



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO EN FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA**

**COMPLEJO DE ÁFIDOS Y RIESGO DE
DISPERSIÓN DEL VIRUS DE LA TRISTEZA DE
LOS CÍTRICOS EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**

SARAH ALEJANDRA PATIÑO ARELLANO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2012

La presente tesis titulada: **Complejo de Áfidos y Riesgo de Dispersión del Virus de la Tristeza de los Cítricos en la Península de Yucatán** realizada por la alumna: **Sarah Alejandra Patiño Arellano** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

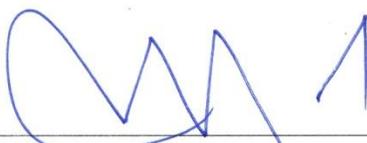
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. ESTEBAN RODRÍGUEZ LEYVA

ASESOR



DR. GUSTAVO MORA AGUILERA

ASESOR



DR. J. REFUGIO LOMELI FLORES

ASESOR



DR. OVIDIO DÍAZ GÓMEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre 2012

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por facilitarme los recursos para la realización de la maestría en ciencias.

Al financiamiento del proyecto “Implicaciones epidemiológicas del CTV en el sistema Vector-Planta: bases biológicas y cuantitativas para la aplicación de la Campaña en México” (PM09-4002) por apoyarme a realizar el trabajo de investigación.

A mi comité que me orientó y aguantó estos años, sobre todo al Dr. Esteban que fue el que lidió más conmigo.

A todos mis compañeros que de alguna manera me apoyaron o me relajaron.

A mi familia que me extraño tanto..., sobre todo a mi mami..

A mi familia postiza que me aguantó y me brindó un comfortable hogar.

A Biocultura que sufrió mucho mi ausencia.

A todos mis profesores, formales o no, porque aprendí, descubrí, y me dejaron con ganas de aprender más.

A todos los involucrados en el proyecto de investigación (Ing. Edwin Hernández, Dr. E. Loeza, Don Florentino), y muy especialmente a la M.C. Rebeca Peña por su gran ayuda en la identificación de los áfidos.

DEDICATORIA

Para Ta,

Mi familia,

Y Dr. Roberto García, que sigue vivo en mí.

**...Y sobre todo para tí, que siempre
me apoyaste y creíste en mí (nton y
nmon).**

RESUMEN

La producción de cítricos coloca a México como el quinto productor mundial de naranja y el segundo en la producción de limón persa. Esta riqueza citrícola se encuentra amenazada por patógenos de importancia cuarentenaria, como el CTV (*Citrus Tristeza Virus*), transmitido por *Toxoptera citricida* Kirkaldy y por otras especies de áfidos que ha provocado la pérdida de millones de árboles en el mundo. El CTV está presente en México desde 1983, y en el 2000 se reportó a *T. citricida* en la Península de Yucatán. Aunque se tiene información histórica y actualizada de la distribución del CTV, se carece de un registro sistemático de las poblaciones de áfidos de cítricos en la Península de Yucatán, con lo que se contribuiría al mejor entendimiento de este patosistema. El objetivo del presente trabajo fue determinar la composición, abundancia relativa y dinámica de las especies de áfidos de cítricos a escala regional y su relación con factores ambientales (bióticos y abióticos). Los sitios de muestreo fueron seleccionados utilizando los datos de superficie citrícola de los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, el número de árboles positivos a CTV por huerto y por los niveles de riesgo. En las principales zonas de riesgo epidemiológico, se realizaron colectas directas de áfidos en brotes de cítricos durante la principal época de brotación (enero-marzo y octubre-diciembre), así como colectas indirectas por medio de trampas Moerick (julio 2010-2011). Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva e índices de dispersión local, pruebas no paramétricas y pruebas de rango múltiple Tukey ($\alpha=0.05$) utilizando el programa SAS versión 9.0. Los áfidos identificados como potenciales vectores del CTV fueron *Toxoptera citricida* (84.04% de los sitios) y *Aphis spiraecola* (59.84%), y en menor abundancia *Toxoptera aurantii*, y *Aphis gossypii*. En todos los estados de la Península de Yucatán la población de áfidos disminuyó de marzo a octubre, cuando las temperaturas se mantuvieron por arriba de

los 30 °C y se presentaron las lluvias. Los meses de mayor abundancia en árboles fueron febrero y noviembre-diciembre, y en trampas de octubre a diciembre, periodos que coincidieron con la época de brotación de los cítricos. El patrón de distribución de los áfidos en los huertos de cítricos de la Península de Yucatán fue en agregados. Y finalmente, los estados biológicos de los áfidos que predominaron en los huertos de cítricos fueron adultas y ninfas ápteras.

ABSTRACT

Citrus production places Mexico as the fifth largest producer of orange and the second on persian lime in the world. This citrus production is threatened by pathogens such as Citrus Tristeza Virus (CTV), transmitted by *Toxoptera citricida* Kirkaldy, and other aphids species, disease which caused the loss of millions of trees around the world. The CTV was detected in our country in 1983, and during 2000 *T. citricida* was reported at the Península de Yucatán. Although there are information on CTV distribution in that region, there are not a systematic record of aphids that may help to understand the pathosystem. The aim of this study was to determine composition, abundance and population dynamic of citrus aphids at region scale and its relationship with environmental factors (biotic and abiotic). The sampling sites were selected using data of the citrus surface of Yucatan, Campeche and Quintana Roo, the number of CTV positive trees per orchard, and the risk levels. On the principal epidemiological risk areas, aphids were collected on flushes during the citrus flushing season (January to March and October to December), and indirectly using Moericke yellow traps (July 2010-2011). Data were analyzed using descriptive statistics and local dispersal rates, nonparametric tests and multiple range tests Tukey ($\alpha = 0.05$) using SAS, version 9.0. Aphids identified as potential vectors of CTV on citrus flushes were *Toxoptera citricida* (84.04% of sites) and *Aphis spiraecola* (59.84%), and *Toxoptera aurantii* and *Aphis gossypii* in lower abundance. In all the states of Peninsula de Yucatan, aphid population was greatly reduced from March to October, when temperatures remain above 30°C and precipitations were presented. The most abundant aphid population on trees occurred during February and November-December, in traps from October to December, both periods coincided with the citrus flushing season. The distribution pattern of aphids in citrus orchards of the Peninsula de Yucatan was aggregated. Finally, the

biological forms of aphids that dominated citrus orchards were adult apterous and wingless nymphs.

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	3
2.1. La citricultura	3
2.2. Virus de la tristeza de los cítricos	5
2.2.1. Distribución mundial del CTV	5
2.2.2. Transmisión del CTV	7
2.3. Áfidos vectores del CTV	8
2.3.1. <i>Toxoptera citricida</i> Kirkaldy	9
2.3.2. <i>Aphis gossypii</i> Glover	11
2.3.3. <i>Aphis spiraecola</i> Patch	12
2.3.4. <i>Toxoptera aurantii</i> Boyer de Fonscolombe	13
2.4. Métodos de captura y monitoreo	14
3. Materiales y métodos	16
3.1. Localización de los de sitios de muestreo	16
3.2. Composición y fluctuación espacio-temporal de áfidos en brotes de cítricos a nivel regional	19
3.3. Distribución espacio-temporal de áfidos en tres huertas a través de censos (registro total de áfidos de cada árbol en cada huerta)	20
3.4. Dinámica poblacional de áfidos en trampas tipo Moericke	21
3.5. Identificación y cuantificación de los áfidos	21

3.6. Análisis de datos	22
4. Resultados y discusión.....	23
4.1. Nivel de infestación y colonización.....	23
4.2. Composición y abundancia relativa de los áfidos.....	28
4.2.1. Muestreo directo (brotes cítricos).....	28
4.2.2. Muestreo indirecto (trampas Moericke).....	30
4.3. Dinámica poblacional de los áfidos vectores.....	33
4.3.1. Muestreo directo (brotes cítricos).....	33
4.3.2. Muestreo indirecto (trampas Moericke).....	38
4.4. Estructura de edades.....	42
4.5. Distribución espacio temporal de áfidos vectores.....	46
4.5.1. Campeche.....	46
4.5.2. Quintana Roo.....	49
4.5.3. Yucatán.....	49
5. Conclusiones	53
6. Literatura citada	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Huertas seleccionadas para la recolección de información de áfidos vectores del CTV en la Península de Yucatán.....	18
Cuadro 2. Porcentaje de infestación (\pm desviación estándar) de áfidos por fecha de muestreo y estado de la Península de Yucatán.....	23
Cuadro 3. Índices de diversidad de Shannon-Weiner y Simpson, para los tres estados de la Península de Yucatán.....	30
Cuadro 4. Estructura de desarrollo por especie de áfido, en las colectas en brotes, 2011.....	46
Cuadro 5. Índices de dispersión Morisita y Lloyd, (agregado: valor del índice > 1 , aleatorio: valor del índice $=1$, uniforme: valor del índice < 1) de los censos por entidad federativa y fecha de muestreo.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción porcentual de cítricos en el mundo (FAOSTAT, 2010).....	3
Figura 2. Producción mundial por especie de cítrico, en miles de toneladas (MT). (FAOSTAST, 2010).....	4
Figura 3. Distribución mundial del CTV (EPPO, 2006).....	6
Figura 4. Distribución nacional del CTV (SAGARPA, 2010).....	7
Figura 5. Distribución mundial de <i>T. citricida</i> , principal vector de CTV (EPPO, 2006).....	9
Figura 6. Distribución de <i>T. citricida</i> en México, (SAGARPA, 2010).....	10
Figura 7. Localización de los sitios de muestreo en trampas y en brotes en la Península de Yucatán, México, 2011.	17
Figura 8. Dinámica de brotación, colonización de áfidos en brotes y porcentaje de colonización, en la Península de Yucatán, 2011.	24
Figura 9. Precipitación acumulada por mes, en los tres estados de la Península de Yucatán en el 2010.....	26
Figura 10. Precipitación acumulada por mes, en los tres estados de la Península de Yucatán en el 2011.....	26

Figura 11. a) Porcentaje de áfidos vectores encontrados en diferentes especies de cítricos en la época de brotación, b) abundancia de áfidos vectores en árboles de diferentes edades en la época de brotación.....	28
Figura 12. Composición de áfidos en trampas tipo Moericke, a) Yucatán, b) Quintana Roo, c) Campeche, de julio 2010 a julio 2011.....	31
Figura 13. Fluctuación y composición población de áfidos totales por especie, por entidad federativa y fecha de muestreo, 2011. a) Campeche, b) Yucatán y c) Quintana Roo.....	36
Figura 14. Fluctuación poblacional de áfidos totales por especie en Campeche en trampas tipo Moericke, 2011.....	39
Figura 15. Fluctuación poblacional de áfidos totales por especie en Yucatán en trampas tipo Moericke, 2011.....	40
Figura 16. Fluctuación poblacional de áfidos totales por especie en Quintana Roo en trampas tipo Moericke, 2011.....	41
Figura 17. Fluctuación y composición de la estructura de la población de áfidos totales por especie y fecha de muestreo, 2011.....	44
Figura 18. Distribución espacial del CTV en la huerta de 39-cam, Campeche, 2011 (tomado con autorización de Domínguez-Monge, 2011).....	47
Figura 19. Distribución espacio temporal de <i>T. citricida</i> en la huerta 39-cam.....	48
Figura 20. Distribución espacio temporal del total de áfidos en la huerta 27-yuc.....	50

Figura 21. Distribución espacial del CTV en la huerta de 27-yuc, Yucatán, 2011

(Tomado con autorización de Domínguez-Monge, 2011).....50

INTRODUCCIÓN

La citricultura en México representa una actividad de relevancia dentro de la fruticultura nacional. Se estima una superficie cultivada de 547,901 ha (SIAP, 2010), lo que sitúa a México como el quinto productor mundial de naranja y el segundo en la producción de limón persa; además, esta actividad genera más de 320 mil empleos directos e indirectos (FAOSTAT, 2010; SAGARPA, 2010). Esta riqueza citrícola se encuentra amenazada por patógenos de importancia cuarentenaria, dentro de ellos está el *Citrus Tristeza Virus* (CTV, por sus siglas en inglés). Esta enfermedad ha provocado la pérdida de más de 116 millones de árboles en zonas productoras de Brasil, Argentina, España, Venezuela y Estados Unidos de América, donde la muerte de árboles se intensificó por la presencia de su principal vector, el pulgón café de los cítricos, *Toxoptera citricida* Kirkaldy (Carver, 1978; Halbert y Brown, 1996).

El patosistema del CTV es complejo, debido a múltiples factores que intervienen en él. Dentro de estos se encuentra la variedad, el porta injerto del árbol, los áfidos vectores con sus diferentes niveles de efectividad de transmisión, el medio ambiente (Gottwald *et al.*, 1996) y el manejo del huerto, el cual se encuentra directamente relacionado con las campañas fitosanitarias gubernamentales, así como la economía y cultura del productor. Una de las interacciones biológicas más importantes, dentro del patosistema del CTV, es el efecto que tienen las especies vectores en el incremento y dispersión de esta enfermedad dentro de la huerta y hacia otras regiones (Gottwald *et al.*, 1996; Hermoso de Mendoza *et al.*, 1997), que a su vez está influenciado por factores fenológicos del hospedero, clima y manejo de las huertas (Lapchin *et al.*, 1994).

El CTV está presente en México desde 1983, y en el año 2000 se reportó la entrada del vector principal, *T. citricida*, en el noroeste de la Península de Yucatán (Michaud y Álvarez, 2000). Esa situación convirtió a esta región en una zona importante, no tanto por la superficie cultivada o el valor económico de la producción sino por su relevancia epidemiológica, y por el efecto que fenómenos climáticos pueden tener sobre la dispersión de la enfermedad hacia otros lugares del país. Adicionalmente, se sabe que en la Península de Yucatán existen también al menos otras dos especies de áfidos con potencial de transmisión del CTV (Villegas, 2003), e información histórica de la distribución de este virus (Rivas, 2008; Domínguez-Monge, 2011). A pesar de la existencia de esta información, no existe un registro sistemático de las poblaciones de áfidos de cítricos a nivel regional en la Península de Yucatán. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la composición, abundancia relativa y dinámica de las especies de áfidos de cítricos a escala regional y su relación con factores ambientales (bióticos y abióticos).

REVISIÓN DE LITERATURA

La citricultura

Los cítricos son árboles o arbustos de hojas perennes, con ramas provistas de espinas, su altura puede oscilar entre 3 y 16 m , sus flores son fragantes y suelen estar reunidas en inflorescencias, presentan cinco pétalos, numerosos estambres y sus frutos son hesperidios. Estos árboles forman parte de un grupo de especies y variedades de rutáceas de los géneros *Fortunella*, *Poncirus* y *Citrus*. En el género *Citrus* se encuentra prácticamente todas las especies cultivadas de naranjas, limones, mandarinas, pomelos y clementinas (Agustí, 2003).

Actualmente, los principales países productores de cítricos son: Brasil, Estados Unidos de América, India, China y México, estos producen más de 78% de la producción mundial (Figura 1). La producción mundial de cítricos está dominada por naranjas, mandarinas, limones y toronjas (Figura 2).

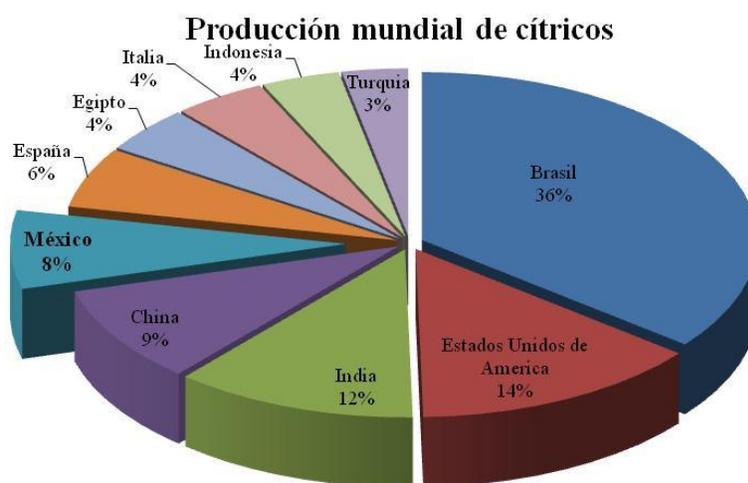


Figura 1. Producción porcentual de cítricos en el mundo (FAOSTAT, 2010).



Figura 2. Producción mundial por especie de cítrico, en miles de toneladas (MT). (FAOSTAST, 2010).

A nivel internacional, México es segundo lugar en producción de lima y limones, tercero en toronja, quinto en naranja y doceavo en la producción de mandarinas, tangerinas y clementinas (FAOSTAT, 2010). Los cítricos en México se distribuyen en dos áreas bien definidas por su clima, una adyacente al golfo de México, con abundante humedad y lluvia, y la otra sobre el océano pacífico, área con menor humedad y precipitación (Palacios, 1978). Los estados de Veracruz, San Luis Potosí, Michoacán, Tamaulipas, Nuevo León, Colima, Oaxaca y Puebla, concentran casi 87% del área de cultivo, y la Península de Yucatán concentra 5.21% del área y produce 4.43% de la producción nacional de cítricos (SIAP, 2010). La superficie citrícola en México es de alrededor de 547,901 ha, de esta superficie 63% es de naranja, 27% de limones, 4% de toronjas y 6% de mandarina, tangerina y otros cítricos (SIAP, 2010). Se estima que cerca de 95 mil familias dependen de esta actividad, con 38 millones de jornales anuales en producción y cosecha (SAGARPA, 2010).

