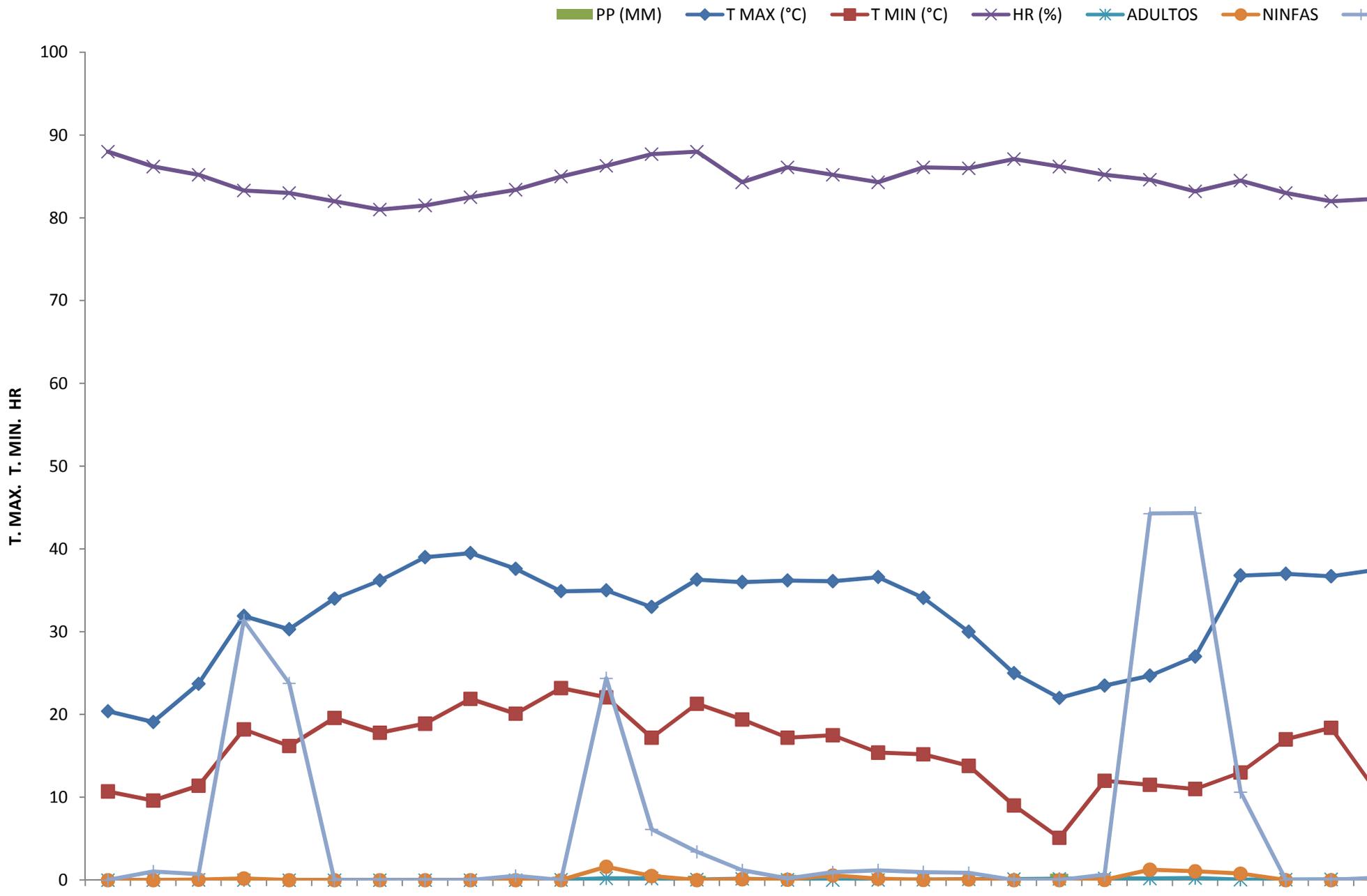
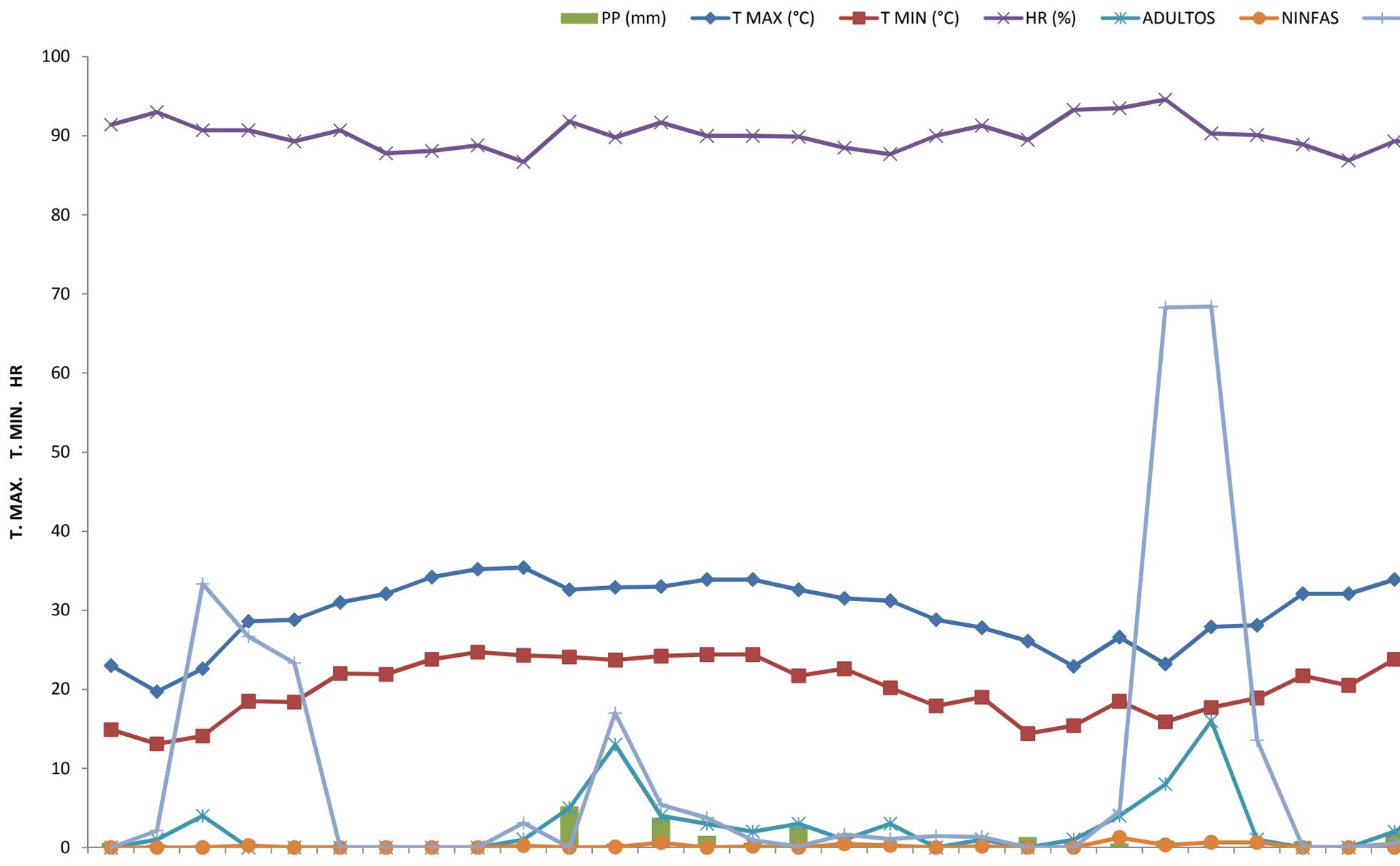


Figura 1. Variables climáticas y su relación con el número de brotes, ninfas y adultos de *Diaphorina citri* en Chicontepec, Veracruz.





