



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISPOSICIÓN ESPACIAL DE *Brevipalpus*
spp. EN HUERTAS DE CÍTRICOS EN CAMPECHE, YUCATÁN Y QUINTANA
ROO**

Delfina Salinas Vargas

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2012

La presente tesis titulada **“FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISPOSICIÓN ESPACIAL DE *Brevipalpus* spp. EN HUERTAS DE CÍTRICOS EN CAMPECHE, YUCATÁN Y QUINTANA ROO”** realizada por la alumna: Delfina Salinas Vargas, 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

ESPECIALISTA EN ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

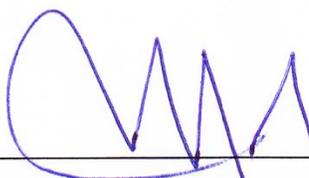
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dra. Ma. Teresa Santillán Galicia

ASESOR



Dr. Gustavo Mora Aguilera

ASESOR



Dr. Jorge Manuel Valdez Carrasco

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre, 2012.

AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados (COLPOS) por abrirme sus puertas, acogerme en sus instalaciones durante los dos años de mi formación académica y por los conocimientos adquiridos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por proporcionarme los medios económicos para realizar los estudios de maestría.

A la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) y Comités Estatales de Yucatán, Campeche y Quintana Roo por apoyo logístico y financiero con el proyecto: "Implicaciones Epidemiológicas del CTV en el Sistema Vector-Planta: Bases Biológicas y Cuantitativas para la aplicación del Principio Erradicativo en México. Clave: PM09-4002.

A los dueños de las huertas por la facilidad de trabajar en ellas.

A mi consejera Dra. Ma. Teresa Santillán Galicia por sus valiosas sugerencias durante mi formación académica en la maestría, por sus buenos consejos y su apoyo en la realización del trabajo en campo y sobre todo por su amistad y apoyo incondicional.

A mi asesor Dr. Gustavo Mora Aguilera, por sus observaciones y aportaciones al trabajo de la tesis, sobre todo su apoyo logístico, consejo y amistad que me brindó durante mi estancia en esta institución.

A mi asesor M. C. Jorge Manuel Valdez Carrasco, por su amistad y apoyo incondicional y su valiosa sugerencia para realizar trabajos de microscopía electrónica, además por su aportación y corrección de este documento.

A Greta por las facilidades que me brindó para tomar las fotografías de microscopía electrónica.

A la señora Lourdes Huerta por su apoyo incondicional en los momentos difíciles de mi vida y también por ser una gran persona.

A mis amigos y compañeros: Stephanie Guzman Valencia, Nubia Ordoñez, Claudia Cerón Glez, Haidel Vargas, Iliana Pacheco, José Ramirez por la amistad que me brindaron, durante mi estancia en el colegio.

A todas las personas que me faltaron y que de alguna forma colaboraron directa e indirectamente conmigo en esta etapa de mi vida. GRACIAS

DEDICATORIA

*A mis padres por ser los pilares de mi vida **Andrés Salinas Ramírez** y **Floriana Rodolfa Vargas López**, ya que han sido y seguirán siendo los principales maestros por la educación que me brindaron desde el primer día de mi vida.*

Gracias por darme lo más valioso que tengo que es la vida, por permitirme iniciar esta etapa y más aún creer en mí y alentarme a concluirla y por ayudarme a superar obstáculos y alcanzar las metas que me he propuesto en esta vida. Con cariño para ustedes.

A mis hermanos Antonino y Marcelino por ser mis mas grandes ejemplos en la vida, también por brindarme su apoyo cuando más lo he necesitado y que siempre han estado ahí en las buenas y en las malas. Por ellos, muchas gracias.

*Este gran logro se lo dedico a mi esposo **Ramiro Maldonado Peralta** y a mi hijo **Jesús Maldonado Salinas** porque ellos son mi razón para seguir adelante para vencer todos los obstáculos que encuentre en el camino, porque cada día ellos son la luz que ilumina mi camino. Gracias.*

Delfina Salinas Vargas

CONTENIDO

	Páginas
CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
TACHE'NACCOGOLOO MTACH CUENO	vii
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
2.3 Hipótesis.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Biología del género <i>Brevipalpus</i>	4
3.2 Características taxonómicas	6
3.3 Importancia de los ácaros de la familia Tenuipalpidae	8
3.4 Distribución espacial.....	9
3.5 Dinámica de poblaciones	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	12
4.1 Zonas de muestreo.....	12
4.2 Procedimiento del muestreo	13
4.2.1 Censo de plantas	13
4.2.2 Muestreo por estratos	13
4.2.3 Procesamiento de las muestras	14
4.3 Identificación taxonómica.....	15
4.3.1 Microscopía de luz (contraste de fases).....	15
4.3.2 Microscopía electrónica	16
4.4 Fluctuación poblacional.....	16
4.5 Distribución espacial.....	17
4.5.1 Distribución horizontal.....	17