Virus de la Tristeza de los cítricos

El *Virus de la Tristeza de los cítricos* (*Citrus Tristeza Virus*, CTV), es el agente causal de una de las enfermedades más importantes en cítricos, debido a que en los últimos 30 años ha causado la muerte de más de 100 millones de árboles en el mundo (Mendoza *et al.*, 2003; SAGARPA, 2010). La infección ocasionada por este agente bloquea los vasos conductores impidiendo la nutrición, lo que implica la muerte del huésped (Cambra y Moreno, 2000). Esta enfermedad es una de las más destructivas para los cítricos y los huéspedes están restringidos a la familia Rutaceae (Bar-Joseph *et al.*, 1989; Cambra y Moreno, 2000). En general, se puede hablar de tres tipos de variantes de la enfermedad: a) declinamiento rápido de árboles injertados sobre patrón de naranja agria, b) picado del tallo en algunas variedades de toronja y naranja, y c) el amarillamiento de las plántulas en invernaderos o bajo condiciones de experimentación (Bar-Joseph *et al.*, 1989).

Distribución mundial del CTV

El CTV se encuentra distribuido en todos los países citrícolas con diferentes niveles de incidencia (Figura 3). En México se han detectado árboles infectados en la mayoría de las zonas citrícolas (Figura 4), pero los daños sobre la producción no han llegado a presentarse como ocurrió en los EE.UU (Florida) y otros países. En estas áreas, fue una de las enfermedades más devastadoras, al tener la variante severa y otras combinaciones de CTV en sus huertas, que junto con la llegada de *T. citricida*, ocasionaron un incremento acelerado de la enfermedad (Halbert *et al.*, 2004). En México no sucedió de esta manera después de tener al CTV por casi 20 años, y a su principal vector más de 10, debido a que no contamos con las variantes severas del CTV y a la pronta acción del gobierno en las

campañas de erradicación de árboles positivos y el control de su principal vector *T. citricida* (SAGARPA, 2010).

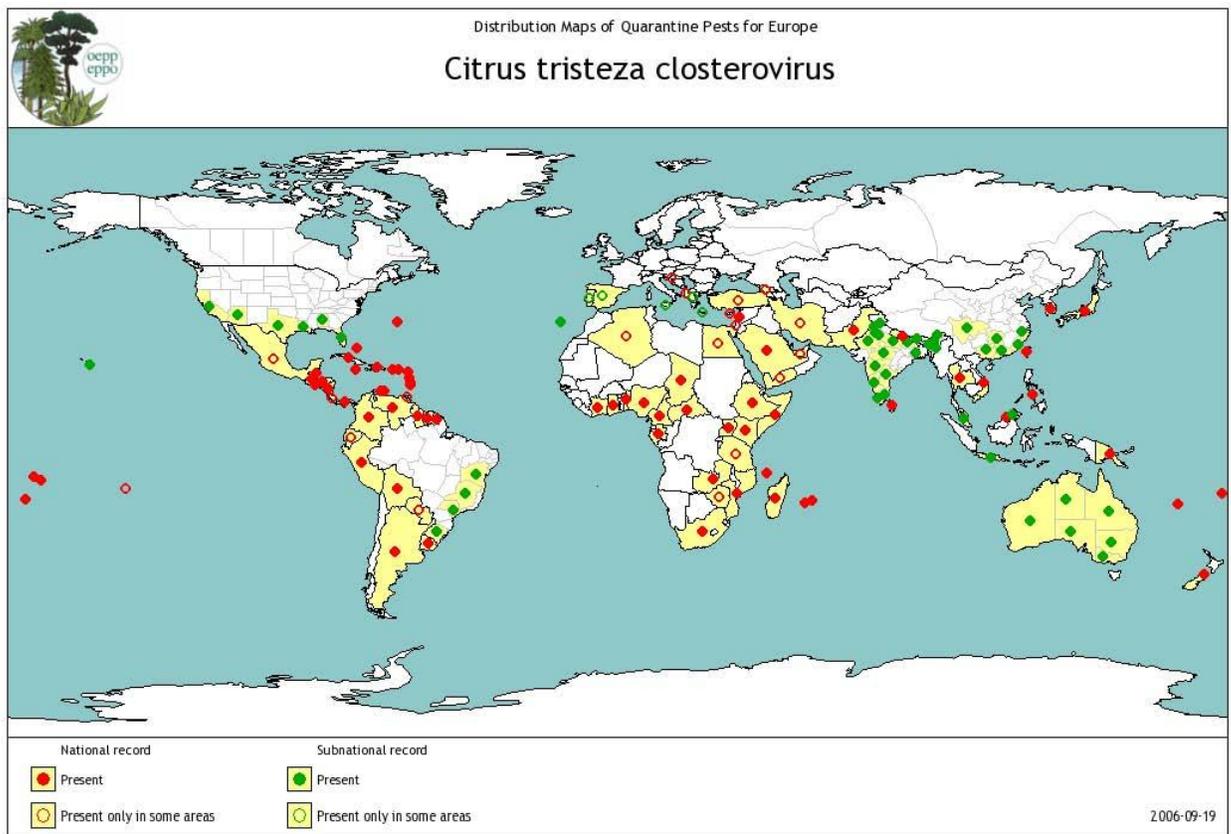


Figura 3. Distribución mundial del CTV (EPPO, 2006).

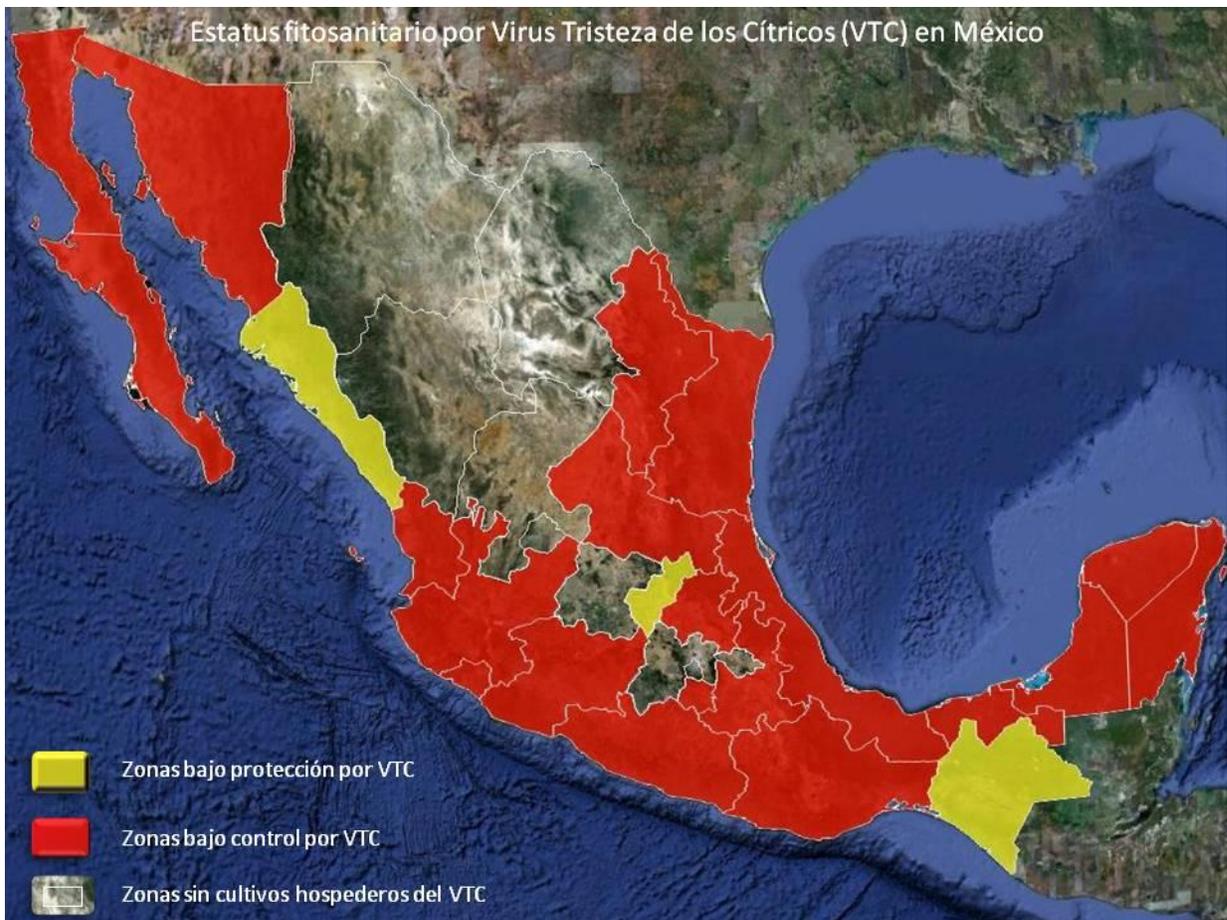


Figura 4. Distribución nacional del CTV (SAGARPA, 2010).

Transmisión del CTV

El CTV es transmitido mecánicamente y a través de los áfidos (Moreno *et al.*, 2008) de manera semipersistente y no persistente (Retuerma y Price, 1972; Manjunath, 1985); los áfidos pueden adquirir el virus al alimentarse por unos 30 minutos en una planta infectada y transmitirlo a un árbol sano. La transmisibilidad del virus aumenta a medida que el periodo de alimentación es más prolongado. Los áfidos infectivos puede perder su habilidad de transmitir el CTV después de haberse alimentado dos días de una planta sana o de dietas sintéticas (Sasaki, 1974). La transmisibilidad de los áfidos varía con las diferentes especies

(Sasaki, 1974; Reccah *et al.*, 1977; Roistacher y Bar-Joseph, 1989) y las cepas del virus (Bar-Joseph y Loebenstein, 1973; Yokomi *et al.*, 1989); sin embargo, no hay diferencia entre la transmisibilidad del virus entre adultos y ninfas de *Toxoptera citricida* y *Aphis gossypii* (Norman y Sutton, 1969, Roistacher *et al.*, 1984).

Los áfidos de importancia por su transmisibilidad del CTV son *Toxoptera citricida*, como el más eficiente (Costa y Grant, 1951; Sasaki, 1974), *Aphis gossypii* con capacidad intermedia (Dickson *et al.*, 1956; Norman y Grant, 1956), y *Aphis spiraecola* y *Toxoptera aurantii*, son los vectores menos eficientes (Roistacher y Bar-Joseph, 1987).

Áfidos vectores de CTV

Las especies de áfidos varían en abundancia y estacionalidad dependiendo de la región o país. En el mundo se encuentran comúnmente reportadas como plagas de cítricos 16 especies de áfidos y cuatro o más, que en ocasiones se pueden volver plagas (Blackman y Eastop, 2006; Stoetzel, 1994). Las especies que se encuentran con más frecuencias son *T. citricida*, *T. aurantii*, *A. spiraecola*, *A. gossypii*, *A. craccivora*, *A. nerii*, *Myzus euphorbiae* y *M. persicae* (Halbert y Brown, 1996). Komazaki (1994) realizó una revisión sobre las especies vectoras del CTV y mencionó a *T. citricida*, *A. gossypii*, *A. spiraecola* y *T. aurantii* como vectores a nivel mundial. Aunque hay algunas variaciones, existen características que pueden contribuir a la separación de las especies (Cuadro 2). Adicionales a las especies vectoras citadas, en el sur de Asia también se ha reportado a *A. craccivora*, *A. fabae*, *A. nerii*, *Acyrtosiphon pisum*, *M. persicae* y *Uroleucon jaceae*.

Toxoptera citricida Kirkaldy 1907

El pulgón café de los cítricos, que es el nombre común más aceptado de *T. citricida*, se encuentra distribuido en la mayoría de las regiones citrícolas del mundo (Figura 5). En México se reportó por primera vez a esta especie de pulgón en el año 2000 en el estado de Yucatán (Michaud y Álvarez, 2000), de esa fecha y hasta el año 2010 se le detectó en 11 estados de la parte sureste del país (Figura 6). Desde su aparición en México se generó la norma NOM-031-FITO-2000, en ella se establecieron las medidas fitosanitarias que se aplicaron para prevenir, controlar o erradicar al CTV y/o a su principal vector *T. citricida*).

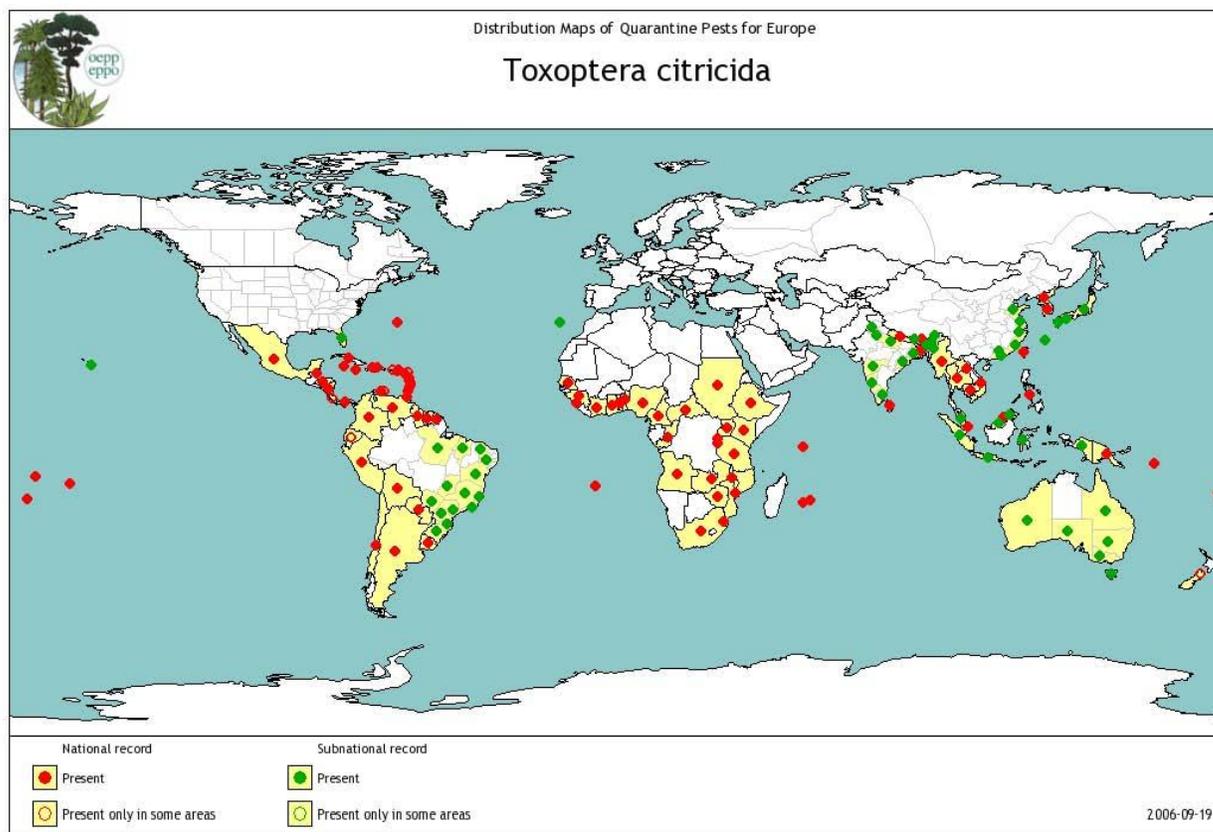


Figura 5. Distribución mundial de *T. citricida*, principal vector de CTV (EPPO, 2006).

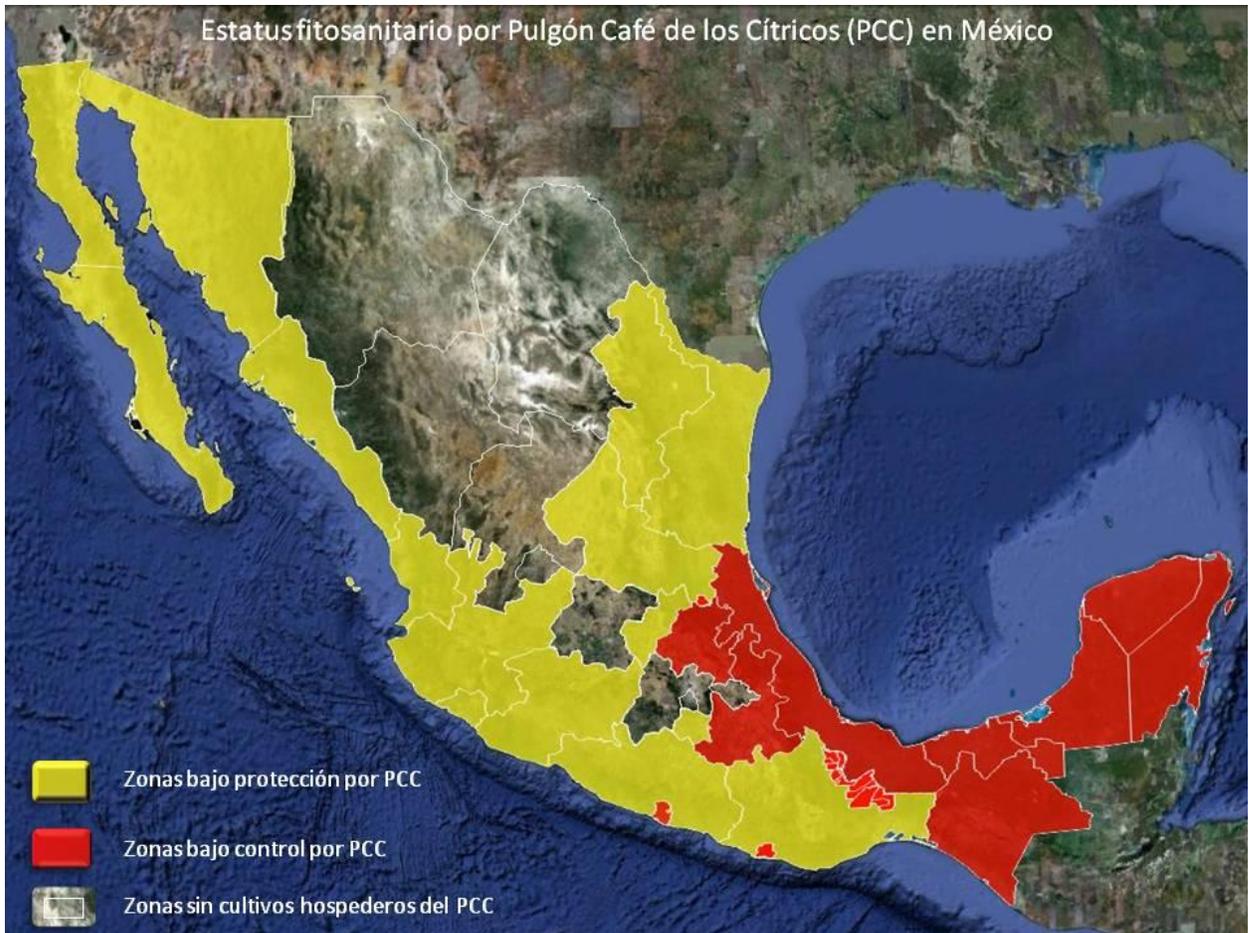


Figura 6. Distribución de *T. citricida* en México (SAGARPA, 2010).