Las temperaturas bajas no fueron limitante para el establecimiento del insecto, ya que en las tres localidades, durante los 40 muestreos, las temperaturas mínimas fueron superiores a 7.5 °C, en el invierno. A pesar ello, el insecto sólo invernó en el año 2012 en la localidad de Benito Juárez (Figura 3), la cual presenta una barrera montañosa que evita el impacto directo de los vientos; ello favoreció la presencia del psílido, con lo que la orografía jugó un papel importante en su distribución (Yang *et al.*, 2006) y en su reproducción en la primavera siguiente (Tsai y Liu, 2000 y Nava *et al.*, 2010).

En esta localidad el número de adultos tuvo una asociación positiva ( $p < 0.0001$ ) (Cuadro 4) con las bajas temperaturas. En las otras localidades no hubo relación con esta variable. Para la fase de ninfa del insecto, la relación fue negativa ( $p < 0.0009$ ) en Benito Juárez, mientras que en Chicontepec y Tuxpan la relación fue positiva ( $p < 0.0001$  y  $p \leq 0.05$ ). Lo anterior debido a que la primera localidad presenta las temperaturas más bajas y mayor fluctuación entre ésta y la temperatura máxima, lo que pudo ocasionar mortalidad de ninfas y limitar la oviposición (Yang *et al.*, 2006; Nava *et al.*, 2010).

En las tres localidades en los dos años en el periodo de abril a septiembre hubo temperaturas mayores a 30 °C, en las cuales se reduce la oviposición (Yang *et al.*, 2006; Nava *et al.*, 2010; Hall *et al.*, 2011).

Cuadro 4. Ecuaciones de las regresiones obtenidas entre las variables climáticas y el número de adultos y ninfas de *Diaphorina citri* en huertos de naranja ‘Valencia Late’.

Localidad	Etapa	Ecuaciones de regresión
Chicontepec	Adulto	$NA = - 65.657 + 0.065NB + 0.494TMAX - 0.005PP + 0.528HR$
	Ninfa	$NN = 50.694 + 0.202NB - 1.052TMAX + 1.435TMIN - 0.007PP - 0.527HR$
Benito Juárez	Adulto	$NA = - 1.206 + 0.035NB + 0.098TMIN + 0.011PP$
	Ninfa	$NN = - 44.351 + 0.115NB + 0.074TMAX - 0.163TMIN - 0.022PP + 0.474HR$
Tuxpan	Adulto	$NA = - 15.808 + 0.060NB + 0.0034PP$
	Ninfa	$NN = - 35.357 + 0.148NB + 0.904TMIN - 0.016PP$

NA=Número de adultos, NN=Número de ninfas, NB=Número de brotes, TMAX=Temperatura máxima, TMIN=Temperatura mínima, PP=Precipitación, HR=Humedad relativa.

Con los datos obtenidos en este trabajo se pudo establecer una relación negativa ( $p < 0.05$ ) con el número de ninfas en Chicontepec y Benito Juárez, pero no hubo efecto en Tuxpan; mientras que los adultos no tuvieron asociación con la temperatura máxima en Benito Juárez y Tuxpan pero en Chicontepec, fue la relación fue positiva ( $p < 0.05$ ). En el periodo de altas temperaturas (julio-agosto) se registró la mayor población de adultos y ninfas del psílido en las tres localidades. En febrero y marzo, que fueron precedidos de un periodo de bajas temperaturas hubo poca incidencia del psílido. Los adultos del psílido tienden a tolerar temperaturas altas, mientras que las ninfas desarrollan mejor entre los 18 y 30 °C (Tsai y Liu, 2000; Nava *et al.*, 2010).

En las tres localidades hubo fechas de muestreo precedidas de precipitaciones acumuladas superiores a 150 mm, que pudieron lavar fácilmente los huevecillos y ninfas de las hojas, lo que redujo notablemente las poblaciones, situación prevista por Aubert(1987), Yang *et al.* (2006) y Moreno-Pérez *et al.* (2008). En el caso de adultos la relación fue positiva( $p<0.01$ ); en esta etapa el psílido puede moverse y protegerse en el envés de las hojas y no son afectados por la lluvia de manera negativa (Regmi y Lama, 1988; Yamamoto *et al.*, 2001).

Aubert (1987) y Shivankar *et al.* (2005) han señalado que humedad relativa superior al 60 % reduce la cantidad de ninfas, porque favorece la presencia de hongos entomopatógenos como *Capnodium citrique* que está presente en la región de estudio.

En las tres localidades hubo humedad relativa mayor al 80 % y sólo en Chicontepec hubo asociación negativa ( $p<0.05$ ) con las ninfas, en Tuxpan no hubo relación y en Benito Juárez la asociación fue positiva ( $p<0.01$ ) (Cuadro 4). Los adultos en Benito Juárez y Tuxpan no estuvieron asociados a la humedad relativa y en Chicontepec la asociación fue positiva. Esta variación entre localidades como se ha observado en otras regiones citrícolas se atribuye a la interacción de este factor con las temperaturas de la región, ya que hay estudios que han señalado que fluctuaciones de humedad relativa de 40 a 90 % no afecta el desarrollo de las ninfas (Postalli-Parra *et al.*, 2010), mientras que otros señalan que no hay efecto en las poblaciones del psílido (Ahmed *et al.*, 2004).

## 5.2. Brotación

Las principales brotaciones se presentaron en febrero-marzo y julio-agosto. En 2011, en febrero-marzo se concentró 58.6%, 58.6% y 70.4% de la brotación en Chicontepec, Benito Juárez y Tuxpan, respectivamente; mientras que en julio-agosto se presentó 21.4% de la brotación en Chicontepec, 24.9% en Benito Juárez y 14.0% en Tuxpan. En el resto de los meses hubo menos del 5% de los brotes y en abril-mayo y diciembre-enero no se presentaron brotes.

En el año 2012 en los meses de febrero-marzo se registró el 72%, 24% y 85% de la brotación en Chicontepec, Benito Juárez y Tuxpan, respectivamente; en julio-agosto la brotación se concentró 20% en Chicontepec, 75% en Benito Juárez y 12% en Tuxpan. No hubo brotes nuevos en enero, noviembre y diciembre. En el resto de los meses hubo menos del 4% de brotación por mes.

Los meses en que se presentaron las principales brotaciones coinciden con lo reportado por Medina *et al.* (2007) y León *et al.* (2009), aunque el porcentaje de distribución en el año fue diferente, ya que los autores señalados reportaron 40 % de brotación en primavera y 30 % en verano, lo cual tiene que ver con el manejo ya que ellos trabajaron con árboles bajo sistema de riego. También es acorde a las condiciones señaladas por Monselise (1985) y Albrigo (2009), de estrés hídrico y bajas temperaturas necesarias para la inducción de la brotación y floración, que regularon la fenología en naranja 'Valencia Late' en las tres localidades; durante el periodo de estudio la mayor cantidad de brotes se presentaron en febrero-marzo y junio-agosto, después de un periodo de frío en el primer caso y después de estrés hídrico en el segundo.

### 5.3 Dinámica poblacional

En Chicontepepec en ambos años la mayor cantidad de adultos se presentó en febrero-marzo y julio-agosto (Figura 1); pero en 2011 estuvieron ausentes de marzo a junio; de septiembre a diciembre se encontraron de uno a tres adultos en cada fecha de muestreo. En 2012, fueron escasos de abril a junio; no se encontraron adultos de septiembre a diciembre de ese año. En febrero-marzo de 2013, se encontraron sólo 4 adultos (Figura 1).