4.5.2 Distribución vertical	17
V. RESULTADOS	18
5.1 Identificación taxonómica.....	19
5.2 Fluctuación poblacional.....	24
5.3 Distribución espacial.....	28
5.3.1 Distribución horizontal.....	28
5.3.2 Distribución vertical	34
VI. DISCUSIÓN	36
VII. CONCLUSIÓN.....	41
VIII. LITERATURA CITADA.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Localización y tipo de clima de las diferentes zonas de muestreo	12
Cuadro 2. Número de ácaros recolectados por fecha de muestreo durante un año en tres huertas de la península de Yucatán.	18
Cuadro 3. Índices de distribución espacial en Yucatán	28
Cuadro 4. Índices de distribución espacial en Quintana Roo.....	28
Cuadro 5. Índices de distribución espacial en Campeche	29

ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
Figura 1.	Ciclo de vida <i>Brevipalpus</i> spp.	6
Figura 2.	Esquema de un árbol de cítrico en la que se representa la altura a las cuales se tomaron las muestras de hojas.....	14
Figura 3.	Fotografía de microscopia electrónica de <i>B. phoenicis</i>	20
Figura 4.	Fotografía de microscopia electrónica de <i>B. californicus</i>	21
Figura 5.	Promedio de ácaros recolectados de febrero 2010 a febrero 2011 en las diferentes especies de cítricos de la península de Yucatán.....	23
Figura 6.	Fluctuación poblacional de <i>Brevipalpus</i> spp. durante un año de muestreo en tres huertas de cítricos en la Península de Yucatán.....	24
Figura 7.	Fluctuación poblacional de <i>Brevipalpus</i> spp. en los ocho muestreos realizados de febrero de 2010 a febrero de 2011 en Yucatán.....	25
Figura 8.	Fluctuación poblacional de <i>Brevipalpus</i> spp. en los ocho muestreos realizados de febrero de 2010 a febrero de 2011 en Quintana Roo.....	26
Figura 9.	Fluctuación poblacional de <i>Brevipalpus</i> spp. en los ocho muestreos realizados de febrero de 2010 a febrero de 2011 en Campeche.....	27
Figura 10.	Mapas de distribución espacial de las poblaciones de <i>Brevipalpus</i> spp. observados durante ocho muestreos realizados de febrero 2010 a febrero 2011 en Yucatán	31
Figura 11.	Mapas de distribución espacial de las poblaciones de <i>Brevipalpus</i> spp. observados durante ocho muestreos realizados de febrero 2010 a febrero 2011 en Quintana Roo	32
Figura 12.	Mapas de distribución espacial de las poblaciones de <i>Brevipalpus</i> spp. observados durante ocho muestreos realizados de febrero 2010 a febrero 2011 en Campeche	33

Figura 13.	Número de ácaros recolectados en cada estrato y punto cardinal muestreado del dosel del árbol en la huerta de Yucatán.....	34
Figura 14.	Número de ácaros recolectados en cada estrato y punto cardinal muestreado del dosel del árbol en la huerta de Quintana Roo.....	35

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL Y DISPOSICIÓN ESPACIAL DE *Brevipalpus* spp. EN HUERTAS DE CÍTRICOS EN CAMPECHE, YUCATÁN Y QUINTANA ROO

Delfina Salinas Vargas

RESUMEN

Colegio de Postgraduados 2012

El objetivo del presente trabajo fue identificar y caracterizar la fluctuación y densidad poblacional de tres especies vectoras del virus *Citrus leprosis virus-C* (CiLV-C) en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, para su eventual aplicación en el desarrollo de sistemas de muestreo en programas oficiales de detección en México. Durante el período de febrero 2010 a febrero 2011, se realizaron ocho muestreos en 100 árboles/parcela. Se obtuvieron muestras de *Citrus sinensis*, *C. aurantium*, *C. reticulata*, *C. latifolia*, *C. paradisi* y *C. reticulata* x *C. sinensis*. La identificación de las especies de *Brevipalpus* spp. se realizó con preparaciones de ácaros montados en líquido de Hoyer y observaciones con microscopio electrónico de barrido. La determinación se hizo con claves dicotómicas para identificar a las especies. El índice de agregación se calculó con el programa MorLloyd ver 1.0. En total, en los tres estados se recolectaron 2138 adultos del género *Brevipalpus*. 1120 en Campeche, 575 en Yucatán y 443 en Quintana Roo con la distribución siguiente: Campeche con 1120 individuos, Yucatán 575 y Quintana Roo 443. En Yucatán y Quintana Roo se encontraron *B. phoenicis* y *B. californicus*. En Campeche únicamente se detectó a *B. phoenicis*. En Quintana Roo, el mayor número de *Brevipalpus* spp. se observó en *C. reticulata* (6.5 ± 0.8); en Campeche en *C. aurantium* y *C. sinensis* (13.2 ± 3.0 y 12.8 ± 1.6), respectivamente; y en Yucatán en *C. latifolia* (7.2 ± 0.8) seguido de *C. sinensis* (6.3 ± 0.4). La fluctuación poblacional del género *Brevipalpus* spp. fue diferente en los tres estados. En Campeche se presentaron tres picos poblacionales: en febrero 2010 con 487 ácaros, en mayo con 141 y agosto con 144 ejemplares. En Quintana Roo se presentó el mayor pico en abril con 211 individuos. En Yucatán el pico fue de 179 ácaros en mayo. La distribución espacial, con base en los índices de agregación de Morisita y Lloyd, fue predominantemente baja a moderadamente agregada (1.005-2.75) en las tres huertas de estudio. Los resultados indican que hay dos especies de *Brevipalpus* en la península de Yucatán con potencial para la transmisión del virus *Citrus leprosis virus-C*.