T. citricida se desarrolla sólo en especies de la familia Rutaceae, principalmente en el género *Citrus* (Blackman y Eastop, 2006). Michaud (1998), menciona que se ha encontrado a *T. citricida* en 27 familias botánicas en diferentes partes del mundo, asimismo indica que la colonización, establecimiento y desarrollo lo realiza exclusivamente en el género *Citrus*. En México se encontró en 10 especies de plantas de 2 familias botánicas, pero fue *Citrus* donde se encontró comúnmente (Villegas, 2003). Su reproducción es holocíclica y anholocíclica (Komazaki *et al.*, 1979). En México su reproducción es

únicamente anholocíclica, pues solo se han colectado hembras vivíparas partenogenéticas ápteras y aladas (Villegas, 2003).

Características morfológicas importantes:

Alados: brillantemente pigmentados, café hasta negro; aparato estridulador presente, seis artejos antenales, tres primeros oscuros, y del IV al VI pálidos, algunas veces el artejo VI es pigmentado progresivamente hacia el ápice del proceso terminal, sífinculos negros, elongados, cauda negra elongada, vena media dos veces dividida y el pterostigma es pálido (Villegas, 2003).

Ápteros: brillantemente pigmentados de café hasta negro, aparato estridulador presente, seis artejos antenales, los dos primeros oscuros como la cabeza, del III al V presentan una banda apical pigmentada, el VI se presenta progresivamente pigmentado hacia el ápice del proceso terminal, sífinculos negros, elongados, cauda negra y elongada (Villegas, 2003).

***Aphis gossypii* Glover 1877**

El pulgón del algodón, o pulgón del melón, son los nombres más comunes de *A. gossypii*, especie cosmopolita y vector de más de 50 virus que transmite de manera persistente y no persistente, entre ellos el CTV (Kennedy *et al.*, 1962). Esta especie se encuentra en gran diversidad de hospederos, numerosas familias de plantas, incluyendo casi cien especies de cultivos alrededor del mundo, entre ellos algodón, cucurbitáceas, cítricos, café, cacao, papa y algunas plantas ornamentales (Helmut y Harrington, 2007).

Aphis gosypii se encuentra en México desde la Península de Yucatán hasta la Península de Baja California (Peña-Martínez, 1999). Se alimenta sobre 205 especies de plantas en 153 géneros de 64 familias botánicas (Villegas, 2003), y para cítricos se considera plaga menor (Stoetzel 1994). Es una especie anholocíclica, y en México sólo se han encontrado formas partenogenéticas de ápteros y alados, aunque también de forma aislada se ha encontrado individuos machos en trampas de agua (Peña-Martínez 1999; Peña-Martínez *et al.*, 1999). Su biología es compleja ya que en cada cultivo y región puede ser diferente. Se ha estudiado su desarrollo y fecundidad en diferentes cultivos y se cree que su biología pudiera presentar diferencias dependiendo de la nutrición (Akey y Butler, 1989).

Características morfológicas importantes:

Alados: varia del amarillo pálido hasta el negro pasando por verde pálido y café, dorso abdominal puede presentar o no escleritos en los segmentos III a IV, seis artejos antenales, sifúnculos negros y cilíndricos, cauda pálida o ligeramente pigmentada, pero nunca del mismo tono de los sifúnculos (Villegas, 2003).

Ápteros: amarillo pálido a café oscuro, seis artejos antenales, del mismo color del cuerpo, no presenta sensoria secundaria, sifúnculos negros y cilíndricos, cauda pálida o ligeramente pigmentada pero nunca del mismo tono que los sifúnculos (Villegas, 2003).

***Aphis spiraecola* Patch 1914**

El pulgón verde, nombre común de *A. spiraecola*, es cosmopolita y extremadamente polífago; en México se alimenta de 151 especies de plantas en 117 géneros de 51 familias botánicas (Villegas, 2003; Helmut y Harrington, 2007). Los cítricos son su hospedante

primario y como secundario usa algunas plantas herbáceas. En las regiones cálidas de México se encuentra durante todo el año en plantas hospederas secundarias, de donde las formas aladas migran hacia las plantas cultivadas. Esta especie puede causar distorsión en las hojas, y se reporta como vectora de más de 15 virus de plantas incluyendo el CTV aunque se considera que no es muy eficiente como vector de éste (Stoetzel, 1994; Villegas, 2003). *A. spiraecola* tiene un ciclo holocíclico en Norte America y Japón, y anholocíclico en otros países, en México sólo han colectado hembras vivíparas partenogénicas ápteras y aladas (Villegas, 2003).

Características morfológicas importantes:

Alados: verde amarillento a verde brillante, cabeza y tórax oscuros, patas oscuras, seis artejos antenales oscuros como la cabeza, sifúnculos negros, elongados y cilíndricos, cauda negra elongada, mismo tono que los sifúnculos (Villegas, 2003).

Ápteros: verde amarillento a verde rojizo, pasando por verde brillante con cabeza pigmentada, patas pálidas, seis artejos antenales medianamente pigmentadas, sifúnculos negros elongados cilíndricos, cauda negra elongada del mismo tono de los sifúnculos (Villegas, 2003).

***T. aurantii* Boyer de Fonscolombe 1841**

El pulgón negro de los cítricos, *T. aurantii*, es plaga mayor de cítricos y es cosmopolita; en México se encuentra en los estados de la costa del Pacífico, Golfo y centro (Peña-Martínez, 1999a). Mundialmente se ha reportado en un amplio rango de plantas hospederas, por lo menos 190 géneros, incluyendo a *Citrus*, en 80 familias (Stoetzel, 1994). Al parecer prefiere los miembros de las familias Rutaceae, Rosaceae, Apocynaeae y

Rubiaceae (Carver, 1978). En México se encuentra en 44 especies de plantas hospederas de 23 familias botánicas, transmite activamente nueve tipos de virus, su ciclo de vida es anholocíclico (Blackman y Eastop 2000). En México, se han colectado hembras vivíparas partenogenéticas ápteras y aladas. Villegas (2003) menciona que *T. aurantii*, a diferencia de otras especies, no es atraída por las trampas de agua de color amarillo y que las capturas en este tipo de trampas son raras aún cuando en campo estén bien establecidas las poblaciones en el hospedante.

Características morfológicas importantes:

Alados: brillantemente pigmentados, café claro hasta negro, patas pálidas con las articulaciones oscuras, aparato estridulador presente, seis artejos antenales, primeros dos oscuros como la cabeza y los demás pálidos, sífúnculos negros elongados, cauda negra elongada, alas anteriores con la vena media una vez dividida y pterostigma oscuro (Villegas, 2003).

Ápteros: café claro hasta negro, patas pálidas con articulaciones oscuras, aparato estridulador presente, seis artejos antenales, los primeros dos oscuros como la cabeza y los demás son pálidos presentando o no una banda apical pigmentada, sífúnculos negros y elongados, cauda negra y elongada (Villegas, 2003).

Métodos de captura y monitoreo

Existen dos tipos de monitoreo de áfidos los cuales se clasifican como directos e indirectos. Los métodos directos que se conocen son los que se realizan en un área determinada del hospedante; o se puede elegir sólo las ramas o brotes dentro de una

superficie (cuadrante) (Dicker, 1954; Swirski, 1954; Amman, 1967), también se puede asignar un tiempo determinado de búsqueda sobre alguna estructura botánica (Shands y Simpson, 1955), o cortando y llevando la sección del hospedante en una bolsa o recipiente para su posterior determinación (Muir, 1967), redes de golpeo (Saugstand *et al.*, 1967), muestras con aspiradores de diferentes tamaños (Johanson y Taylor, 1955), golpeando la rama o brote sobre una superficie de color contrastante (Heathcote, 1957).

En los métodos directos se pueden o no utilizar escalas para medir la colonización, esto depende del investigador (Heathcote, 1957), pero es preferible determinar el número de adultos o ninfas, cuántos de los adultos fueron alados o ápteros y lo mismo para las ninfas, si estaban presentes enemigos naturales (El-Ziady y Kennedy, 1956), y si estaban asociados, o no, con hormigas (Banks, 1958).

En los métodos indirectos se pueden usar trampas con filtro, estas funcionan con el aire; existen las que controlan el volumen de aire y las que no lo controlan, y las hay de diferentes formas y material (Taylor y Palmer, 1972). También es común el uso de trampas de impacto (con pegamento) donde encontramos las cilíndricas, verticales y/o horizontales, o las trampas de agua, de menor difusión también se utilizan trampas de luz.

Las decisiones para utilizar un método u otros dependen del objetivo del estudio, por ejemplo, saber cuál es la especie de áfido que se desea monitorear, ya que varían en su comportamiento y atracción al color (Taylor y Palmer, 1972). En cuánto tiempo se destinará al monitoreo y cuál es la logística u apoyo para atender las trampas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de los sitios de muestreo

Los sitios de muestreo se seleccionaron utilizando los datos de superficie citrícola de los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, el número de árboles positivos a CTV por huerto y por los niveles de riesgo. Estos parámetros se obtuvieron a través de un procedimiento de interpolación de la incidencia de la enfermedad. A estas variables se les asignaron valores ponderativos y los datos se definieron por el factor de ponderación total y el número total de sitios que se iba a muestrear; se consideró el número de muestras por municipio como lo estableció previamente Domínguez-Monge (2011).

Para la recolecta de áfidos se realizaron muestreos de manera directa e indirecta. De manera directa se estimó el número de individuos sobre brotes, y de forma indirecta a través de trampas Moericke. Los muestreos directos se realizaron en Yucatán, en las localidades de Kinchil, Samahil, Oxcutzcab, Muna, Ticul y Dzan. En el estado de Campeche, en Castamay y Champoton; y en Quintana Roo, en Rojo Gómez, Cacao y Subteniente López, todos durante el año 2011. Los muestreos indirectos se realizaron en Oxcutzcab y Mococho del estado de Yucatán; en Castamay y Calkini en el municipio de Campeche, estado de Campeche; y en Chunhuhub en Quintana Roo, durante el periodo julio de 2010 a julio 2011 (Figura 7 y Cuadro 1).

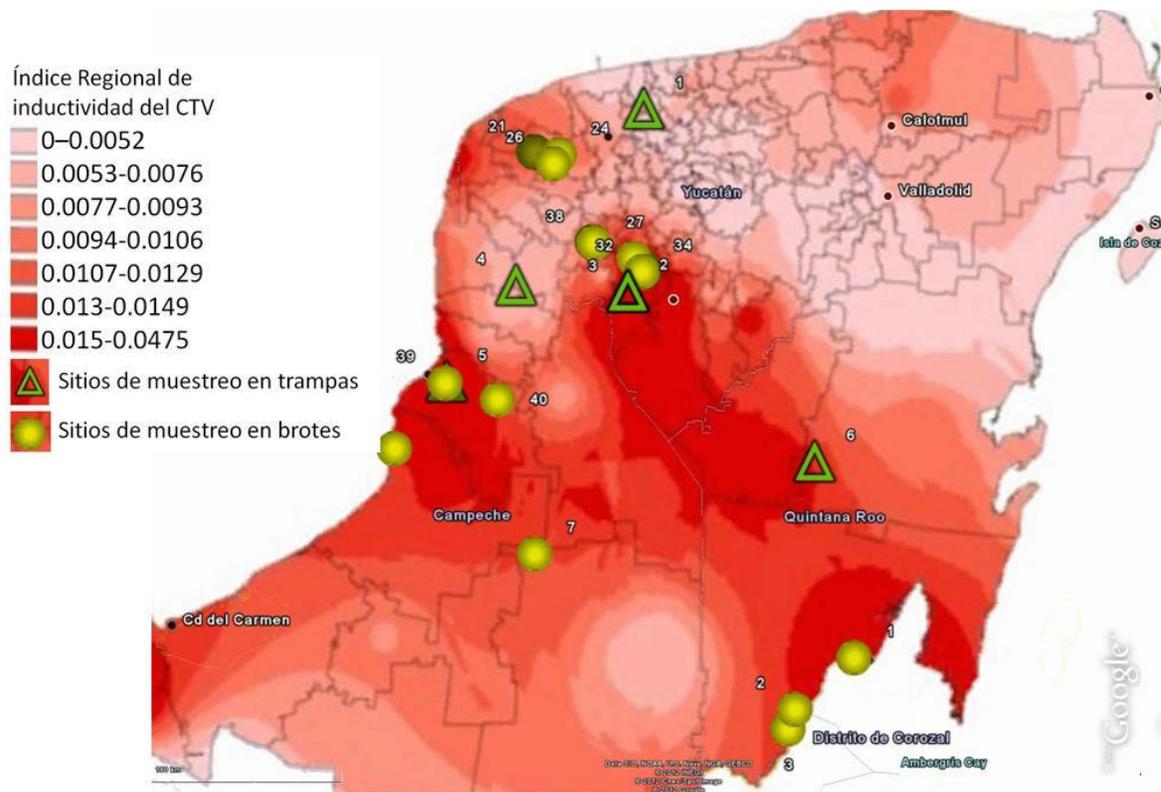


Figura 7. Localización de los sitios de muestreo en trampas y en brotes de cítricos en la Península de Yucatán, México, 2011.

Cuadro 1. Huertas seleccionadas para la recolección de información de áfidos vectores del CTV en la Península de Yucatán.

Estado	Municipio	clave	Coordenadas		Objetivo
			latitud	longitud	
Campeche	Campeche	39-cam	19.7351	-90.1832	B,C
	Campeche	40-cam	19.7421	-90.1729	B
	Campeche	7-cam	19.7431	-90.1734	B
	Champotón	15-cam	19.4978	-90.6887	B
	Campeche	4-cam	20.2695	-90.0809	T
	Campeche	5-cam	19.8141	-90.4289	T
Yucatán	Dzan	27-yuc	20.3982	-89.4839	B,C
	Dzan	31-yuc	20.3621	-89.4404	B
	Kinchil	22-yuc	20.8961	-89.9849	B
	Kinchil	23-yuc	20.9034	-89.9957	B
	Muna	37-yuc	20.4759	-89.6939	B
	Muna	38-yuc	20.4717	-89.6850	B
	Samahil	24-yuc	20.8857	-89.8632	B
	Samahil	26-yuc	20.8448	-89.8928	B
	Ticul	34-yuc	20.3359	-89.4423	B
	Ticul	32-yuc	20.3353	-89.4356	B
	Ticul	33-yuc	20.3406	-89.4392	B
	Mococho	1-yuc	21.1036	-89.4380	T
	Oxkutzcab	2-yuc	20.2449	-89.5151	T
Oxkutzcab	3-yuc	20.2401	-89.5157	T	
Quintana Roo	Cacao	3-qr	18.1812	-88.7090	B
	JR Gómez	2-qr	18.2739	-88.6746	B
	Subte. López	1-qr	18.5166	-88.3780	B,C
	Chunhunhub	6-qr	19.4421	-88.5755	T

B=huertas para muestreo en brotes, T=huertas para muestreo en trampas, C=huertas para censos.

Composición y fluctuación espacio-temporal de áfidos en brotes de cítricos a nivel regional

La época de brotación de cítricos más importante en la Península de Yucatán ocurre de octubre a marzo (comunicación personal, Dr. E. Loeza, INIFAP Yucatán). En este periodo se realizaron cinco muestreos (enero, febrero, marzo, octubre-noviembre y noviembre-diciembre de 2011) en 18 huertas de la zona de riesgo epidemiológico de CTV (Cuadro 1).