Las ninfas en esta localidad presentaron un patrón similar a los adultos en los dos años; se encontró la mayor cantidad de ninfas en febrero-marzo y julio-agosto. En 2011 estuvieron ausentes de abril a junio, en septiembre y se contaron 56 en el mes de octubre, 10 en noviembre y en diciembre ya no se encontraron (Figura 1).

En el año 2012, no hubo de abril a junio, ni de agosto a diciembre. En enero y febrero de 2013 estuvieron ausentes y sólo se encontraron 12 en el muestreo de marzo.

En la localidad de Benito Juárez, la presencia de adultos en 2011 se registró en febrero-marzo y julio-agosto. No se encontraron de abril a junio y muy pocos de agosto a diciembre, con un máximo de 12 en el mes de septiembre (Figura 2).

En el 2012, el insecto estuvo presente en todos los meses. Tuvo gran presencia en febrero-marzo y julio-agosto; con muy baja población de marzo a junio que se incrementó en julio-agosto, disminuyó en septiembre y se incrementó constantemente a partir de octubre, alcanzando su máximo en enero de 2013, asociado a que el clima favoreció al insecto para invernar en esta localidad (Figura 2).

En el 2011, la cantidad de ninfas en esta localidad fue alta en febrero-marzo y julio-agosto. No hubo ninfas de abril a junio, muy pocas de septiembre a diciembre, y un máximo de 45 en octubre. En 2012, se tuvo el mayor registro en el mes de julio, superior a lo observado en febrero-marzo. No hubo ninfas de abril a junio, ni de agosto a diciembre. A principios de marzo de 2013 se tuvo el mayor registro de todo el periodo de muestreo (Figura 2).

Tuxpan fue la localidad con menor cantidad de psílidos, pero siguió la tendencia de las otras localidades, con mayor presencia de adultos en febrero-marzo y julio-agosto en ambos años. En 2011 no hubo adultos de marzo a junio, y de agosto a diciembre se encontraron en promedio de uno a cuatro adultos por fecha de muestreo. En 2012, no hubo adultos en abril y mayo, ni de agosto a diciembre. En febrero-marzo de 2013 sólo se registraron 3 adultos (Figura 3).

En cuanto a las ninfas, en 2011 el máximo registro fue en febrero-marzo, julio-agosto y octubre. No hubo ninfas de abril a mayo, y de septiembre a diciembre fueron escasas.

Para 2012, la tendencia no cambió y la mayor presencia de ninfas se registró en febrero-marzo y julio-agosto. No hubo ninfas de abril a junio, ni de agosto a diciembre. En 2013, no hubo en enero y febrero y en el muestreo de marzo se encontraron 23 en total (Figura 3).

La fenología del cultivo condicionó la presencia de *Diaphorina citri* (Figuras 1, 2 y 3). De los 40 muestreos realizados de enero de 2011 a marzo de 2013, no se encontraron ninfas en 57.5%, 52.5% y 60% de ellos, en Chicontepec, Benito Juárez y Tuxpan respectivamente, lo que coincidió con la ausencia de brotes en esos muestreos.

En el caso de adultos, del total de muestreos realizados, no se encontraron en 45%, 8% y 47.5% de ellos, en Chicontepec, Benito Juárez y Tuxpan, respectivamente.

Al realizar las regresiones entre brotes y la presencia de ninfas y adultos, la asociación fue positiva y altamente significativa en las tres localidades (Cuadro 4).

En diferentes investigaciones señalaron que los brotes nuevos son factor determinante para la presencia y reproducción de *Diaphorina citri* (Postalli-Parra *et al.*, 2010) y que las principales brotaciones de primavera (febrero-marzo) y verano (mayo-julio), con menor cantidad en otoño (octubre-noviembre) coinciden con los principales picos poblacionales del psílido, particularmente en verano donde se ve favorecido por altas temperaturas y la presencia de brotes (Regmi y Lama, 1988; Yamamoto *et al.*, 2001; Tsai *et al.*, 2002; Ahmed *et al.*, 2004; Shivankar *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2006; Chiaradia *et al.*, 2008).

A pesar de la presencia de brotes y temperaturas adecuadas para el establecimiento y reproducción del psílido (Salcedo *et al.*, 2010; Torres-Pacheco *et al.*, 2013), las poblaciones del psílido en las huertas de las localidades muestreadas, presentaron promedios por brote (Cuadro 5) muy bajos respecto a los 5 adultos y 3 ninfas por brote establecidos por Aubert (1987) como alta incidencia; así como de lo observado en las regiones citrícolas de Asia, Florida y Cuba (Regmi y Lama, 1988; Tsai *et al.*, 2002; Ahmed *et al.*, 2004; Shivankar *et al.*, 2005; Fernández y Miranda, 2005; Hall *et al.*, 2008;).

Esta baja incidencia se pudo asociar con factores ambientales, como las altas precipitaciones que afectaron de manera negativa el número de ninfas. Con los demás factores su efecto es variable de acuerdo a la localidad y etapa del insecto. La etapa de ninfa fue más sensible a las altas temperaturas como ha sido reportado por Nava *et al.* (2010).

Cuadro 5. Promedio por brote del número de ninfas y adultos de *Diaphorina citri* sobre naranja 'Valencia Late' en tres localidades de Veracruz.

Fecha	Localidad					
	Chicontepec		Benito Juárez		Tuxpan	
	Adultos	Ninfas	Adultos	Ninfas	Adultos	Ninfas
05/03/11	0.0012	0.0052	0.0006	0.0034	0.0007	0.0029
16/07/11	0.0305	0.4165	0.0092	0.1174	0.0127	0.0038
01/08/11	0.0096	0.2127	0.0325	0.0815	0.0121	0.1137
09/10/11	0.102	1.044	0.105	0.6	0.030	0.275
03/02/12	0.5693	0.1387	0.3071	0.0577	0.0143	0.2717
16/02/12	0.0053	0.0683	0.0042	0.0282	0.0019	0.0048
04/03/12	0.0223	0.0378	0.0053	0.0239	0.0038	0.0095
20/03/12	0.0107	0.1734	0.0046	0.0729	0.0011	0.0465
04/07/12	0.0401	0.0331	0.0015	0.1595	0.0299	0.6583
11/07/12	0.0435	1.243	0.1161	0.1055	0.0365	0.4401
04/03/13	0.0004	0.0012	0.0274	0.2519	0.0003	0.0025

La falta de asociación entre algunos factores ambientales y las poblaciones del psílido pudo ser debido a que los datos meteorológicos no fueron tomados *in situ* (Dharajothi *et al.*, 1989; Tsai *et al.*, 2002) y al estar las estaciones meteorológicas del sitio de observación, se perdió precisión en los datos.

En el caso de las precipitaciones, los conteos deberían hacerse con más frecuencia (8 días) para calcular la precipitación acumulada en menor periodo de tiempo para poder cuantificar el control que puede hacer este factor.

Esta baja densidad también se puede atribuir a la estacionalidad de la presencia de brotes, debido a que al ser cultivos de temporal, las brotaciones dependen totalmente de la estacionalidad de las lluvias y la presencia de bajas temperaturas. A ello hay que añadir que los árboles muestreados al ser mayores de 20 años, tienen flujos vegetativos con menor frecuencia comparados con plantas jóvenes (1 a 5 años) que emiten brotes constantemente y pueden favorecer más la presencia y reproducción del psílido (Costa *et al.*, 2010; Grafton-Cradwell *et al.*, 2013). La ausencia de brotes por periodos largos limitaron la reproducción del insecto, ya que aunque los adultos pueden alimentarse de material maduro, el incremento de sus poblaciones está relacionado con la presencia de brotes jóvenes, como se observó con los valores de las regresiones en este estudio (Cuadro 4).