En cada sitio de muestreo (B=huerta para muestreo en brotes) se utilizó un muestreo sistemático y dirigido. Primero se ubicaron cinco puntos de recolecta, cuatro de ellos en cada extremo del huerto y uno en el centro. En cada punto se tomaron cuatro árboles, dentro de un radio de 10 m, para obtener un total de 20 árboles por huerta; sobre estos árboles se evaluó la presencia y ausencia de áfidos. Después, sólo en 10 árboles de cada huerta, se colocaba un cuadrante de PVC (40x40 cm) en cada punto cardinal y en el estrato medio del follaje (1.2-2.0 m) de cada árbol (Gaona *et al.*, 2000). En ese cuadrante se realizaron dos evaluaciones, la primera para estimar el número de brotes totales y brotes colonizados por áfidos, y la segunda para estimar el número de áfidos por especie y estado de desarrollo. Para ello se escogió el brote que tenía mayor presencia de áfidos en el cuadrante, se cortaban 10 cm de ese brote, se etiquetaba, y se depositaba en frascos con alcohol al 70% para su posterior identificación.

Distribución espacial de áfidos en tres huertas a través de censos (registro total de áfidos de cada árbol en cada huerta)

Adicionalmente al muestreo regional, se realizó un muestreo localizado denominado censos porque se muestrearon todos los árboles en cada huerta. Este tipo de muestreo se realizó en las tres huertas de mayor incidencia de CTV y mayor colonización de áfidos una por estado. En Yucatán fue la 27-yuc, en Campeche la 39-cam y en Quintana Roo la 1-qr (Cuadro 1. C=huertas para censos). Este muestreo se realizó durante los dos periodos de brotación más importantes (enero-marzo y octubre-diciembre) del 2011.

En Campeche se llevaron a cabo ocho muestreos, cuatro de ellos semanales continuos en el primer periodo de brotación y en el segundo periodo se realizaron los otros cuatro, dos muestreos semanales continuos entre octubre-noviembre y los otros dos igual en noviembre-diciembre. En Yucatán fueron siete muestreos, tres en el primer periodo de brotación y cuatro en el segundo, y para Quintana Roo sólo se realizaron cuatro muestreos, cada 15 días, dos en la primera época de brotación y otros dos en la segunda.

Los muestreos consistieron en una evaluación sistemática del total de árboles de cada huerta. Posteriormente se uso un cuadrante de 40x40 que se colocó a una altura de 1.2 a 2 m (Gaona *et al.*, 2000) del lado este del árbol. En el cuadrante se contó el total de brotes y el número de brotes colonizados por áfidos, se tomó un brote colonizado (10 cm) por cuadrante que se depositó en un frasco con alcohol 70% debidamente etiquetado (numero de árbol, línea y variedad), para la posterior identificación y separación de áfidos por especie y estado de desarrollo.

De manera adicional a los muestreos directos, en las huertas donde se realizaron los censos se instaló una trampa tipo Moericke en cada sitio, a una altura de 1.50 m sobre el nivel del suelo, en la parte central de cada huerta, con el fin de obtener un índice de migración de las especies de áfidos encontrados en los brotes. Las trampas se revisaron y se recolectó el material en las mismas fechas del muestreo directo. Cada trampa consistió en un recipiente de plástico de color amarillo de 30x20x20 cm con dos orificios, de 2.5 cm de diámetro, antes de su borde superior. Los orificios se cubrieron con organdí para eliminar el exceso de líquido provocado por la precipitación y evitar la pérdida de ejemplares. Las trampas se llenaron de agua con jabón al 10% para romper la tensión superficial.

Dinámica poblacional de áfidos en trampas tipo Moericke

Para registrar la composición y fluctuación espacio temporal de los áfidos alados asociados a los cítricos, se realizaron recolectas durante el periodo de agosto de 2010 a julio de 2011 en Yucatán y Campeche, y de noviembre de 2010 a julio de 2011 en Quintana Roo. Para ello se colocaron trampas tipo Moericke en seis huertas (Cuadro 1. T=huertas para muestreo de trampas), dos huertas en Campeche, tres en Yucatán y una en Quintana Roo en esos estado. En cada huerta se colocaron dos trampas (12 trampas en total) del mismo modo y características mencionadas. Semanalmente se recolectó el material de las trampas y se depositó en frascos con alcohol al 70% para su posterior identificación.

Identificación y cuantificación de los áfidos

La identificación y cuantificación de especies de áfidos se realizó en el laboratorio de entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. La identificación de los áfidos se realizó por medio de observación directa, con un

microscopio estereoscópico, siguiendo las claves de Stoetzel (1994), Halbert y Brown (1996) y Villegas (2003). Si algunas especies no se lograban identificar de esta manera se procedía a preparar los ejemplares en laminillas, de acuerdo a la metodología de Peña-Martínez (1992). La corroboración de las especies las realizó la M.C. Rebeca Peña-Martínez, especialista nacional en áfidos, del Instituto Politécnico Nacional.

Análisis de datos

Los datos de manera general se analizaron mediante estadística descriptiva las gráficas, mapas e índices de dispersión local se generaron en el programa de Excel 2007, SURFER versión 10. y MorLoyd ver. 1.0 MS Excel.

Debido a que la distribución de los datos no se ajustó a la normalidad, y al interés de conocer varias interacciones entre diversos factores, se realizaron varios tipos de análisis. Para determinar el efecto de la fecha de muestreo y la localización de los sitios (entidades federativas) sobre la composición, abundancia y estructura poblacional de especies de áfidos, considerando a las cinco especies vectoras de CTV, se realizó un análisis no paramétrico considerando un diseño de parcelas divididas. Para comparar el efecto de la especie y edad del cítrico, sobre el total de los áfidos, se realizó un análisis no paramétrico en un diseño de bloques al azar. Los datos se analizaron con el programa SAS, versión 9.0. Además se procedió a una comparación de medias utilizando la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0.05$). También se utilizó el mismo diseño para analizar los datos de trampas Moericke.

Resultados y discusión

Se detectaron dos periodos de brotación en los cítricos en la Península de Yucatán, la primera de enero a marzo y la segunda de octubre a diciembre (comunicación personal Dr. E. Loeza, INIFAP Yucatán); por esta misma razón se establecieron las fechas de muestreo indicadas previamente. Con respecto a la presencia, composición y abundancia de áfidos fue necesario establecer varios indicadores para tener la imagen completa del problema en el lugar de estudio.

Nivel de infestación y colonización

El primer indicador que se obtuvo en este trabajo fue el porcentaje de arboles con presencia de áfidos (% infestación). Con el muestreo general de 20 árboles por huerto se encontró que la infestación no sobrepasó el 20% en ninguna de las fechas de muestreo, a excepción de Campeche en febrero de 2011 (51%). De hecho, en la mayoría de las fechas, las infestaciones por áfidos fueron menores de 10% (Cuadro 2). Es evidente que los mayores porcentajes de infestación por áfidos se alcanzaron en los picos de brotación de los cítricos (Figura 8).

Cuadro 2. Porcentaje de infestación (\pm desviación estándar) de áfidos por fecha de muestreo y estado de la Península de Yucatán.

estado/mes	enero		febrero		marzo		octubre-noviembre		noviembre-diciembre	
	promedio	desvest	promedio	desvest	promedio	desvest	promedio	desvest	promedio	desvest
Campeche	17.50	31.75	51.30	16.01	1.25	2.50	13.80	18.87	7.50	11.90
Yucatán	7.27	5.64	17.70	14.21	6.36	7.10	0.00	0.00	2.73	4.10
Quintana Roo	8.33	5.77	11.70	2.89	6.67	2.89	1.67	2.89	3.33	5.77

desvest=desviación estándar

El porcentaje de infestación mostró variabilidad en los tres estados de la Península de Yucatán. Campeche fue el estado que, aparentemente, presentó mayor porcentaje de infestación comparado con Quintana Roo y Yucatán, aunque el análisis estadístico no lo refleja ($F=1.40$, $p<0.3767$). La información es contrastante ya que el estado de Yucatán tiene mayor superficie de cítricos (20,404 ha) y Campeche (4,814 ha) tiene menos de 23% de la superficie de cultivo que Yucatán, quizá esto se deba al porcentaje de brotación encontrado en el estado de Campeche.

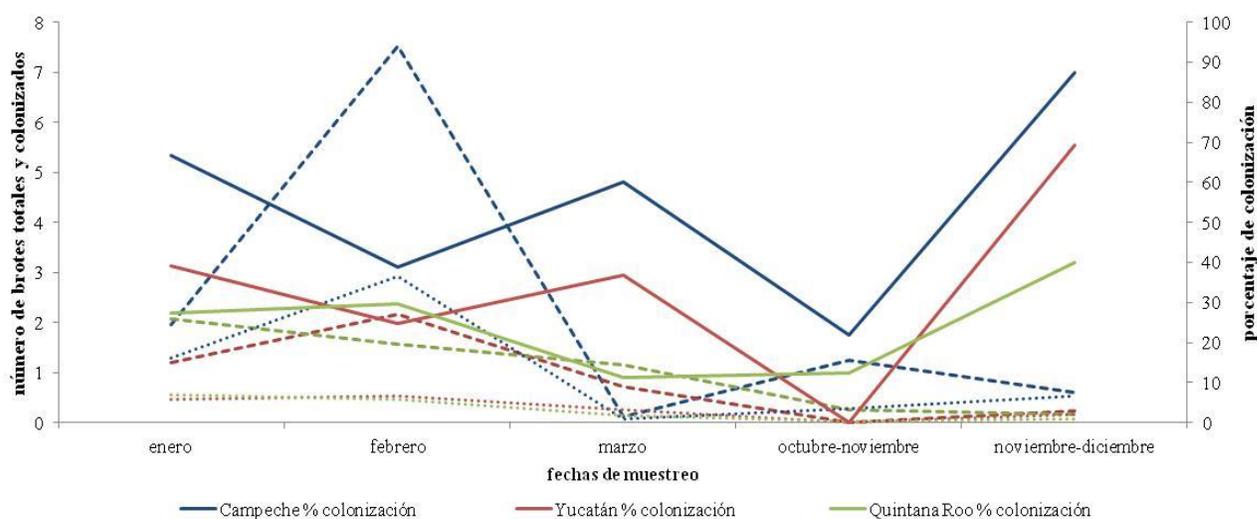


Figura 8. Dinámica de brotación, colonización de áfidos en brotes y porcentaje de colonización, en la Península de Yucatán, 2011. Porcentaje de colonización (línea continua), brotación total y brotación colonizada (línea punteada del mismo color).

El pico de brotación más abundante en el mes de enero se presentó en el estado de Quintana Roo, seguida por Campeche en febrero, posteriormente en marzo nuevamente es mayor la brotación en Quintana Roo, y finalmente en Campeche ocurre otro pico

importante en octubre–noviembre y noviembre-diciembre. Estos periodos de máxima brotación no coinciden con los más altos porcentaje de colonización de brotes que se observaron constantemente sobre cítricos del estado de Campeche, cuyo nivel de colonización llegó hasta 90% en los meses de noviembre-diciembre (Figura 8).

En este sentido, estas observaciones difieren de Quareshi (2010), quien menciona que *T. citricida* en el estado de Florida requiere de brotes nuevos para crecer y reproducirse, periodo que dura de 3 a 4 semanas (Michaud, 1998). Sin embargo en la Península de Yucatán, en algunas ocasiones se encontraron poblaciones de esta especie de áfido en Campeche, aún en lugares donde ya no había brotación, inclusive se llegó a encontrar sobre las ramas y algunos frutos. Quizá la población elevada en este sitio se deba a las condiciones climáticas favorables, a la ineficiencia de sus enemigos naturales o a la gran cantidad de hormigas que resguardaban a los áfidos de sus enemigos.

Se puede decir también que en la Península de Yucatán no existe la homogeneidad en la brotación de cítricos que se observa en otras regiones, como en Florida, donde están perfectamente sincronizadas, influenciadas por la temperatura, registradas y cuantificadas (Cooper *et al.*, 1963; Reuther, 1973). En el caso de los cítricos en la Península de Yucatán, al estar cerca del ecuador, donde las temperaturas son constantes, al igual que el fotoperiodo y la radiación, y donde no existe variación importante por la altitud, no existen los periodos de reposo por las bajas temperaturas, por lo que en estas condiciones el factor climático que influye sobre el comportamiento del crecimiento y desarrollo de los cítricos es la presencia y ausencia de precipitación (Orduz, 2007).

En la Península de Yucatán la precipitación se presenta de manera distinta en los diferentes estados (Figura 9 y 10), aunado a esto, la diversidad de cultivos que presentan las huertas y su manejo, hacen difícil la sincronización de la brotación y con ello el control de los áfidos vectores del CTV.

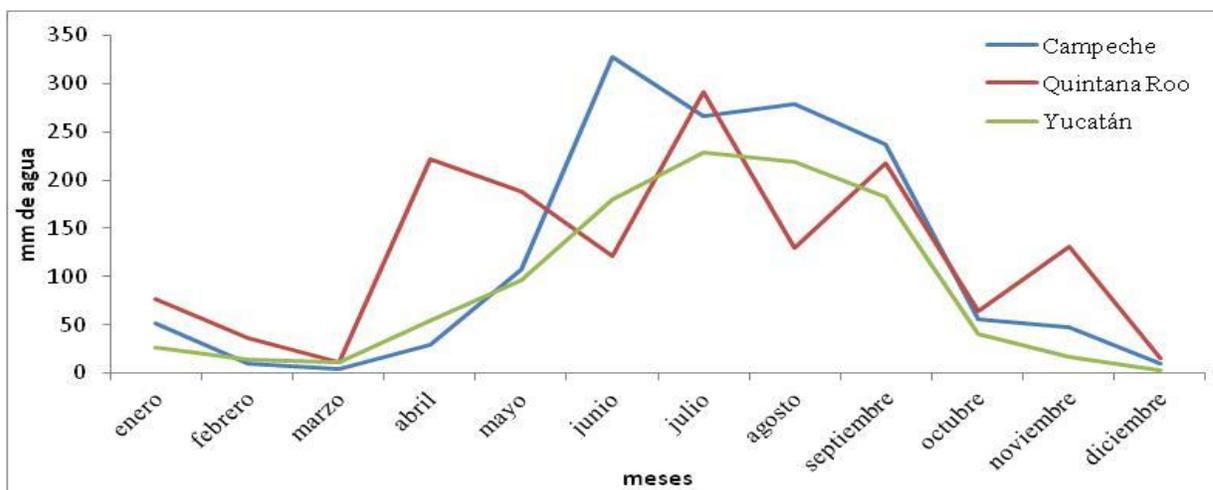


Figura 9. Precipitación acumulada por mes, en los tres estados de la Península de Yucatán en el 2010.

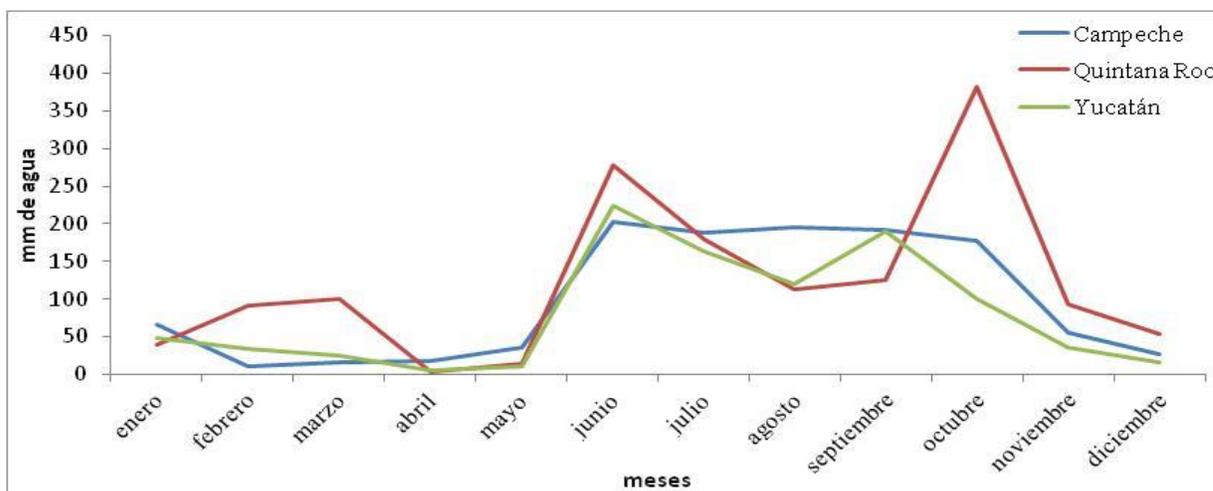


Figura 10. Precipitación acumulada por mes, en los tres estados de la Península de Yucatán en el 2011.

La especie de cítrico que presentó mayor cantidad de brotes fue *Citrus reticulata* (mandarina), seguida de *Citrus sinensis* (naranja), *Citrus latifolia* (limón) y *Citrus paradisi* (toronja), lo cual no coincide con el porcentaje de colonización. A pesar de que no se identificó una preferencia significativa de los áfidos por los brotes de ciertas especies de cítricos ($F=1.88$, $p=0.1616$), hay una tendencia marcada de mayor porcentaje de brotes colonizados en el limón persa con 54.94%, siguiendo la naranja con 35.03%, toronja con 33.33% y mandarina con 20.52%) (Figura 11). Lo cual puede indicar que aunque la mandarina tuvo mayor cantidad de brotes, los áfidos no la prefirieron, en nuestro caso prefirieron al limón persa, aunque de acuerdo con Doniseti *et al.* (2004) *T. citricida* se desarrolla y sobrevive mejor en naranja.

Adicional a la especie de cítrico y el porcentaje de infestación, también se estimó un efecto significativo de la edad del cítrico hospedero sobre la mayor colonización de áfidos ($F=8.89$, $p<0.0001$), los áfidos prefirieron los brotes de árboles de 15 años de edad (Figura 11). Esta preferencia pudiera deberse a que en este periodo los árboles posiblemente presenten mayor cantidad de brotes. Al menos así lo indicó Quareshi (2010), quién señaló que los árboles jóvenes en Florida tienen una brotación adelantada y son más vigorosos que los árboles con mayor edad, también los árboles jóvenes presentan brotación constante durante todo el año si las condiciones climáticas son favorables.

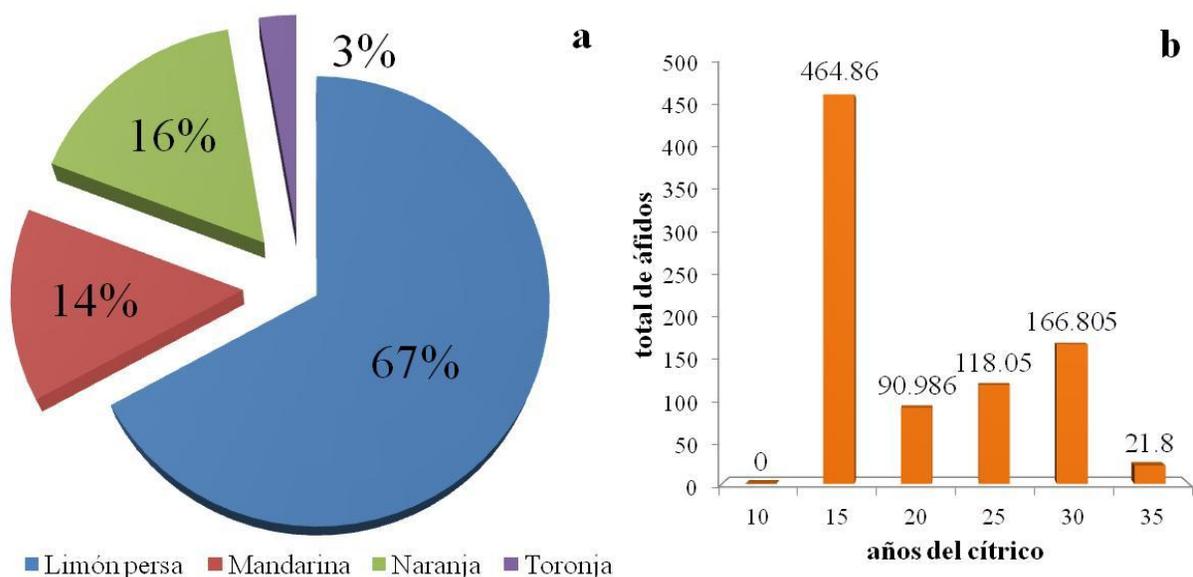


Figura 11. a) Porcentaje de áfidos vectores en diferentes especies de cítricos en la época de brotación, b) abundancia de áfidos vectores en árboles de diferentes edades en la época de brotación.

Composición y abundancia relativa de los áfidos

Muestreo directo (brotes de cítricos)

En la Península de Yucatán se encontraron siete especies de áfidos colonizando brotes de cítricos: *Toxoptera citricida* (84.05%), *Aphis spiraeicola* (7.95%), *Toxoptera aurantii* (5.60%), *Aphis gossypii* (1.71%), *Aphis fabae* (0.58%), *Aphis nerii* (0.06%) y *Aphis craccivora* (0.05%). Todas estas especies tienen el potencial como vectores del CTV, pero sólo cuatro se consideran potenciales ya que se presentan con mayor frecuencia como plaga en cítricos (Komazaki, 1994).

La composición de las especies de áfidos encontrados en los brotes fue diferente por entidad federativa y fecha de muestreo. En Yucatán se encontraron las cinco especies de

áfidos vectores: *T. citricida*, *T. aurantii*, *A. spiraecola*, *A. gossypii* y *A. craccivora*; de las cuales, cuatro son las que representan mayor peligro, en Campeche se identificaron tres: *T. citricida*, *T. aurantii*, *A. spiraecola* y en Quintana Roo se encontraron cuatro: *T. citricida*, *T. aurantii*, *A. spiraecola* y *A. gossypii*.

De acuerdo con los resultados del índice de Shannon-Weiner (Cuadro 3), Quintana Roo es la entidad federativa con mayor diversidad de las tres evaluadas, su índice es 1.62, con una probabilidad de 0.35 de que dos individuos dentro del huerto de cítricos, seleccionados al azar, pertenezcan a la misma especie; a diferencia de Campeche, que es la menos diversa con un índice de 0.23 y una probabilidad de encontrar otro individuo de la misma especie en el siguiente muestreo, de 0.93, la cual es *T. citricida* ya que fue la más abundante (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índices de diversidad de Shannon-Weiner y Simpson, para los tres estados de la Península de Yucatán

		ni	pi	log ₂ pi	H'	D'
Quintana Roo	<i>T. citricida</i>	108	0.2151	-2.2167	-0.4769	0.0463
	<i>T. aurantii</i>	11	0.0219	-5.5121	-0.1208	0.0005
	<i>A. spiraecola</i>	239	0.4761	-1.0707	-0.5097	0.2267
	<i>A. gossypii</i>	144	0.2869	-1.8016	-0.5168	0.0823
		502	1.0000	10.6011	1.6242	0.3557
Campeche	<i>T. citricida</i>	15667	0.9638	-0.0532	-0.0512	0.9290
	<i>T. aurantii</i>	36	0.0022	-8.8187	-0.0195	0.0000
	<i>A. spiraecola</i>	552	0.0340	-4.8801	-0.1657	0.0012
		16255	1.0000	13.7519	0.2365	0.9301
Yucatán	<i>T. citricida</i>	5987	0.6629	-0.5932	-0.3932	0.4394
	<i>T. aurantii</i>	1386	0.1535	-2.7041	-0.4150	0.0235
	<i>A. craccivora</i>	13	0.0014	-9.4404	-0.0136	0.0000
	<i>A. spiraecola</i>	768	0.0850	-3.5559	-0.3024	0.0072
	<i>A. gossypii</i>	878	0.0972	-3.3628	-0.3269	0.0094
	9032	1.0000	19.6563	1.4510	0.4796	

ni= número de individuos, pi=número de individuos entre el número total de individuos de todas las especies, H'=índice de Shannon-Weiner, D'=índice de Simpson.

Muestreo indirecto (trampas Moericke)

El total de áfidos capturados en la Península de Yucatán en las trampas tipo Moericke, durante el periodo de julio de 2010 a julio de 2011, fue 1192 individuos donde se encontraron representantes de 10 especies diferentes. La especie que se capturó en mayor abundancia fue *A. spiraecola*, que representó a 70.10% de los ejemplares, y el menos abundante *T. aurantii*, con 0.19%. La composición de las especies de áfidos vectores por entidad federativa fue diferente (Figura 12), y en Quintana Roo no se capturaron áfidos de las especies *T. citricida* ni *T. aurantii*.

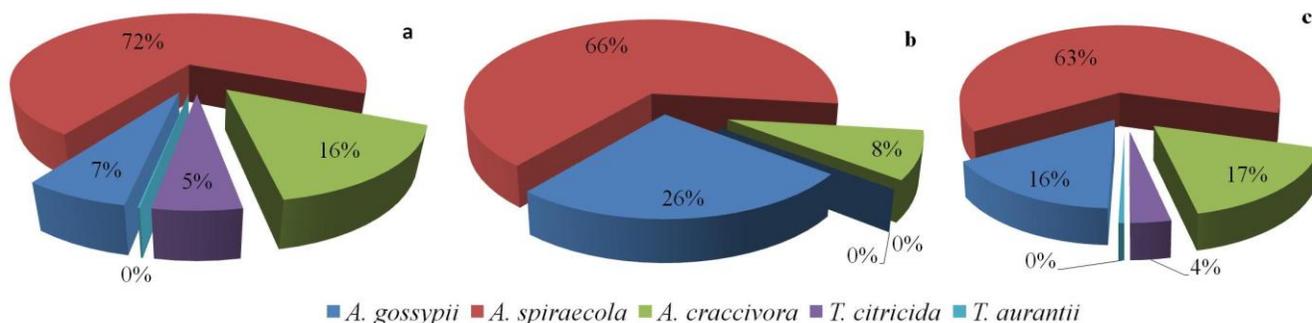


Figura 12. Composición de áfidos en trampas tipo Moericke, a) Yucatán, b) Quintana Roo, c) Campeche, de julio 2010 a julio 2011.

El complejo y proporción de especies de áfidos que se determinó para la Península de Yucatán es similar con lo establecido en otros lugares de importancia citrícola en México y en el mundo. Por ejemplo, en el estado de Nuevo León se encontraron con mayor abundancia y frecuencia a: *A. spiraecola*, *A. gossypii* y *T. aurantii* y no se encontró en ninguna ocasión a *T. citricida* (Silva-Vara, 2001). En Tamaulipas y Veracruz la especie predominante fue *T. aurantii*, y estaba ausente *T. citricida* (Ganoa *et al.*, 2000; Cisneros, 2003).

La composición de especies varía en las regiones citrícolas del mundo, pero es común la presencia de *A. spiraecola*, *A. gossypii*, *T. aurantii* y *T. citricida*. Por lo general, cuando no se encuentra *T. citricida* las especies más abundantes son *A. gossypii* y *A. spiraecola*, como en el caso de España, Sicilia (Italia), Izmir (Turquía), Córcega (Francia) (Melia y Blasco, 1980; Lapchin *et al.*, 1994; Hermoso de Mendoza *et al.*, 1997; Addante *et al.*, 2009; Yoldas *et al.*, 2011), a excepción de Grecia (Kavallieratos *et al.* 2004), donde el áfido predominante es *T. aurantii*. Quizá lo que se comparte en la mayoría de los países es

que casi siempre la especie más abundante es la causante de la diseminación de la enfermedad, sin ser ésta la más eficiente transmisora.

Hay lugares donde el áfido que predomina es *T. citricida* como en la Isla de Madeira (Portugal), Venezuela, Salvador y Japón (Komazaki, 1994; Franquinho y Albano, 2001; Carrera y Carmeli, 2003; Menjivar *et al.* 2003), pero no ha ocasionado las inmensas devastaciones que han ocurrido en Brasil o Argentina. Algo parecido puede explicarse en esta región del suroeste de México (Península de Yucatán), donde está presente *T. citricida*, pero no se ha ocasionado la epidemia que se esperaba. La explicación más frecuente para esta situación en esta región de México es que se supone la presencia de razas atenuadas del virus. Existe una extraña coincidencia de la misma situación en Puerto Rico (Michaud, 1999) donde no se está presentando como se esperaba esta enfermedad.

Aun así existe, una extraña coincidencia en las zonas donde se encuentra *T. citricida* y el CTV, en las cuales no han causado las devastaciones esperadas, estas zonas tienen en común encontrarse dentro de la zona de convergencia intertropical (ZCIT por sus siglas en inglés), la cual es un cinturón de baja presión donde convergen el aire cálido y húmedo de latitudes al norte y al sur del ecuador, esto posiblemente crea un clima para que las dinámicas de áfidos en estos sitios sean similares a los de la Península de Yucatán.

Dinámica poblacional de los áfidos vectores

Muestreo directo (brotes de cítricos)

De los cinco muestreos que se realizaron en la Península de Yucatán se recolectaron 25,789 áfidos de las cuatro especies vectoras (*T. citricida*, *A. gossypii*, *A. spiraecola* y *T. aurantii*); la población de áfidos presentó dos picos poblacionales, en la primera brotación en el mes de febrero (14,056) y la segunda en noviembre-diciembre (3,022). Fue claro que se presentaron diferencias significativas sobre la abundancia del número total de áfidos en la península de Yucatán para el primer ($F=2.42$, $p<0.0119$) y segundo periodo de brotación ($F=3.33$, $p<0.0106$).

En Yucatán y Campeche el pico poblacional de áfidos más alto se presentó en febrero, a diferencia de Quintana Roo que se presentó en enero (Figura 13). Por otro lado, no se detectó un efecto de la entidad federativa sobre la totalidad de áfidos ($F=0.15$, $p<0.8659$). Silva-Vara (2001), en un trabajo realizado en 1996 y 1997, menciona que en el estado de Nuevo León el periodo de mayor captura fue en septiembre, aún con lluvias, los siguientes meses continuo la presencia de los áfidos pero en menor cantidad y aumentaron nuevamente en abril y mayo de 1997, cuando la temperatura era baja comparada con el año anterior. En este sentido, Michaud (1999) mencionó que la precipitación no afectaba marcadamente la mortalidad de los áfidos ya que bajaban al envés de las hojas, pero no sucedía lo mismo con temperatura. Los áfidos asociados a los cítricos (*A. gossypii*, *A. spiraecola*, *T. citricida* y *T. aurantii*) con temperaturas mayores a 25 °C (óptima) (Tang *et al.*, 1999) bajan su rango intrínseco de crecimiento (Rahman *et al.*, 2009), desarrollo, reproducción y supervivencia.

En la Península de Yucatán se puede observar como existe una relación entre las temperaturas máximas (Campeche $R^2=0.60$, Yucatán $R^2=0.18$, Quintana Roo $R^2=0.52$), mínimas (Campeche $R^2=0.61$, Yucatán $R^2=0.15$, Quintana Roo $R^2=0.47$) y la precipitación (Campeche $R^2=0.42$, Yucatán $R^2=0.24$, Quintana Roo $R^2=0.38$) con la dinámica de población de los áfidos. Las poblaciones de áfidos disminuyeron cuando se presentaron las temperaturas máximas y la precipitación, y aumentaron cuando la temperatura era menor y no se presentaban lluvias, fue precisamente en este último periodo que coincidió con la mayor brotación de los cítricos en la región (Figura 13).

T. citricida fue la especie que predominó entre las poblaciones de áfidos encontrados en brotes, y su abundancia es afectada por las fechas de recolecta ($F=8.65$, $p<0.0001$), los meses de mayor abundancia fueron enero y febrero (Figura 13). Se puede decir que la población dominante en Yucatán y Campeche fue *T. citricida* y en Quintana Roo, entidad con menos de 3,000 ha cítricos, fue *A. spiraecola* (Cuadro 3).

Si se observa la fluctuación poblacional de las especies de áfidos vectores (Figura 13), se puede suponer que *T. citricida* comenzó su establecimiento al incrementar su población en noviembre-diciembre hasta llegar a febrero, cuando alcanzó su máxima población, posteriormente disminuyó y aparentemente desapareció. Al menos no se detectó en los cítricos. Puede proponerse que poblaciones más bajas pueden estar en especies hospederas alternantes mientras que vuelven a aparecer los brotes en los cítricos. Michaud (2004) cita que en condiciones de laboratorio *T. citricida* puede sobrevivir y reproducirse en algodón y en una revisión de este mismo autor (1998), se menciona que se ha encontrado colonias en 70 plantas pertenecientes a 27 familias botánicas; aunque Stoetzel

(1994) señaló que su colonización, establecimiento y desarrollo se lleva a cabo únicamente en el género *Citrus*.

En Australia, Carver (1978) mencionó que *T. citricida* y *T. aurantii* eran comunes en primavera-verano y ocasionalmente se presentaban pequeñas colonias en invierno, pero del cómo sobreviven en el verano es un misterio, él sostiene que esto puede tener una correlación con la humedad del suelo. Esto puede estar relacionado en este caso en la Península de Yucatán, donde en algunos lugares existen diferentes tipos de suelo y de pedregosidad, pudiera ser que esto influya en el estrés y condiciones nutricionales de los árboles, lo cual podría ser una variante más que afecta la colonización.

Para *A. spiraecola* y *A. gossypii* se puede decir que sus poblaciones permanecieron constantes, sobre todo en Quintana Roo, pero en muy bajas cantidades. Precisamente por los niveles poblacionales bajos de estas especies se considera que no representan peligro como transmisoras de CTV. Esta situación es completamente diferente a la que se da en el mediterráneo occidental, pues estas dos especies son los principales vectores potenciales del CTV. En dicho lugar no está presente *T. citricida*, pero *A. spiraecola* y *A. gossypii* mantienen poblaciones elevadas, debido a la baja eficiencia de sus depredadores y por la resistencia a los insecticidas (Hermoso de Mendoza *et al.*, 1998).

En el presente trabajo de investigación, *T. aurantii* se encontró en bajas cantidades a comparación de *T. citricida*, y su desarrollo y colonización no fue tampoco tan explosivo. El periodo de mayor abundancia de *T. aurantii* fue en enero y *A. craccivora* se detectó sólo una vez y en el mismo periodo.

De manera general, en los cítricos de la Península de Yucatán se puede observar una sucesión ecológica de las especies de áfidos. La que empieza a colonizar los brotes es *A. spiraecola*, seguido por *A. gossypii* posteriormente empiezan a colonizar predominantemente *T. citricida* y en menor cantidad *T. aurantii*. Esta situación se ha observado en Japón, donde la colonización la inicia *A. gossypii*, después *A. spiraecola* y finaliza con *T. citricida* (Komazaki, 1994). El mismo autor señala que esto puede deberse a que *A. gossypii* y *A. spiraecola* tienen más especies hospedantes y pueden incrementar su población en ellas, mientras aparecen los brotes de los cítricos, a diferencia de *T. citricida* que tiene mayor potencial para desarrollarse en cítricos, y quizá aunque llegue o colonice después puede desplazar a las otras especies de los brotes de cítricos.