En campo la sobrevivencia natural de *Diaphorina citri*, de huevecillo a ninfa fue menor de 7% (Michaud, 2004; Qureshi y Stansly, 2010; Paiva y Postalliparra, 2012), si a ello se agrega el ataque de parasitoides y depredadores como crisopas, arañas y coccinélidos que pueden llegar a reducir las poblaciones del insecto de forma significativa (Michaud, 2004; Reyes-Rosas *et al.*, 2013).

#### 5.4. Índices de agregación

Índice k de la binomial negativa: En todas las localidades y fechas de muestreo en donde estuvo presente *Diaphorina citri*, los valores de k para ninfas fueron menores a 2 (Cuadro 6), lo que indicó una agregación alta.

Cuadro 6. Índice k de la binomial negativa en ninfas y adultos de *Diaphorina citri* en tres localidades de Veracruz en cultivo de naranja 'Valencia Late' (2011-2013).

FECHA	LOCALIDAD	Índice K	
		Ninfas	Adultos
05/03/11	CHICONTEPEC	0.00460	-.**
	B. JUÁREZ	0.00198	-.**
	TÚXPAN	0.00202	-.**
16/07/11	CHICONTEPEC	0.04380	0.0560
	B. JUÁREZ	0.03075	0.0678
	TÚXPAN	0.00360	0.0104
01/08/11	CHICONTEPEC	0.00365	-.**
	B. JUÁREZ	0.00642	0.0219
	TÚXPAN	0.00659	0.068
03/02/12	CHICONTEPEC	0.00734	0.1654
	B. JUÁREZ	0.00442	0.0580
	TÚXPAN	0.08612	-.**
16/02/12	CHICONTEPEC	0.02605	0.2535
	B. JUÁREZ	0.07439	0.0648
	TÚXPAN	0.07400	-.**
04/03/12	CHICONTEPEC	0.01499	0.1455
	B. JUÁREZ	0.01290	0.1076
	TÚXPAN	0.02193	0.1047
20/03/12	CHICONTEPEC	0.03551	0.2573
	B. JUÁREZ	0.01416	0.0135
	TÚXPAN	0.00969	-.**
04/07/12	CHICONTEPEC	0.00542	0.0528
	B. JUÁREZ	0.04014	0.1317
	TÚXPAN	0.01191	0.0333
11/07/12	CHICONTEPEC	0.01645	0.0279
	B. JUÁREZ	0.15374	0.1369
	TÚXPAN	0.02451	0.0826
04/03/13	CHICONTEPEC	0.00218	-.**
	B. JUÁREZ	0.07978	0.9633
	TÚXPAN	0.00446	-.**

\*\*Datos insuficientes para calcular k.

Debido a que las ninfas dependen de la presencia de brotes jóvenes, y no se mueven del brote en que nacen hasta que llegan a la etapa adulta (Dharajothi *et al.*, 1989; Tsai *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2010; Hernández-Landa *et al.*, 2013).

Los adultos en las tres localidades presentaron distribución agregada en la mayoría de los muestreos, sin embargo, en fechas con baja densidad de población la distribución se ajustó a una distribución poisson o aleatoria, similar a lo observado en naranja y limonaria (Costa *et al.*, 2010; Hernández-Landa *et al.*, 2013).

Ley del poder de Taylor (b): El valor de b en el caso de ninfas fue mayor a 1 (Cuadro 7), lo que de acuerdo a Southwood (1978), estuvieron agregadas.

Para adultos, en todas las localidades, el valor de b también fue mayor a 1 (Cuadro 7), indicando con ello que, aun cuando en algunas épocas del año los adultos tiendan a distribuirse de manera aleatoria, en general están agregados.

Cuadro 7.- Ley del poder de Taylor, para ninfas y adultos de *Diaphorina citri* en tres localidades de Veracruz (2011-2013).

Localidad	Estadio	r <sup>2</sup>	b
Chicontepec	Ninfas	0.95	1.700
	Adultos	0.87	1.306
B. Juárez	Ninfas	0.95	1.509
	Adultos	0.90	1.327
Tuxpan	Ninfas	0.90	1.525
	Adultos	0.91	1.383

El índice b de la ley del poder de Taylor varía de acuerdo al tipo de muestreo empleado y con la tasa de crecimiento de la población, pero los valores se mantienen cercanos (Cadahia, 1977).

Los valores del cuadro 7 son cercanos a los obtenidos con adultos en brotes de limonaria (Tsai *et al.*, 2000; Hernández-Landa *et al.*, 2013), con trampas amarillas para adultos y en brotes para ninfas en el cultivo de naranja (Costa *et al.*, 2010).

La distribución en el campo tiene que ver con las condiciones microclimáticas dentro de un huerto, la plasticidad genética del organismo y los hábitos de reproducción o alimentación del insecto (Badii *et al.*, 2011).

Tamaño de agregación media ( $\lambda$ ): Las ninfas presentaron valores mayores a 2 en todos los muestreos (Cuadro 8). Ello indicó que la distribución agregada es atribuida al comportamiento del insecto, en este caso al hábito del insecto de ovipositar y desarrollar sus estados inmaduros sólo en brotes tiernos.

Aunque con las regresiones realizadas, de acuerdo a la localidad también puede estar asociado a factores del ambiente, que pueden aumentar o reducir su agregación (Cuadro 9); en Chicontepec los factores que aumentaron la agregación fueron la precipitación y la humedad relativa, mientras que la temperatura máxima favoreció la aleatoriedad. En Benito Juárez, la temperatura mínima y la precipitación favorecieron la agregación, mientras que la temperatura máxima y la humedad relativa la disminuyeron. En Tuxpan la temperatura mínima y precipitación favorecieron la aleatoriedad de las ninfas.

Los adultos en la mayoría de los muestreos el valor de  $\lambda$  es mayor a 2 (Cuadro 8), lo que se atribuyó a un proceso activo del insecto. Hubo excepciones en algunos muestreos en Chicontepec y Benito Juárez, donde  $\lambda < 2$ , que se atribuyó a factores del clima.

Cuadro 8. Tamaño de agregación media ( $\lambda$ ), para adultos y ninfas de *Diaphorina citri* en tres localidades de Veracruz.

FECHA	LOCALIDAD	Tamaño de agregación media ( $\lambda$ )	
		NINFAS	ADULTOS
05/03/11	CHICONTEPEC	73.055	-
	B. JUÁREZ	134.435	-
	TÚXPAN	120.027	-
16/07/11	CHICONTEPEC	224.317	12.859
	B. JUÁREZ	119.358	4.247
	TÚXPAN	17.597	19.941
01/08/11	CHICONTEPEC	195.248	-
	B. JUÁREZ	109.823	11.658
	TÚXPAN	90.999	-
03/02/12	CHICONTEPEC	17.360	3.189
	B. JUÁREZ	10.905	4.399
	TÚXPAN	13.951	-
16/02/12	CHICONTEPEC	110.796	0.871
	B. JUÁREZ	21.523	3.697
	TÚXPAN	4.306	-
04/03/12	CHICONTEPEC	107.361	1.687
	B. JUÁREZ	105.399	2.817
	TÚXPAN	28.494	2.436
20/03/12	CHICONTEPEC	80.221	0.676
	B. JUÁREZ	70.280	4.687
	TÚXPAN	63.215	-
04/07/12	CHICONTEPEC	41.252	5.126
	B. JUÁREZ	438.212	1.319
	TÚXPAN	145.247	2.360
11/07/12	CHICONTEPEC	696.760	14.314
	B. JUÁREZ	77.564	95.855
	TÚXPAN	148.936	3.671
15/10/12	B. JUÁREZ	-	1.402
25/11/12	B. JUÁREZ	-	2.319
07/12/12	B. JUÁREZ	-	1.323
20/01/13	B. JUÁREZ	-	4.122
19/02/13	B. JUÁREZ	-	5.561
04/03/13	CHICONTEPEC	91.447	-
	B. JUÁREZ	318.261	2.868
	TÚXPAN	83.359	-

Cuadro 9. Regresiones entre factores climáticos y el índice k de la binomial negativa de ninfas de *Diaphorina citri* en las tres localidades estudiadas.