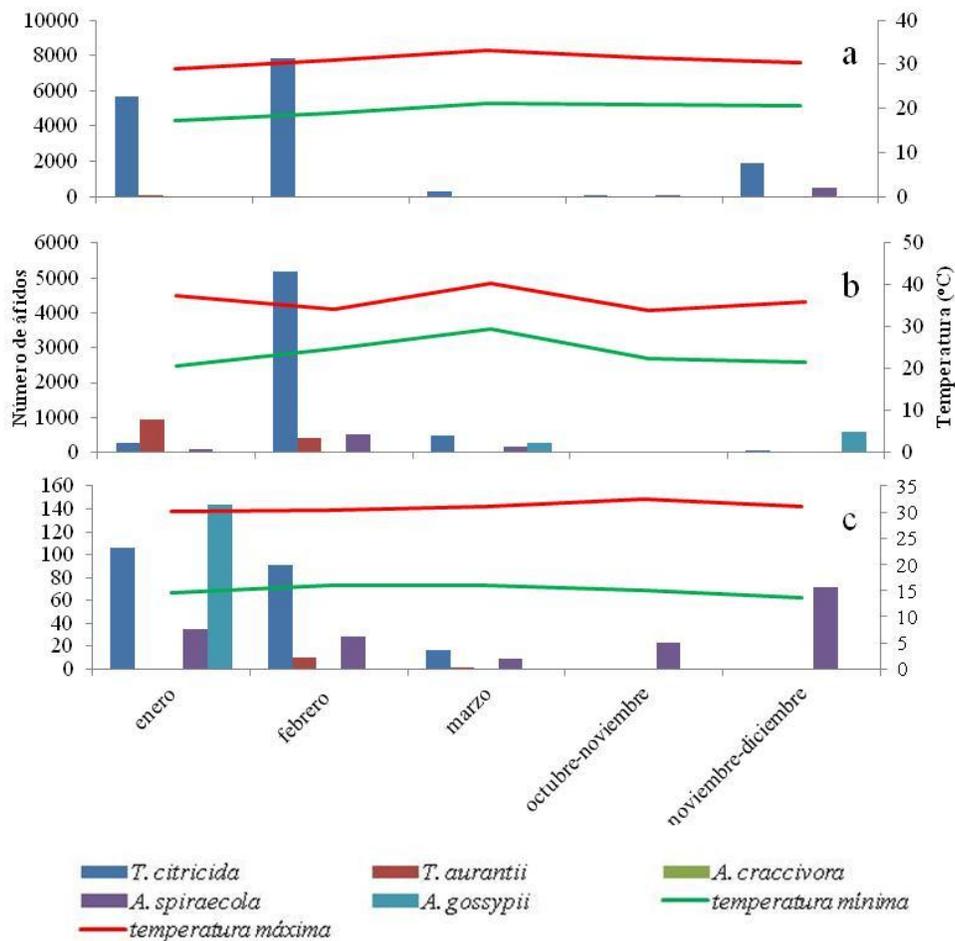


Figura 13. Fluctuación y composición población de áfidos totales por especie en 2011, por entidad federativa, fecha de muestreo, y su relación con temperatura. a) Campeche, b) Yucatán y c) Quintana Roo.

Muestreo indirecto (trampas Moericke)

De manera general los picos de mayor densidad poblacional se presentaron en las mismas fechas en las tres entidades federativas, de octubre a enero, con una pequeña diferencia entre los sitios por estado (Figura 14, 15 y 16), esto pudiera deberse a las diferentes condiciones geoclimáticas, manejo y características de la huerta.

Se puede observar que los áfidos alados disminuyeron su población hasta prácticamente desaparecer en los meses más cálidos y lluviosos, que comprenden los meses de abril a septiembre. Los cambios de temperatura influyen definitivamente en la dispersión de los áfidos, estos determinan el número de generaciones que se producen así como su capacidad de vuelo; la temperatura óptima para los áfidos se encuentra entre 20 y 25 °C y/o 25 a 30 °C (Harrington *et al.*, 1995), condiciones climáticas que coinciden con los picos de población de los áfidos en brotes y en las trampas en la Península de Yucatán.

Por otro lado, la temperatura alta es un factor que favorece la movilidad de los áfidos alados, el umbral mínimo para el vuelo es de 13 a 16 °C y los límites superiores alrededor de 31 °C (Irwin *et al.*, 2007). Esto ayuda a explicar la mayor actividad de vuelo de los áfidos en las fechas de octubre a enero-febrero en la Península de Yucatán.

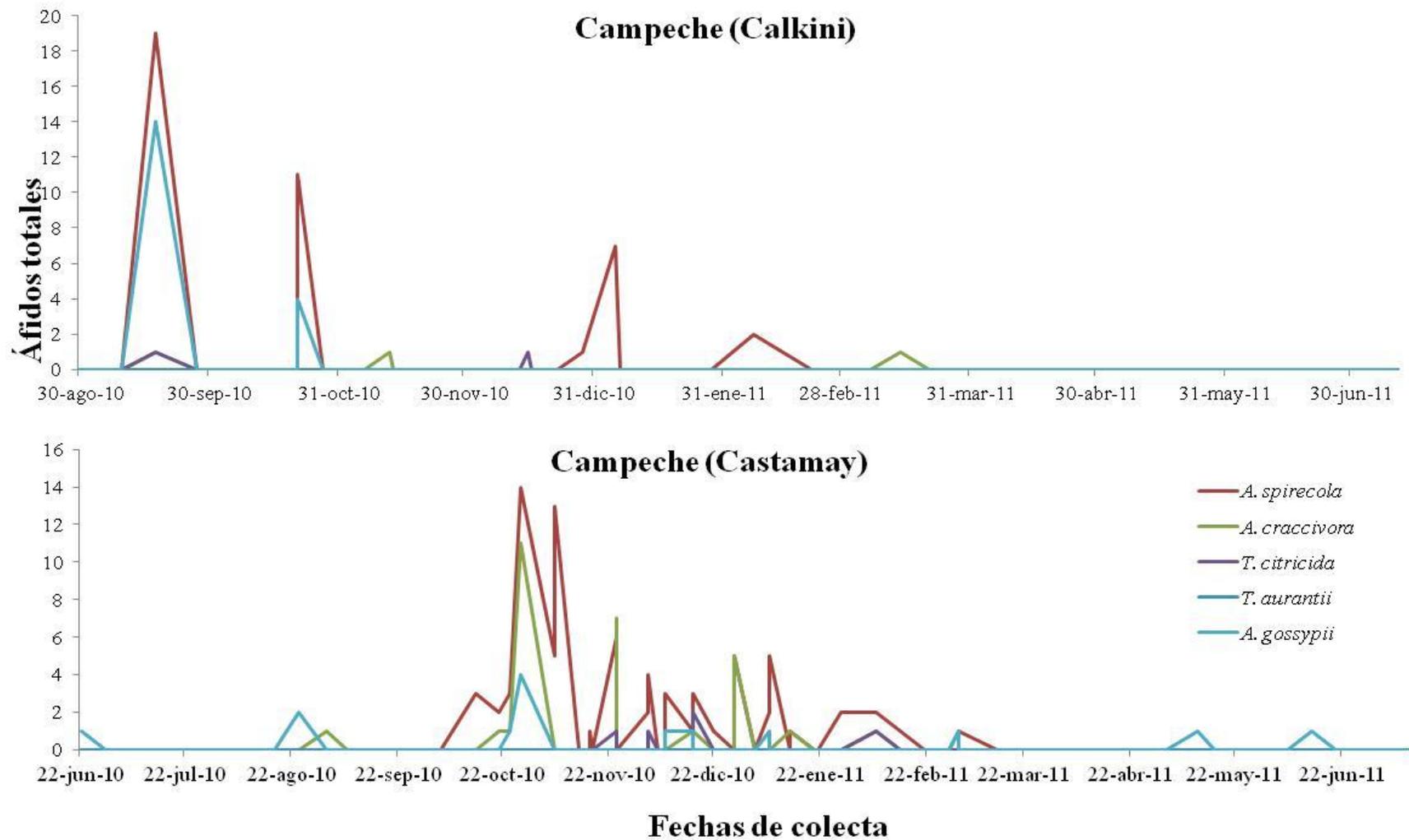


Figura 14. Fluctuación poblacional de áfidos totales por especie en Campeche en trampas tipo Moericke, 2011.

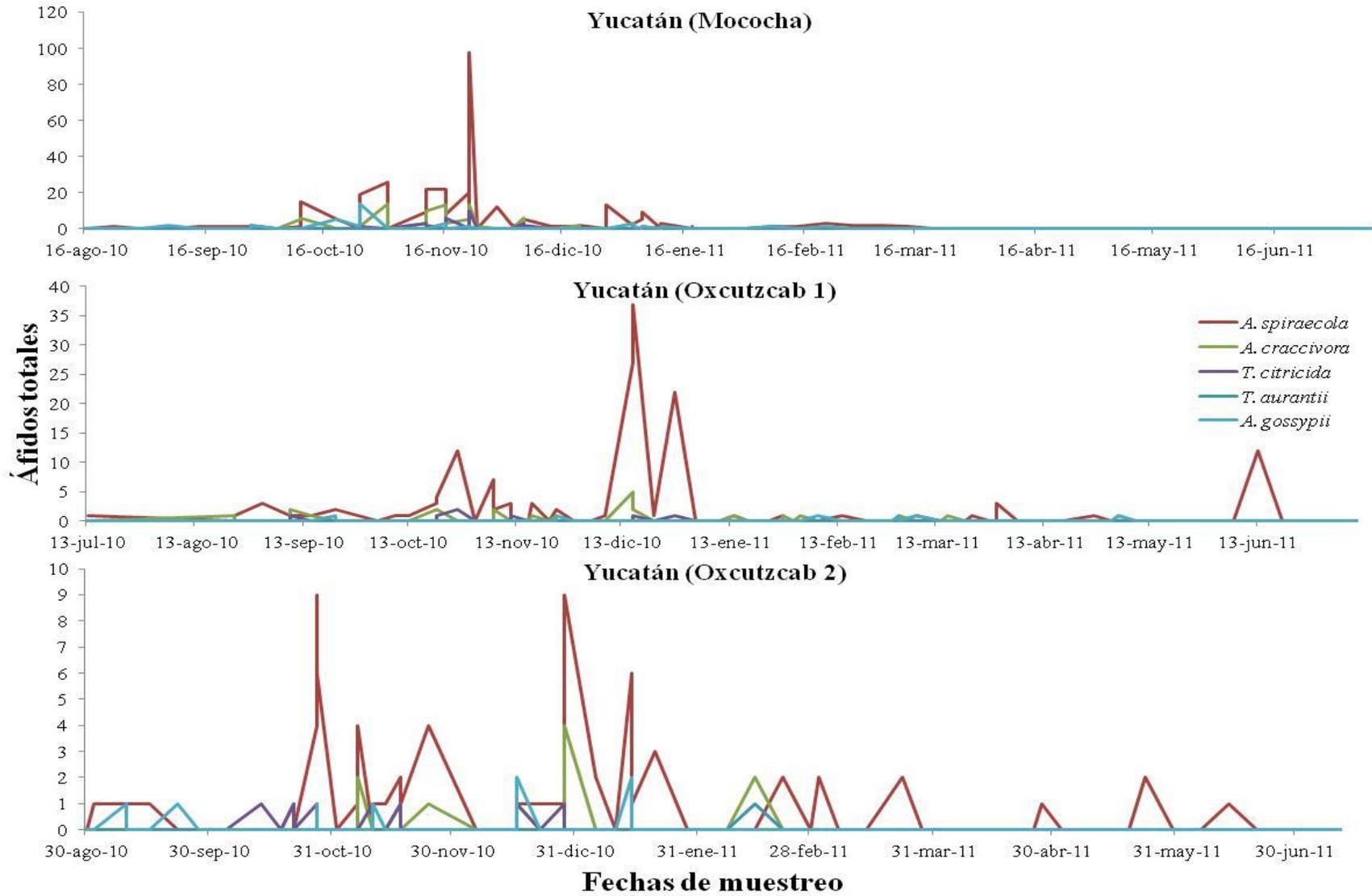


Figura 15. Fluctuación poblacional de áfidos totales por especie en Yucatán en trampas tipo Moericke, 2011.

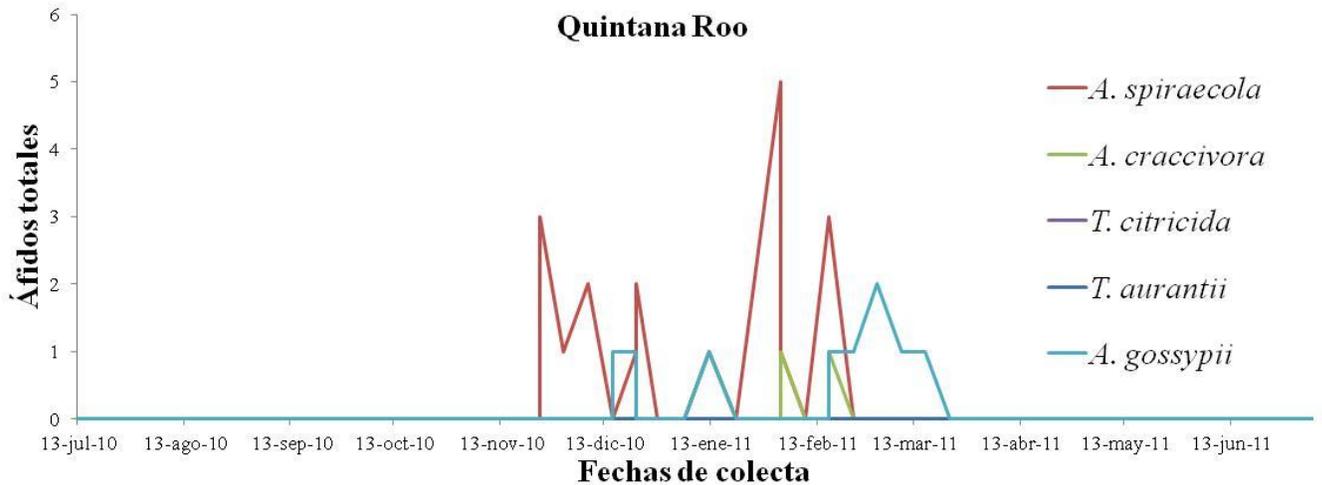


Figura 16. Fluctuación poblacional de áfidos totales por especie en Quintana Roo en trampas tipo Moericke, 2011.

Los áfidos alados que se capturaron en trampas en la Península de Yucatán presentaron una fluctuación estacional en el periodo de octubre a enero; sin embargo, sólo presentaron un pico de alta población. Esto se puede relacionar con la colonización ya que en las fechas posteriores apareció el pico de áfidos en los brotes de cítricos (Figura 13).

Los bajos porcentajes de captura de *T. aurantii* en las trampas puede deberse a que esta especie no fue atraída por el color amarillo, o al menos no con este tipo de trampas, coincidiendo con Carver (1978) quien mencionó que de más de cien mil áfidos capturados en trampas tipo Moericke en Australia, en diferentes trabajos entre 1962-1970, sólo 18 fueron *T. aurantii*. Por su parte Yokomi y Tang (1996) señalaron que en Puerto Rico las trampas de agua, las cuales consistían de un acrílico amarillo como atrayente, sólo capturaron el 1% de *T. citricida* y 0.1% de *T. aurantii*, y en mayor proporción *A. spiraeicola*. En México Villegas (2003) mencionó que las colectas de *T. citricida* y *T. aurantii* en trampas tipo Moericke son más bien accidentales, más que por una atracción de importancia a este tipo de trampa. Lo que corrobora que el color

amarillo en las trampas Moericke no funciona para atraer a estas dos especies, como lo mencionan Michaud (1998).

Es importante señalar que estas dos especies, *T. citricida* y *T. aurantii*, se encontraron en bajas cantidades en las trampas tipo Moericke usadas en la presente investigación, pero en muestreos directos fueron las especies que se encontraron en mayor proporción colonizando brotes. Además de la ineficiencia de las trampas como método de muestreo, también es importante indicar la capacidad de vuelo de cada especie; según Gottwald *et al.* (1996), los individuos alados de *T. citricida* no son buenos voladores y sólo se desplazan a cortas distancias de su colonia inicial, lo que contribuye también a explicar las bajas capturas.

Aunque la trampa amarilla tipo Moericke aparentemente no fue la mejor opción para *T. citricida* y *T. aurantii*, si lo fue para el monitoreo de las otras especies y tiene menos inconvenientes que una trampa de succión y que una de pegamento. Además esta última tiene el inconveniente de que la superficie se satura rápidamente y se necesita usar productos especiales para despegar a los individuos, los cuales pueden sufrir daño y complicar su identificación.

Estructura de edades

Existió un efecto significativo de la fecha de muestreo ($F=5.84$, $p=0.0088$) sobre la diversidad de estados de desarrollo de los áfidos que se encontraron sobre los brotes de los cítricos en la Península de Yucatán. La mayor cantidad de hembras adultas y ninfas ápteras se presentó en enero y febrero, probablemente porque estaban en la época de mayor colonización y desarrollo, del mismo modo también se encontró la mayor cantidad de ninfas alatoides en este periodo. Desde el punto de vista ecológico para los áfidos, quizá fue necesario desarrollar este

morfotipo (ninfas alatoideas) debido a la gran cantidad de individuos por brotes y su necesidad de encontrar nuevas fuentes de alimento. Por otro lado, la mayor población de hembras aladas se detectó en el muestreo de noviembre-diciembre. Esto puede relacionarse, probablemente, con el inicio de la colonización en los brotes, y se pudo observar también que en enero disminuyeron y empezó el crecimiento de las formas ápteras (Figura 17).