Localidad	Ecuación de regresión
Chicontepec	$KNINFA = 80.678 + 0.007TMAX - 0.0018PP - 1.749HR - 0.0005TMAX^2 + 0.0007TMIN^2 + 0.000007PP^2 + 0.009HR^2$ ( $r^2 = 0.93$ )
Benito Juárez	$KNINFA = - 2.226 + 0.0003TMAX - 0.008TMIN - 0.001PP + 0.028HR$ ( $r^2 = 0.86$ )
Tuxpan	$KNINFA = - 2.961 + 0.296TMIN + 0.0001PP - 0.0072TMIN^2$ ( $r^2 = 0.99$ )

NA=Número de adultos, NN=Número de ninfas, NB=Número de brotes, TMAX=Temperatura máxima, TMIN=Temperatura mínima, PP=Precipitación, HR=Humedad relativa.

Entre los factores climáticos están temperatura máxima, temperatura mínima que aumentan aleatoriedad y humedad relativa que hace más fuerte la agregación en Chicontepec (Cuadro 10); temperatura máxima y precipitación que favorecieron la aleatoriedad y temperatura mínima que aumentó la agregación en Benito Juárez y temperatura máxima y humedad relativa que ayudaron a que el insecto se distribuyera de manera aleatoria y la temperatura mínima que aumentó su agregación en Tuxpan.

Cuadro 10. Ecuaciones de regresión entre los factores climáticos y el índice k de la binomial negativa con adultos de *Diaphorina citri* en tres localidades del norte de Veracruz.

Localidad	Ecuación de regresión
Chicontepec	$KADULTO = 222.906 + 0.221TMAX + 0.101TMIN - 4.890HR - 0.0058TMAX^2 + 0.026HR^2$ ( $r^2 = 0.86$ )
Benito Juárez	$KADULTO = - 366.286 + 13.019TMAX - 5.264TMIN + 1.150PP - 0.206TMAX^2 + 0.126 TMIN^2 - 0.019PP^2 + 0.028HR^2$ ( $r^2 = 0.99$ )
Tuxpan	$KADULTO = - 6.084 + 0.072TMAX + 0.052HR - 0.0017TMIN^2$ ( $r^2 = 0.91$ )

NA=Número de adultos, NN=Número de ninfas, NB=Número de brotes, TMAX=Temperatura máxima, TMIN=Temperatura mínima, PP=Precipitación, HR=Humedad relativa.

Los factores que aumentaron la aleatoriedad, son los que favorecieron la reproducción del insecto y por lo que éste se puede distribuir en mayor número de árboles dentro del huerto; mientras que los que limitaron su reproducción, hicieron que el insecto se confinara sólo en áreas favorables dentro del huerto e incluso dentro de la planta (Dharajothi *et al.*,1989; Costa *et al.*, 2010; Hernández-Landa *et al.*, 2013).

#### 5.5. Estrategias de control del psílido

a). Muestreo. Actividad fundamental para el control de *Diaphorina citri* en épocas de brotación (febrero-marzo y julio-agosto), debe hacerse cada 8 días, para determinar el momento en que los adultos llegan a los árboles para la oviposición y hacer el control del vector. En los meses de escasa o nula brotación los muestreos se deben hacer cada 20 días.

b) Aplicación de agroquímicos. Con los datos obtenidos en este trabajo, se deben hacer 6 aplicaciones de insecticida al año (Figura 4), la mitad de las que comúnmente se hacen en Florida, EUA y Sao Paulo, Brasil (Grafton-Cardwell *et al.*, 2013). Haciendo cuatro aplicaciones en las épocas de mayor brotación con insecticidas de amplio espectro y aceites minerales (Ahmed *et al.*, 2004; Childers y Rogers, 2005; Hernández-Fuentes *et al.*, 2012; Reyes-Rosas *et al.*, 2013). La primera aplicación debe hacerse 5 a 8 días antes de la emisión de brotes, cuando las primeras plantas los emitan, ya que previo a ello se observó un incremento en la población de adultos que llegaron, para elegir el brote adecuado para la oviposición (Postali-Parra *et al.*, 2010), la segunda ocho días después de la mayor emisión de brotes, en ese momento las ninfas no alcanzan el tercer instar que es cuando empiezan a ser infectivas y los brotes tienen las

hojas expandidas, lo que facilita el control del psílido (Childers y Rogers, 2005; Grafton-Cardwell *et al.*, 2013).

Una aplicación en invierno con insecticida de amplio espectro, reduce las poblaciones del insecto y no afecta a los enemigos naturales de éste (Qureshi y Stansly, 2010). Sólo en localidades como Benito Juárez que favorecieron la invernación.

En épocas donde hay brotaciones esporádicas como es de abril a junio y de septiembre a noviembre se pueden hacer aplicaciones dirigidas sólo a aquellas plantas que emitan brotes, que es donde generalmente se van a encontrar de forma agregada adultos y ninfas del psílido.

c). Aplicación de hongos entomopatógenos. La región presenta humedad relativa mayor al 80 % que favorece el establecimiento de hongos entomopatógenos del psílido como *Cladosporium* sp. nr. *Oxysporum* Berk & M. A. Curtis, *Capnodium citri* Mont. e *Hirsutella citriformis*, que matan a las ninfas del insecto (Aubert, 1987; Halbert y Manjunath, 2004). Las aplicaciones con cepas de estos hongos se deben hacer a partir de junio o al inicio del establecimiento de las lluvias, ya que ello garantiza humedad, alimento y en consecuencia la reproducción del hongo.

d). Reducir el uso de la rastra e implementar el control de malezas con chapeadora, ello permitirá mantener una cobertura vegetal natural durante todo el año, lo que favorecerá la reproducción de crisopas, arañas, coccinélidos y hormigas, que pueden ayudar a reducir las poblaciones del psílido (Michaud, 2004; Qureshi y Stansly, 2009; Reyes-Rosas *et al.*, 2013).