La época de mayor abundancia de la totalidad de las especies de áfidos en los brotes, fue el mes de febrero para hembras aladas ($F=7.55$, $p<0.0001$), adultas ápteras ($F=9.76$, $p<0.0001$), ninfas ápteras ($F=11.11$, $p<0.0001$), y alatoideas ($F=5.9$, $p<0.0005$). Además, hay una clara diferencia en cuanto la abundancia de los morfotipos dependiendo de la fecha (Figura 17). Los resultados de los áfidos alados y potenciales migrantes (ninfas alatoideas) pueden estar subestimados ya que los conteos de ninfas alatoideas se realizaron con aquellas que presentaban los paquetes alares bien desarrollados.

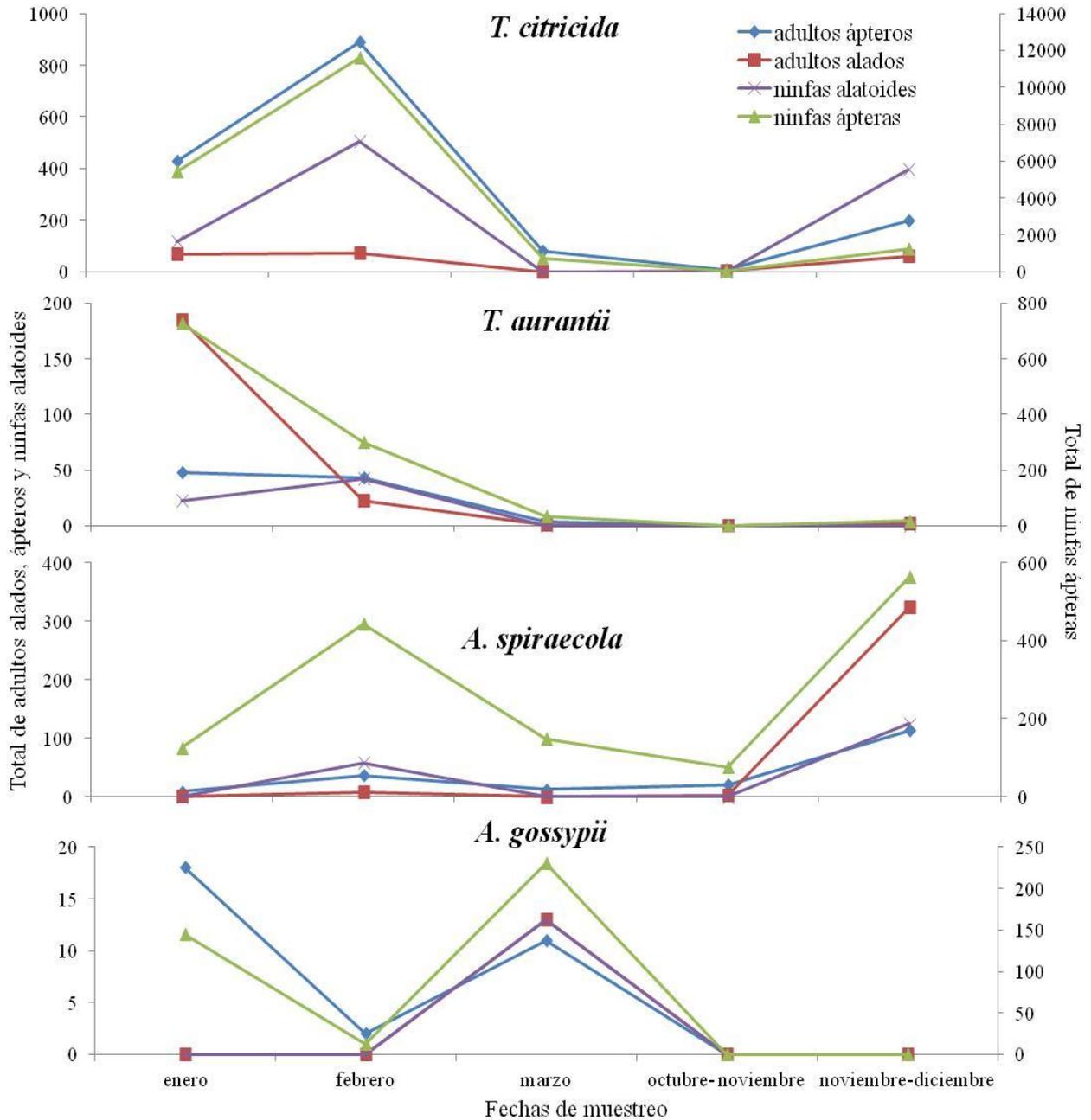


Figura 17. Fluctuación y composición de la estructura de la población de áfidos totales por especie y fecha de muestreo, 2011, en la Península de Yucatán.

Las especies *T. citricida* y *A. gossypii* presentaron mayor cantidad de hembras ápteras que aladas, en una proporción de 8.1:1 y 2.3:1, respectivamente. Al mismo tiempo, esas especies

presentaron mayor abundancia de ninfas comparando con la población de hembras adultas; así se encontró una proporción de 11.15:1 para *T. citricida* y 9.11:1 para *A. gossypii*. Esto puede indicar que estas especies tienen un mayor potencial para desarrollarse y colonizar rápidamente los espacios o recursos disponibles antes de que otras especies pudieran llegar. También, puede ser que los áfidos alados a la hora de emerger abandonan sus colonias rápidamente, como menciona Halbert y Brown (1998). Esta explicación pudiera tener base si se capturaran más hembras aladas en esos momentos, pero en el caso de las poblaciones de áfidos en la Península de Yucatán no fue así ya que no se observaron en las trampas Moericke.

T. aurantii y *A. spiraecola* tuvieron mayor cantidad de hembras aladas en comparación a las hembras ápteras de las especies anteriores (*T. citricida* y *A. gossypii*), en este caso las proporciones fueron 2.15:1 y 2.34:1 respectivamente. Además, tuvieron una menor proporción entre adultos y ninfas (5:1 para *A. spiraecola* y 2.18:1 para *T. aurantii*) (Cuadro 4). Esto se debió quizá a que *A. spiraecola* tiene más comportamiento de vuelo, ya que aún sin ser el más encontrado en plantas, siempre fue el que tuvo mayor abundancia en trampas (Carrera y Carmeli, 2003; Addante *et al.*, 2009; Yoldas *et al.*, 2011).

A diferencia de Franquinho y Albano (2001), quienes encontraron en Murcia una mayor proporción de adultos alados que de ápteros, con una reaparición de grandes colonias después de primavera, donde las condiciones climáticas habían promovido la brotación y colonización, en la Península de Yucatán se encontró siempre la mayor proporción de adultos ápteros que de alados, aunque se observó una clara diferencia cuando empezaron a emerger los áfidos alados. Al respecto Michaud (1999) mencionó que la mayoría de la fundación de las colonias es por adultos alados, él observó que en grandes infestaciones los áfidos bajan de brotes colonizados hacia los que no están, y también demostró en laboratorio que los áfidos alados de *T. citricida* tienen una

tendencia de agregación intrínseca. Según el mismo autor, aparentemente esa tendencia de agregación era para incrementar sus probabilidades de sobrevivencia por ataques de los depredadores. En el caso de las poblaciones de áfidos de la Península de Yucatán, se logró observar comúnmente que las colonias están protegidas por grandes cantidades de hormigas.

Cuadro 4. Estructura de desarrollo por especie de áfido, en las colectas en brotes en la Península de Yucatán, 2011.

	hembras ápteras	hembras aladas	ninfas ápteras	ninfas alatoideas
<i>T. citricida</i>	1598	197	19014	1016
<i>T. aurantii</i>	98	211	1081	65
<i>A. spiraecola</i>	190	335	1356	183
<i>A. gossypii</i>	31	13	388	13

Distribución espacio temporal de áfidos vectores

Campeche

En una huerta (39-cam) en el estado de Campeche, se realizaron ocho censos con frecuencia semanal en el primer periodo de brotación, de febrero-marzo, siguiendo con otros dos muestreos en octubre-noviembre y otros dos en noviembre-diciembre, en el segundo periodo de brotación, que corresponde al pico máximo poblacional para la zona y al posterior declinamiento de la población. En el total de muestreos se recolectaron 15,485 áfidos, de estos, sólo 84, es decir menos de 0.6% correspondieron a *T. aurantii*, contados en el segundo y tercer muestreo; en el resto de los muestreos sólo se identificó a *T. citricida*.

T. citricida se encontró distribuido la mayoría de las veces sobre los árboles positivos (Figura 18), aunque es la primera vez que hay un registro de las especies y dinámica poblacional

de áfidos en estas entidades federativas, podría ser probable que la presencia, predominancia y nivel de agregación de esta especie se relacione directamente con la diseminación del virus. El patrón de distribución en el CTV se observa en árboles contiguos, como en el caso del análisis de dispersión de Gottwald *et al.* (1996), y la distribución del CTV en esta huerta en particular en Campeche, de acuerdo a los estudios previos de distribución del virus por Domínguez-Monge (2011), coincide con la distribución en agregados (Cuadro 5) de esta especie de áfido (Figura 19).

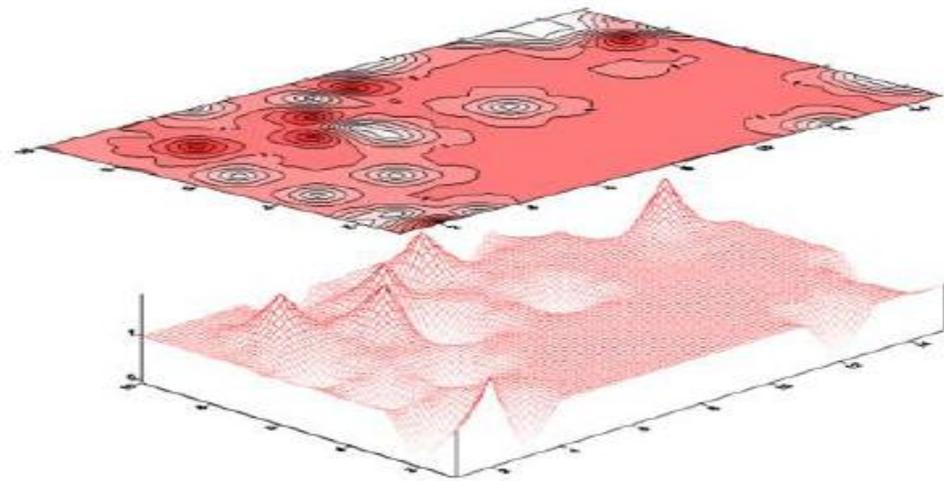


Figura 18. Distribución espacial del CTV en la huerta de 39-cam, Campeche, 2011 (tomado con autorización de Domínguez-Monge, 2011), las elevaciones en el mapa indican los árboles positivos de la huerta así como las zonas más oscuras.

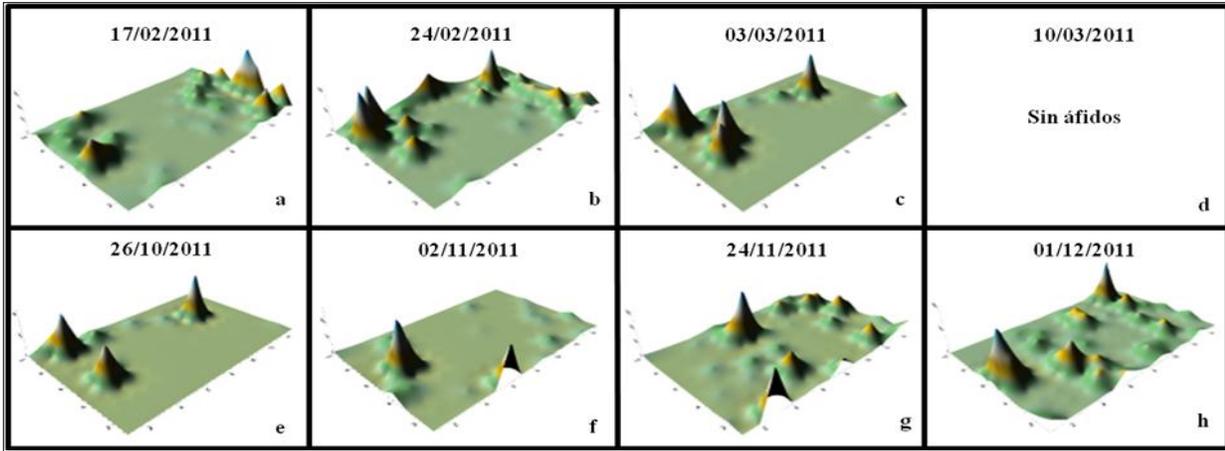


Figura 19. Distribución espacio temporal de *T. citricida* en la huerta 39-cam.

Quintana Roo

En Quintana Roo en la huerta 1-qr, se encontraron 186 áfidos en las tres fechas de muestreo, los cuales corresponden a dos especies: *T. aurantii* y *A. spiraecola*, en la primera fecha solo se encontró a *A. spiraecola*, en la segunda se encontraron las dos especies y en la tercera no se encontró ningún áfido. Los individuos se localizaron, en la parte central de la huerta las dos veces, presentándose de manera agregada (Cuadro 5). Los arboles de esta huerta eran muy altos y con pocos brotes, quizá por esto no se encontraron en gran cantidad o quizá por la fecha de colecta, la cual fue a finales de febrero y a principios de marzo, cuando la temperatura comienza a elevarse y la población de áfidos tienden a descender su población.

Yucatán

En la huerta de Yucatán se realizaron siete muestreos (Figura 20), y se recolectaron 3,106 áfidos de cuatro especies diferentes, *T. citricida*, *T. aurantii*, *A. spiraecola* y *A. craccivora*, las cuales no se encontraron con la misma frecuencia en todas las fechas. *T. citricida* se encontró en la primera brotación, en las primeras tres semanas y no se volvió a encontrar en los muestreos posteriores; *A. craccivora* se encontró en la primera semana, *A. spiraecola* se encontró en la primera semana de la primera brotación y en la segunda semana del segundo periodo de brotación, y *T. aurantii* se encontró en todas las fechas de muestreo. A pesar de que esta especie estuvo presente en todas las fechas de muestreo, *T. citricida* fue la que se encontró en mayor proporción.

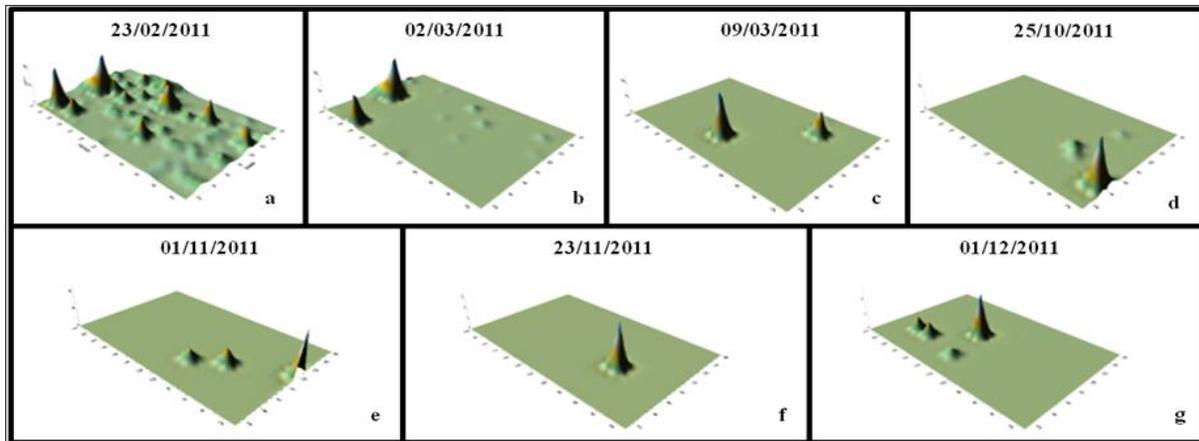


Figura 20. Distribución espacio temporal del total de áfidos en la huerta 27-yuc.

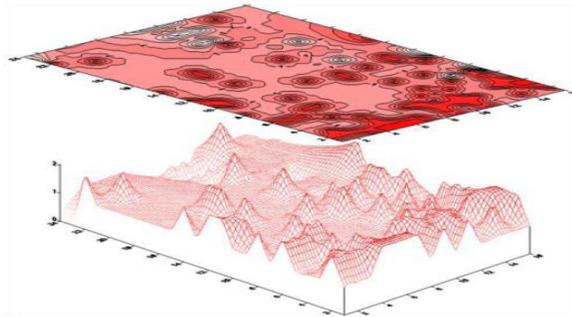


Figura 21. Distribución espacial del CTV en la huerta de 27-yuc, Yucatán, 2011 (Tomado con autorización de Domínguez-Monge, 2011) las elevaciones en el mapa indican los arboles positivos de la huerta así como las zonas más oscuras.

Esta información nos ayuda a comparar el patrón de distribución del CTV según la especie de áfido dominante, como en el estudio realizado por Gottwald *et al.* (1996). Los autores mencionan, que sí *A. gossypii* es el áfido dominante, el patrón de distribución de arboles infectados es en agregados, y las nuevas infecciones no se ve que estén relacionadas con los árboles previamente infectados, en cambio si la especie dominante es *T. citricida* los patrones de distribución son más agregados ya que este se va pasando a los arboles adyacentes.

Cuadro 5. Índices de dispersión Morisita y Lloyd, (agregado: valor del índice > 1, aleatorio: valor del índice =1, uniforme: calor del índice < 1) de los censos por entidad federativa y fecha de muestreo.

	Núm. muestreo	Índice	
		Morisita	Lloyd
Quintana Roo	1	9.66	10.57
	2	44.70	50.00
	3	ausencia de áfidos	
Yucatán	1	4.85	2.64
	2	23.70	9.56
	3	80.87	74.28
	4	51.99	45.48
	5	33.94	29.33
	6	77.50	39.80
	7	45.06	27.80
Campeche	1	17.41	3.34
	2	8.98	3.25
	3	5.87	6.33
	4	ausencia de áfidos	
	5	5.47	4.17
	6	3.58	3.96
	7	1.85	1.95
	8	5.70	4.02

En el presente trabajo es difícil determinar la evolución del patrón de distribución de la enfermedad con tan pocos muestreos, ya que en la parcela de Yucatán se ve un movimiento de los áfidos de adentro hacia afuera de la huerta (Figura 20), siempre agregados (Cuadro 5), pero sin llegar a tener grandes poblaciones en la parte de enfrente donde se concentra la mayor cantidad de árboles positivos (Figura 21), por lo que no ocurre en Yucatán ya que la huerta

presenta gran cantidad de arboles positivos en la parte de enfrente pegada a la carretera esto pudiera ser por áfidos que son movilizados por personas o medios de transporte como lo mencionó Sanchez-Rebolledo (2005) en Campeche.

CONCLUSIONES

Los áfidos presentes en la Península de Yucatán se encontraron fuertemente asociados a la época de brotación de las diferentes especies de cítricos establecidos en la región.

Los áfidos identificados como potenciales vectores del CTV que se recolectaron sobre cítricos fueron, de mayor a menor abundancia, *Toxoptera citricida*, *Aphis spiraecola*, *Toxoptera aurantii* y *Aphis gossypii*.

Los áfidos encontrados en trampas tipo Moericke ubicadas dentro de huertos de cítricos y que se identifican como potenciales vectores de CTV fueron, de mayor a menor abundancia, *Aphis spiraecola*, *Aphis gossypii*, *Toxoptera citricida* y *Toxoptera aurantii*.

En todos los estados de la Península de Yucatán la población de áfidos disminuyó drásticamente durante los meses de marzo a octubre, cuando las temperaturas se mantuvieron por arriba de los 30°C. Los meses de mayor abundancia en árboles fueron febrero y noviembre-diciembre y en trampas de octubre a diciembre.

El patrón de distribución de los áfidos en los huertos de cítricos de la Península de Yucatán fue en agregados.

El estado biológico de los áfidos predominante en los huertos de cítricos fue adultas ápteras y el de ninfas ápteras.

LITERATURA CITADA

- Addante, R. K. Djelouah., A. D'Onghia M. 2009. Citrus aphids in Italy : historical review. Options Méditerranéennes. Citrus Tristeza Virus and *Toxoptera citricidus*: a serious threat to the Mediterranean citrus industry. 65: 63-68.
- Agustí, M. 2003. Citricultura, 2ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 422 pp.
- Akey, D. H and G. Butler Jr. D. 1989. Developmental rates and fecundity of apterous *Aphis gossypii* on seedlings of *Gossypium hirsutum*. Southwestern entomologist. 14: 295-299.
- Amman, G. D. 1967. Effect of minus 29 °F on overwintering population of the balsam woolly aphid in North Carolina. J. econ. Ent. 60: 1765-1766.
- Banks, C. J. 1958. Effect of the ant, *Lasius niger* (L.), on the behavior and reproduction of the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. Bull ent. Res. 49: 701-714.
- Bar-Joseph, M., R. Marcus, and R. F. Lee. 1989. The continuous challenge of *Citrus Tristeza Virus* control. Annual Review of Physiology 27: 291-316.
- Blackman, E. L. and V. F. Eastop. 2006. Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. John Wiley & Sons, West Sussex, England. 2: 1460 pp.
- Cambra, M., P. Moreno. 2000. Enfermedades de los cítricos. Monografía de la sociedad fitopatológica española No. 2. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 77-81pp.
- Carver, M. 1978. The black citrus aphids, *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy) and *T. aurantii* (Boyer de Fonscolombe) (Homoptera: Aphididae). J. Aust. Ent. Soc. 17: 263-270.

- Carrera, A. y M. Cermeli. 2003. Inventario y fluctuación de áfidos alados en Caripe, Venezuela. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 63: 58-61.
- Cisneros-Hernández J. 2003. Diversidad y fluctuación de áfidos sobre brotes de cítricos en el municipio de Cuitláhuac, Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, 83-95 pp.
- Cooper, W. C., A. Peynado, J. R. Furr, R. H. Hilgeman, G. A. Cahoon, and B. S. Boswell. 1963. Tree growth and fruit quality of Valencia oranges in relation to climate. *American Society of Horticultural Science* 82: 180–192.
- Costa, A. S. and T. J. Grant. 1951. Studies on transmission of the tristeza virus by the vector, *Aphid citricidus*. *Phytopathology* 41: 105-113.
- Dicker, G. H. L. 1954. The apple pear and quince aphids. Rep. E. Malling Res. Stn. 213-217 pp.
- Dickson, R. C. M., M. M. Johnson, R. A. Flock, and E. F. Laird, Jr. 1956. Flying aphid populations in southern California citrus groves and their relation to the transmission of the tristeza virus. *Phytopathology* 46: 204-210.
- Doniseti, M. M., N. C. Rodrigues, S. R. Adaime, B. A. Carlos. 2004. Desenvolvimento e sobrevivência de *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae) em dois hospedeiros, *Revista Científica Eletrônica De Agronomia* 5: 1-5.
- Domínguez-Monge, S. 2011. Caracterización molecular y biológica y efecto epidemiológico de aislamientos de CTV en los estados de la Península de Yucatán. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. 60 pp.

- El-Ziady, S. and Kennedy, J. S. 1956. Beneficial effects of the common garden ant, *Lasius niger* L., on the black bean aphid, *Aphis fabae*. Scopoli. Proc. R. ent. Soc. Lond. 31: 61-64.
- EPPO. 2006. Distribution maps of quarantine pest of Europe. Citrus Tristeza closterovirus. Disponible en: http://www.eppo.org/quarantine/virus/citrus_tristeza/ctv000_map.htm (revisado el 20 de marzo de 2012).
- FAO STAT. 2010. FAO statistical database. (en línea). Disponible en <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (revisado el 3 de agosto del 2012).
- Franquinho, A. M. and I. F. Albano. 2001. Aphids (Homoptera: Aphidoidea) from Madeira Island Bol. San. Veg. Plagas 27: 323-336.
- Gaona, G. G., E. Ruiz C., R. Peña M. 2000. Los pulgones (Homoptera: Aphididae) y sus enemigos naturales en la naranja, *Citrus sinensis* (L.), en la zona centro de Tamaulipas. México. Acta Zoológica Mexicana 81: 1-12.
- Gottwald, T. R., S. M. Garnsey, M. Cambra, P. Moreno, M. Irej, J. Borbón. 1996. Differential effects of *Toxoptera citricida* vs. *Aphis gossypii* on temporal increase and spatial patterns of spread of citrus tristeza, Proceedings of the 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV). IOCV, University of California, Riverside, CA. 120-129 pp.
- Halbert, S. E., and L. G. Brown. 1996. *Toxoptera citricida* (Kirkaldy), brown citrus aphid identification, biology and management strategies. Fla. Dept. Agric. & Cons. Serv., Div. Plant Industry, Entomol. 6 pp.

- Halbert, S. E., H. Genc., B. Çevik, L. G. Brown, I. M. Rosales, K. L. Manjunath , M. Pomerinke, D. A. Davison, R. F. Lee, and C. L. Niblett. 2004. Distribution and characterization of *Citrus Tristeza Virus* in South Florida following establishment of *Toxoptera citricida*. *Plant Disease* 88: 935-941.
- Harrington, R., J. S. Bale, G. M. Tatchell. 1995. Aphids in a changing climate. *Insects in a Changing Environment*. eds Harrington R., Stork N.E., Academic Press, London. 125–155 pp.
- Heathcote, G. D. 1957. The optimum size of sticky aphid traps. *Pl. Path.* 6:104-107.
- Helmut, M. E., and R. Harrington. 2007. *Aphis* as crop Pest. CAB International 6-29 pp.
- Hermoso de Mendoza, A., E. Perez, V. Real. 1997. Composición y evolución de la fauna afídica (Homoptera: Aphidinea) de los cítricos valencianos. *Bol. San. Veg. Plagas*, 23: 263-375.
- Hermoso de Mendoza, A., E. Pérez, E. A. Carbonell, and V. Real. 1998. Sampling methods to establish percentages of species and population patterns in citrus aphids, *Aphids in natural and managed ecosystems*. 5th International Symposium on Aphids 561-568 pp.
- Irwin, M. E., G. E. Kampmeier, W. W. Weisser. 2007. Aphid movement: process and consequences, H. F. van Emden, R. Harrington. Eds., *Aphids as Crop Pests*, CABI, UK. 153–186 pp.
- Johnson, C. G. and Taylor, L.R. 1955. The development of large suction traps for airborne insect. *Ann. Appl. Biol.* 43: 51-61.
- Kennedy, J. S., M. F. Day, V. F. Eastop. 1962. A conspectus of aphids as vectors of plant viruses, *Commonwealth Inst. Entomol.*, London. 114 pp.

- Kavallieratos, N. G., G. J. Stathas., Z. Tomanovic. 2004. Seasonal abundance of parasitoids (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) and predators (Coleoptera: Coccinellidae) of aphids infesting citrus in Greece. *Biologia, Bratislava*. 59: 191-196.
- Komazaki, S., Y. Sakagami, and R. Korenaga. 1979. Overwintering of aphids on citrus trees. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 23: 246-250.
- Komazaki, S. 1981. Life cycles and population fluctuations of aphids on citrus. *Proceedings, International Society of Citriculture 1981, Vol. 2, Tokyo*, pp. 692-695.
- Komazaki, S. 1994. Ecology of citrus aphids and their importance to virus transmission. *Jarq.* 28: 117-184.
- Lapchin, L., H. Guyot H, and P. Brun. 1994. Spatial and temporal heterogeneity in population dynamics of citrus aphids at a regional scale. *Ecological Research* 9: 57-66.
- Manjunath, K.L. 1985. Studies on the distribution, transmission, strains and strain interaction of citrus tristeza virus. *Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 92: 502-508.
- Melia, A., Blasco, J., 1980: Los pulgones de los cítricos. Resultados de varios ensayos de productos para determinar la eficacia sobre las diferentes especies. *Bol. Ser. Plagas*, 6: 67-73.
- Menjívar R. A., Sermeño J. M., Rivas A. W. y Paniagua M. R. 2003. Áfidos asociados al cultivo de cítricos en el Salvador. Proyecto regional de fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional. El Salvador, C. A. 20-43 pp.
- Michaud, J. P. 1998. A review of the literature on *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera : Aphididae). *Florida Entomologist* 81: 37-61.

- Michaud, J. P. 1999. Sources of mortality in colonies of the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* Kirkaldy. *Biocontrol* 44: 347–367.
- Michaud, J. P. and Álvarez-Rámos. R 2000. First collection of brown citrus aphid, *Toxoptera citricida* (Homoptera Aphididae) in Quintana Roo, México, *Florida Entomologist* 83: 357-358.
- Michaud, J. P. 2004. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. *Biological Control* 29: 260-269.
- Mendoza, A., C. Salazar, O. Alvarado,, M. A. Cruz,, H. Barrera. 2003. Diferenciación molecular de razas severas y débiles de aislamientos del virus de la tristeza de los cítricos en Mexico. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 26: 223-230.
- Moreno, P., S. Ambros, M. R. Albiach-Martí, J. Guerri, L. Pena. 2008. *Citrus tristeza virus*: a pathogen that changed the course of the citrus industry. *Molecular Plant Pathology* 9: 251-268.
- Muir, R. C. 1967. A technique for extracting the damson-hup aphid, *Phorodon humili* (Schrank) from host samples and for estimating large numbers. *Rep. E. Malling Res. Stn*, 54:172-176.
- NOM-031-FITO-2000. Por la que establece la campaña contra el virus de la tristeza de los cítricos. *Diario Oficial de la Federación, México, D.F.* 26 agosto 2000.
- Norman, P. A. and T. J. Grant. 1956. Transmission of tristeza virus by aphids in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 69: 39-42.

- Norman, P. A. and R.A. Sutton. 1969. Efficiency of mature and immature melon aphids in transmitting tristeza virus. *Journal of Economic Entomology* 62: 1237- 1238.
- Orduz, J. 2007. Balance hídrico e influencia del estrés hídrico en la inducción y desarrollo floral de la mandarina “Arrayana” en el piedemonte llanero de Colombia. *Agron. Colomb.* 25: 255-263.
- Palacios, J. 1978. *Citricultura moderna. Ilus.* Buenos Aires: Hemisferio Sur. 409 pp.
- Peña-Martínez, R. 1992. Identificación de áfidos de importancia Agrícola. Urias-M. C., R. Rodríguez-M. y T. Alejandro A. (ed): *Áfidos como Vectores de Virus en México.* Centro de Fitopatología. Colegio de Posgraduados. Montecillo. México, Vol, II, 153 pp.
- Peña-Martínez, R. 1999. Homoptera: Aphidoidea. *Catalogo de plagas y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México.* Sociedad Mexicana de Entomología. Publicaciones especiales No.1. México. 7-26 pp.
- Qureshi, J. A. 2010. Implications of Climate Change for *Toxoptera citricida* (Kirkaldy), a Disease Vector of Citrus in Florida. Chapter 6. *Aphid Biodiversity under Environmental Change.* 91-106 pp.
- Raccah, B., G. Loebenstein, M. Bar-Joseph, and Y. Oren. 1977. Transmission of tristeza by aphids prevalent on citrus, and operation of the tristeza suppression program in Israel. *Proceeding of 7th Conference of the International Organization of Citrus Virologists,* Athens, 47-49 pp.
- Rahman, M. M., P. S. Kumar, D. B. Chandra D. B. 2009. Intrinsic Rate of Increase (Rm) of *Aphis gossypii* Glover Infesting Brinjal Plants. *J. bio-sci.* 17: 123-127.

- Retuerma, M. L., W. C. Price. 1972. Evidence that tristeza virus is stylet-borne. Food and Agriculture Organization Plant Protection Bulletin 20: 111-114.
- Reuther, W. 1973. Climate and citrus behavior. Citrus industry. Vol. 3. University of California, Div. Agr. Sci., California. 281-337 pp.
- Roistacher, C. N., M. Bar-Joseph and D. J. Gumpf. 1984. Transmission of tristeza and seedling yellows tristeza virus by small populations of *Aphis gossypii*. Plant Disease 68: 494-496.
- Roistacher, C. N. and M. Bar-Joseph. 1987. Aphid transmission of *Citrus Tristeza Virus*: a review. Phytophylactica 19: 163-167.
- Rivas-Valencia, P. 2008. Estructura poblacional de aislamientos del *Citrus tristeza Virus* (CTV) en México y Brasil. Tesis de Doctorado en Ciencias, Colegio de Postgraduados. 131 pp.
- Saugstand, E. S., Bram, R. A. and Myquis, W.E. Factors influencing sweep net sampling of alfalfa. J. econ. Ent. 60: 421:426.
- SAGARPA. 2010. Situación actual del virus de la tristeza de los cítricos en México. Disponible en:<http://www.concitver.com/4%C2%AA%20SIC2010/2%20JUEVES/4%20Dra%20Patricia%20Rivas%20Valencia.pdf> (revisado el 15 de diciembre del 2011).
- Sanchez-Rebolledo, F. A. 2005. Establecimiento y dispersion del pulgon café *Toxoptera citricida* (Kirkaldy)(Homoptera: Aphidiidae) y su relación con el virus tristeza de los cítricos en el estado de Campeche durante el periodo 1999-2003. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. 70 pp.
- Sasaki, A. 1974. Studies on Hassaku Dwarf. Special Bulletin of Fruit Tree Experimental Station of Hiroshima Prefecture, No. 2. 106 pp.

- Shands, W. A., and Simpson, G. W. 1955. Survey methods: populations of potato infesting aphids and aphids eggs on primary hosts in Maine. Tech. Bull. Meagric. Exp. Stn. 62:42.
- SIAP. 2010. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> (revisado el 15 de diciembre de 2011)
- Silva-Vara, S., M. A. Peña del Río, R. Peña-Martínez, N. Villegas-Jiménez, K. Byerly-Murphy, y M. Rocha-Peña. 2001. Distribución del virus de la tristeza en tres plantaciones comerciales de cítricos del estado de Nuevo León, México. *Agrociencia* 35: 441-450.
- Stoetzel, M. B. 1994. Aphids (Homoptera:Aphididae) of potential importance on *Citrus* in the United States with illustrated keys to species. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 96: 74-90.
- Swirski, E. 1954. The bionomics of the pear psylla *Psylla pyricola* Foerst. In Israel. *Ktavim*. 4: 61-68.
- Tang, Y. Q., S. L. Lapointe, L. G. Brown, W. B. Hunter. 1999. Effects of host plant and temperature on the biology of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae). *Environ. Entomol.* 28: 895-900
- Taylor, L. R., and J. M. P. Palmer. 1972. Aerial Sampling. *Aphid Technology*. H. F. van Emden ed.1. Academic Press, London & New York. pp. 189-234
- Villegas, J. N. 2003. Biología y morfometría de las principales especies de áfidos (Homoptera Aphididae) vectores de virus en México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. 203 pp.
- Yoldas Z., A. Güncan., T. Koclu. 2011. Seasonal occurrence of aphids and their natural enemies in Satsuma mandarin orchards in Izmir, Turkey. *Türk. Entomol. Derg.* 35: 59-74.

Yokomi, R. K., and Y. Q. Tang. 1996. A survey of parasitoids of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) in Puerto Rico. *Biol. Con.* 6: 222-225.