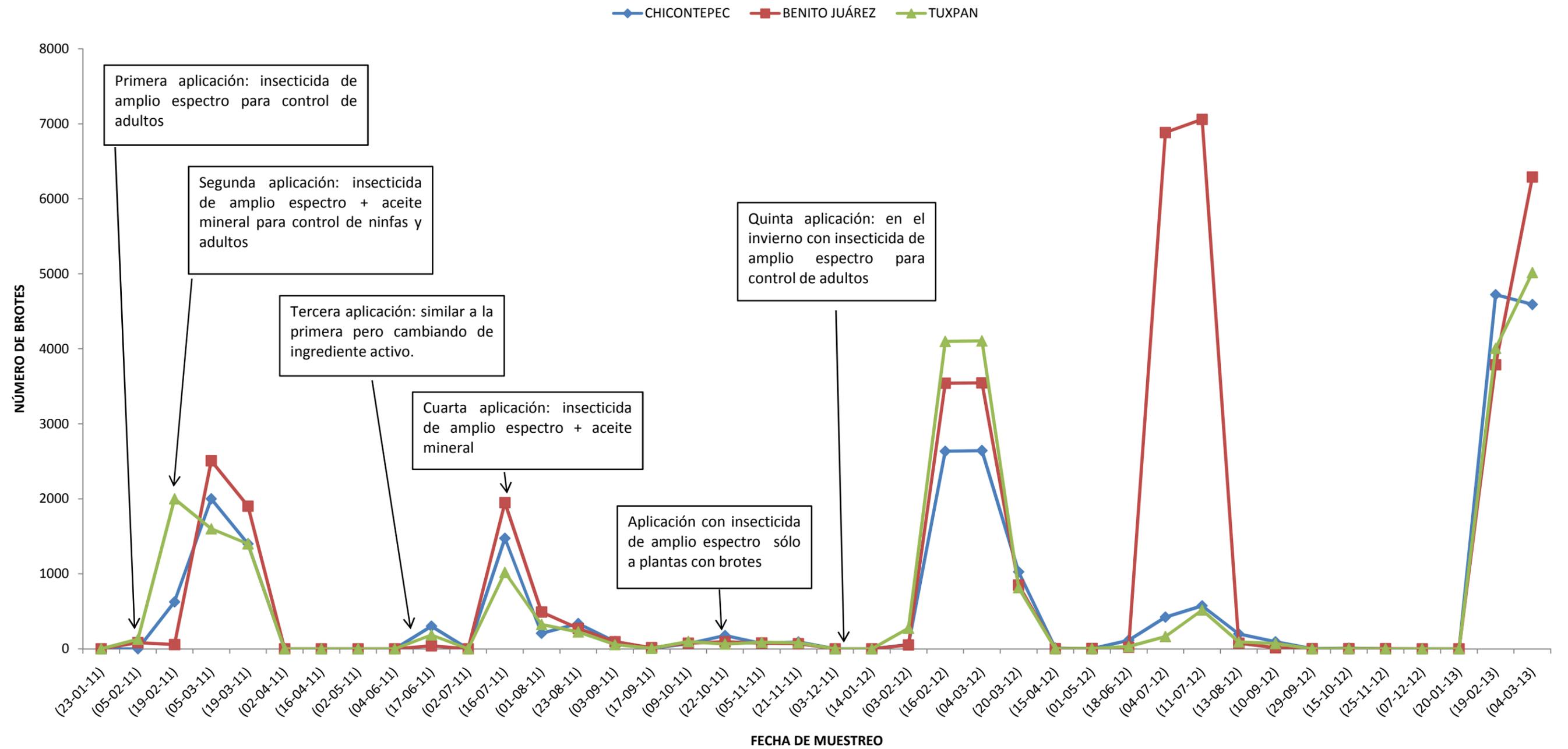


Figura 4. Dinámica de la brotación de naranja 'Valencia Late' en tres localidades de Veracruz y su relación con la aplicación de agroquímicos.

## VI. CONCLUSIONES

La presencia de ninfas de *Diaphorina citri* en plantas de naranja 'Valencia Late' es estacional y fue determinada por la presencia de brotes jóvenes; los adultos pueden estar presentes todo el año si las condiciones climáticas los favorecen.

Las variables climáticas como altas precipitaciones, disminuyeron de manera significativa la población de ninfas; por otra parte bajas temperaturas, favorecieron la invernación de adultos en la localidad de Benito Juárez. Las altas temperaturas afectaron de manera negativa a las poblaciones de ninfas y favorecieron a los adultos. La humedad relativa favoreció a los adultos y afectó de manera negativa a las ninfas.

*Diaphorina citri* tiene una distribución agregada dentro del huerto, la presencia de ninfas y adultos está regida por la presencia de brotes jóvenes y los factores ambientales. Las ninfas fueron totalmente agregadas; los adultos, en épocas de baja densidad poblacional, se distribuyeron de manera aleatoria.

## VII. LITERATURA CITADA

Albrigo, L. G. 1999. Effects of foliar applications of urea or nutriphite on flowering and yields of Valencia orange trees. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 112:1-4.

Ahmed, S. y N. Ahmad; R. R. Khan. 2004. Studies on population dynamics and chemical control of citrus psylla, *Diaphorina citri*. Int. J. Agri. & Biol. 6 (6): 970-973.

Alia T., I., L. Arias C., A. Lugo A. y R. Ariza F. 2011. Índice de cosecha en limón 'Persa' y naranja 'Valencia' en Morelos: fenología e índice de cosecha en limón 'Persa'. Folleto técnico No. 56. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Zacatepec, Morelos, México. 38 p.

Aubert, B. 1987. *Trioza erytrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* (Homoptera:Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. Fruits 42 (3): 149-162.

Badii, M. H., A. Guillén, E. Cerna y J. Landeros. 2011. Dispersión espacial: el prerequisite esencial para el muestreo. Daena. International Journal of Good Conscience 6 (1): 40-71.

Beozzo B., R., L. H. Montesino and E. Sanches S. 2009. Effects of Huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. J. Plant Pathol. 125: 565-572.

Bové, J. M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. Journal of Plant Pathology 88 (1): 7-37.

Cadahia, D. 1977. Repartición espacial de las poblaciones en entomología aplicada. Bol. Serv. Plagas 3:219-233.

Chiaradia, L. A., J. M. Milanez M. A. Smaniotto and M. R. Furland D. 2008. Flutuacão populacional e altura de captura de *Diaphorina citri* em pomar de citros. Revista de Ciências Agroveterinarias 7(2): 157-159.

Childers, C. C. and M. E. Rogers. 2005. Chemical control and management approaches of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera:Psyllidae) in Florida citrus. Proc. Fla. State Hort. Soc. 118:49-53.

Costa, M. G., Barbosa, J. C., P. T. Yamamoto and L. R. Moreira. 2010. Spatial distribution of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Psyllidae) in citrus orchards. Sci. Agric. 67 (5): 546-554.

- Dharajothi, B., A. Verghese and P. L. Tandon. 1989. Ecological studies on citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Psyllidae) with special reference to its special distribution and sampling plan. Entomon 14(3): 319-324.
- Fernández, M. e I. Miranda. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:psyllidae). Parte III: relación entre el ciclo de vida y el brote vegetativo foliar. Rev. Protección Veg. 20 (3): 161-164.
- García E., C. Soto y F. Miranda. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía.UNAM. Serie Libros, núm. 6., México, 90 p.
- Garnier, M. and J. M. Bové. 1996. Distribution of the Huanglongbing (Greening) Liberobacter species in fifteen African and Asian countries. *In*: P. Moreno, J. V. da Graca and R. K. Yokomi (Ed.). Proceedings of the Thirteen IOCV Conference, Fujian, China. Nov 23 to 26, 1995. pp. 388-391.
- Grafton-Cardwell, E. E., L. L. Stelinski and P. A. Stansly. 2013. Biology and management of Asian Citrus Psyllid, vectot of the Huanglongbing pathogens. Ann. Rev. Entomol. 58: 413-432.
- Hachuel, L., G. Boggio y G. Harvey. 2010. Modelos alternativos para el análisis de datos de conteo con exceso de ceros. *In*: Décimo cuartas jornadas "Investigaciones en la facultad" de Ciencias Económicas y Estadística. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina. www.fcecon.unr.edu.ar/
- Hall, D. G. 2008. Biological control of *Diaphorina citri*. *In*: Senasica. I Taller Internacional sobre Huanglongbing de los cítricos (Candidatus liberibacterspp) y el psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*). Hermosillo, Sonora, México. pp. 1-7.
- Hall, D. G., M. G. Hentz and R. C. Adair Jr. 2008. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera : Psyllidae) in two Florida citrus groves. Env.Entomol. 37 (4): 914-924.
- Hall, D.G., E. J. Wenninger and M. G. Hentz. 2011. Temperature studies with the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*: cold hardiness and temperature thresholds for oviposition. J. Insect Sci. 11 (83): 1-15.
- Halbert, S. E. and L. Manjunath. 2004. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha : Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. Florida Entomologist 87 (3): 330-353.
- Halbert, S.E. and C.A. Nuñez, 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota:psyllidae) in the Caribbean basin. Florida Entomologist 87(3):401-402.

Hernández-Fuentes, L. M., M. A. Urias-López, J. I. López-Arroyo, R. Gómez-Jaimes y N. Bautista-Martínez. 2012. Control químico de *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) en lima persa *Citrus latifolia* Tanaka. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3 (3): 427-439.

Hernández-Landa, L., J. López-Collado, C. G. García-García, F. Osorio-Acosta y M. E. Nava-Tablada. 2013. Dinámica espacio-temporal de *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) en *Murraya paniculata* (L.) Jack en Cuitlahuac, Veracruz. Acta Zoológica Mexicana 29 (2): 334-345.

Hoy, M. A. 2005. Classical biological control of citrus pests in Florida and the Caribbean: interconnections and sustainability. In: M. S. Hoodle (Comp.). Second International Symposium on Biological Control of Arthropods Vol. I. Davos, Switzerland - September 12-16. USDA Forest Service Publication. Riverside, USA.

Inoue, H., J. Ohnishi, T. Ito, K. Tomimura, S. Miyata, T. Iwanami and W. Ashihara. 2009. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. Ann. Appl. Biol. 155: 29-36.

Iwao, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal population. Res. Popul. Ecol. 10: 1-20.

León, M., M. Pérez M., E. Soto, L. Avilán y M. A. Guitierrez. 2009. Fenología de la naranja 'Valencia' sobre tres patrones en Yumare, estado Yaracuy, Venezuela. Revista UDO Agrícola 9 (2): 347-355.

Liu, Y. H. and J. H. Tsai. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). Ann. Appl. Biol. 137: 201-206.

Medina U., V. M., G. Zapiaín E., M. M. Robles G., O. Pérez Z., M. Orozco S, T. Williams y S. Becerra R. 2007. Fenología, eficiencia productiva y calidad de fruta de cultivares de naranjo en el trópico seco de México. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (2): 133-143.

McFarland, C. D. and M. A. Hoy. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Homoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. The Florida Entomologist 84 (2): 227-233.

Meier, V. 2001. Growth Stages of mono- and dicotyledonous plants. BBCH Monograph. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry. 158 p.

Meyer, J. M., M. A. Hoy and R. Singh. 2007. Low incidence of *Candidatus Liberibacter Asiaticus* in *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae) populations between Nov 2005 and Jan 2006: relevance to management of Citrus Greening disease in Florida. The Florida Entomol. 90 (2): 394-397.

Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera : Psyllidae) in central Florida. Biological Control 29 (2004): 260-269.

Monselise, S. P. 1985. Citrus and related species. In: Halevy A. H. (Ed.). Handbook of flowering. Vol. 2. CRC Press. Fla, EUA. pp. 257-294.

Moreno-Pérez, M., E. Pozo V., R. Valdés H. y M. M. Cárdenas. 2008. Distribución espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Psyllidae) sobre lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka). Fitosanidad 12(1): 33-37.

Nava, D. E., L. G. Torres M., D. L. Rodrigues M., M. S. Bento and R. P. Parra J. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., psyllidae) on different hosts and at different temperaturas. J. Appl. Entomol. 131 (9-10): 709-715.

Nava, D. E., M. L. Gómez-Torres, M. D. Rodrigues, M. S. Bento J., M. L. Haddad and R. P. Parra. 2010. The effects of host, geographic origin and gender on the termal requeriments of *Diaphorinacitri* (Hemiptera : Psyllidae). Env. Entomol. 39 (2):678-684.

Paiva P., E. B. and J. R. Postalli-Parra. 2012. Life table analysis of *Diaphorina citri* (Hemiptera : Psyllidae) infesting sweet orange (*Citrus sinensis*) in São Paulo. Florida Entomologist 95 (2).278-284.

PlukeR., W. H., J. A. Gureshi and P. A. Stansly. 2008. Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera:psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiate* (Hymenoptera:Elophidae) in Puerto Rico. Florida Entomologist 91 (1): 36-42.

Postalli-Parra, J. R., J. R. Spotti-Lopes, M. L. Gómez-Torres, D. E. Nava and P. E. Branco-Paiva. 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bacterias associadas ao huanglongbing. Citrus Res. & Tech. 31 (1): 37-51.

Qureshi, J. A. and P. A. Stansly. 2009. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae) populations in Florida citrus. Biological Control 50: 129-136.

Qureshi, J. A., P. A. Stansly. 2010. Dormant season foliar sprays of broadspectrum insecticides: An effective component of integrated management for *Diaphorina citri* (Hemiptera:psyllidae) in citrus orchards. Crop Protection 29: 860-866.

- Rae, D. J., W. G. Liang, D. M. Watsoni, G. A. C. Beattie and M. D. Huang. 1997. Evaluation of petroleum spray oils for control of de Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* (Kuwayama) (hemiptera: Psyllidae) in China. *Int. J. of Pest Man.* 43 (1): 71-75.
- Reiczigel, J., Z. Lang, L. Rózsa and B. Tóthmérész. 2005. Properties of crowding indices and statistical tools to analyze parasite crowding data. *J. Parasitol.* 91 (2): 245-252.
- Regmi, C. and. T. K. Lama. 1988. Greening incidence and greening vector population dynamics in Pokhara. pp. 238-242. *In: Proc. of the 10<sup>th</sup> Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV).* Riverside, California, USA.
- Reyes-Rosas, M. A., J. Loera-Gallardo y J. I. López Arroyo. 2013. Comparación de control natural y químico del psílido asiático de los cítricos *Diaphorina citri*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4 (4): 495-501.
- Roistacher, C. N. 1996. The economics of living with citrus diseases: huanglongbing (greening) in Thailand. *In: Proc. of 13<sup>th</sup> Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV).* Riverside, California, USA. pp. 279-285.
- Rouseff, R..L.,E. O. Onagbola, J. M.Smoot and L. L. Stelinsky. 2008. Sulfur volatiles in guava (*Psidium guajava* L.), leaves: possible defense mechanism. *Journal of agricultural and Food Chemistry* 56 (19): 8905-8910.
- Santos A., O., E. H. Varón D. y J. A. Floriano. 2012. Propuesta de muestreo para *Neohydatothrips signifer* (Thysanoptera:Thripidae) en el cultivo de maracuyá. *Pesq. Agrop. Bras.* 47 (11): 1572-1580.
- Salcedo, D., R.Hinojosa,G. Mora, I. Covarrubias, F. Depaolis, C. Cintora y S. Mora. 2010. Evaluación del impacto del Huanglongbing (HLB) en la cadena citrícola Mexicana. IICA. México. 141 p.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. 2010. Acuerdo por el que se dan a conocer las medidas fitosanitarias que deberán aplicarse para el control del Huanglongbing (*Candidatus liberibacter* spp.) y su vector. *Diario Oficial de la Federación (DOF:16/08/2010).*
- Servicio Nacional de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria. 2014. Sanidad Vegetal/ Huanglongbing de los cítricos.<http://www.senasica.gob.mx/?id=4512>
- Shivankar V. J., C. N. Rao, S. Singh. 2005. Predisposing factors of citruspsylla, *Diaphorina citri* Kuwayama incidence. *J. of Appl. Zool. Res.* 16 (1): 26-27.

Southwood, T. R. E. 1978. The sampling programme and the measurement and description of dispersion. pp. 7-69. *In: Ecological Methods, with particular reference to the study of insect populations.* 2<sup>nd</sup> Ed. Chapman & Hall.

Stokes, M. E., C. S. Davis and G. G. Koch. 2001. Logistic regression I: Dichotomus response. *In: Categorical data analysis using the SAS system.* 2<sup>nd</sup> Ed. SAS Institute Inc. North Carolina, USA. pp. 235-239.

Stuchi, E. S., S. R. Silva, O. R. Sempionato and E. T. Reiff. 2009. Flying Dragon trifoliolate orange rootstock for high density plantings in São Paulo, Brazil. *In: T. R. Gottwald and J. H. Graham (Eds.). Proceedings of the meeting: International Research Conference on Huanglongbing.* Orlando, Florida. December 2008. pp. 358.

Torres-Pacheco, I., J. I. López-Arroyo, J. A. Aguirre-Gómez, R. G. Guevara-González, R. Yañez-López., M. I. Hernández-Zul and J. A. Quijano-Carranza. 2013. Potential distribution in Mexico of *Diaphorina citri* (hemiptera:psyllidae) vector of Huanglongbing pathogen. *The Florida Entomologist* 96 (1): 36-47.

Tsai, J. H. and Y. H. Liu. 2000. Biology of *Diaphorina citri*(Homoptera:Psyllidae) on four host plants. *J. of Econ.Ent.* 93 (6): 1721-1725.

Tsai, J. H., J. J. Wang and Y. H. Liu. 2000. Sampling of *Diaphorina citri*(Homoptera: Psyllidae) on Orange Jessamine in Southern Florida. *The Florida Entomologist* 83 (4): 446-459.

Tsai, J. H., J. J. Wang and Y. H. Liu. 2002. Seasonal abundance of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera Psyllidae) in Southern Florida. *The Florida Entomologist* 85 (3): 446-451.

Williams, T., H. C. Arredondo-Bernal and L. A. Rodríguez-del-Bosque. 2013. Biological pest control in Mexico. *Annu. Rev. Entomol.* 58: 119-140.

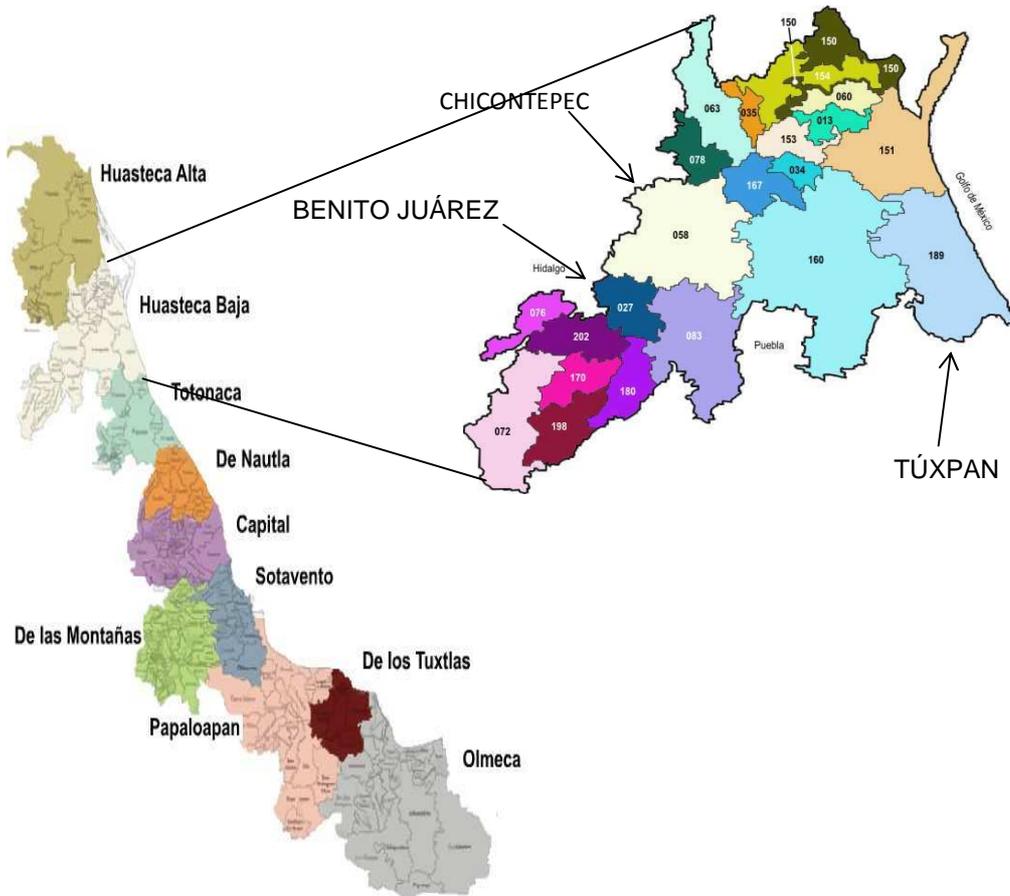
Yamamoto, P. T., E. B. Paiva P. and S. Gravena. 2001. Flutuacao populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera:Psyllidae) em pomares de citros na regioao norte do estado de Sao Paulo. *Neotropical Entomology* 30 (1): 165-170.

Yamamoto, P. T., M. R. Felipe, V. H. Beloti and G. R. Rugno. 2009. Efficiency of insecticides to control *Diaphorina citri*, vector of Huanglongbing bacteria. *In: T. R. Gottwald and J. H. Graham (Eds.). Proceedings of the meeting: International Research Conference on Huanglongbing.* Orlando, Florida. December, 2008. pp. 324-325.

Yang, Y., M. Huang, A. C. Beattie G., X. Yulu, G. Ouyang and J. Xiong. 2006. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for China. *Int. J. Pest Man.* 52 (4): 343-352.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Localización del área de estudio



Anexo 2. Contenido nutrimental del fertilizante foliar utilizado en los huertos en estudio.

Nutriente	Porcentaje en peso/vol. (%)
Nitrógeno total (N)	11.47
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	8
Potasio (K <sub>2</sub> O)	6
Boro (B)	0.036
Cobre (Cu)	0.040
Fierro (Fe)	0.050
Molibdeno (Mo)	0.005
Zinc (Zn)	0.080
Clorhidrato de tiamina	0.004
Azufre (S)	0.23
Calcio (CaO)	0.025
Cobalto (Co)	0.002
Manganeso (Mn)	0.036
Magnesio (MgO)	0.025
Ácido indolacético	0.003

ANEXO 3. Fechas de muestreo de *Diaphorina citri* en tres localidades del norte de Veracruz

No. de Muestreo	Localidad y Fecha de muestreo	
	Chicontepec y Benito Juárez	Tuxpan
1	23-01-11	24-01-11
2	05-02-11	06-02-11
3	19-02-11	20-02-11
4	05-03-11	06-03-11
5	19-03-11	20-03-11
6	02-04-11	03-04-11
7	16-04-11	17-04-11
8	02-05-11	03-05-11
9	04-06-11	05-06-11
10	17-06-11	18-06-11
11	02-07-11	03-07-11
12	16-07-11	17-07-11
13	01-08-11	02-08-11
14	23-08-11	24-08-11
15	03-09-11	04-09-11
16	17-09-11	18-09-11
17	09-10-11	11-10-11
18	22-10-11	23-10-11
19	05-11-11	06-11-11
20	21-11-11	22-11-11
21	03-12-11	04-12-11
22	14-01-12	15-01-12
23	03-02-12	04-02-12
24	16-02-12	17-02-12
25	04-03-12	05-03-12
26	20-03-12	21-03-12
27	15-04-12	16-04-12
28	01-05-12	02-05-12
29	18-06-12	19-06-12
30	04-07-12	05-07-12
31	11-07-12	12-07-12
32	13-08-12	14-08-12
33	10-09-12	11-09-12
34	29-09-12	30-09-12
35	15-10-12	16-10-12
36	25-11-12	26-11-12
37	07-12-12	08-12-12
38	20-01-13	21-01-13
39	19-02-13	20-02-13
40	04-03-13	05-03-13