Palabras clave: *Brevipalpus*, Fluctuación poblacional, Cítricos, CiLV-C.

POPULATION FLUCTUATION AND SPATIAL DISTRIBUTION OF *Brevipalpus* spp. IN CITRUS ORCHARDS FROM CAMPECHE, YUCATAN AND QUINTANA ROO

Delfina Salinas Vargas

ABSTRACT

Colegio de Postgraduados 2012

The objectives of this research were to identify and study the fluctuation and seasonal density of three species vectors of *Citrus leprosis virus-C* (CiLV-C) in the Mexican states of Yucatán, Campeche and Quintana Roo. This investigation was carried out in three commercial citrus orchards from Yucatán, Quintana Roo and Campeche from February 2010 to February 2011. Eight samplings were carried out in 100 trees in each location. Samples were collected from *Citrus sinensis*, *C. aurantium*, *C. reticulata*, *C. latifolia*, *C. paradisi* y *C. reticulata* x *C. sinensis*. *Brevipalpus* species identification was carried out mounting individuals in Hoyer liquid for light microscopy and Scanning Electron Microscopy. Morphological identification was carried using dichotomical taxonomic keys. Aggregation index were also estimated using the software MorLloyd ver 1.0. Overall, combining samplings of the three Mexican states, 2138 adult mites of the genus *Brevipalpus* were collected, with 1120, 575 and 443 individuals for Campeche, Yucatán and Quintana Roo, respectively. In Yucatan and Quintana Roo, *B. phoenicis* and *B. californicus* were found. In Campeche only *B. phoenicis* was found. In Quintana Roo, the greatest number of mites was found in *C. reticulata* (6.5 ± 0.8). In Campeche the majority of the mites collected were found in *C. aurantium* and *C. sinensis* with an average of 13.2 ± 3.0 and 12.8 ± 1.6 respectively. In Yucatan, the greatest mite's population was found in *C. latifolia* with an average of 7.2 ± 0.8 mites, followed by *C. sinensis* (6.3 ± 0.4). Population fluctuation of *Brevipalpus* was different in all three Mexican estates sampled. In Campeche, three maximum population levels were found in February 2010 with 487 mites collected, then in May with 141 mites and finally in August with 144 mites. In Quintana Roo the greatest mite's population was found in April with 211 mites. In Yucatan, the greatest number of mites collected was in May with 179 individuals. In all three sampling sites, the aggregation index was moderately aggregated (1.005-2.75). Our results showed that at least two out of the three *Brevipalpus* species associated with the CiLV-C transmission were found in Peninsula of Yucatan. It is important to develop specific monitoring programs for each Mexican state with citrus production.

Key words: *Brevipalpus*, population fluctuation, *Citrus*, CiLV-C.

**NGUINO NIENT CHOÓNAAROB MAANSII LENT GALOO TIED ÑIENT
XHAMODNSII *Brevipalpus* spp LETN TETABB GAA NARANJ, TENAAC
CAMPECH, YUCATAN TIED QUINTANAROO.**

Delfina Salinas Vargas

TACHE'NACCOGOLOO MTACH CUENO

Colegio de Postgraduados 2012

Ta che nac comblinok, neer mbuinok nient choó maaí le saraá mblaabnok yach nient choónaarob yach, tecc sonyach ntarint yiiss lee *Citrus leprosis virus-C* (CiLV-C) loo gaa naranjen tenacc Yucatán, Campech tied Quintanaroo, cuee mtaxhcuee parkeguiemenntd nient xhomondn liii mentd sá natatitamaá gaa nomentd tied gaanorexhacoó nxhent riecuae teenacc mexico. Cuanoo cuaxhino xhonn vess laá no naranj dee febrer 2010 a febrer 2011, lenttetabb diifgayuu gaá. Coóguu laá noó naranj nassi, limunn, naranj nii, toronj, mandarind tied naá tangerin. Parkke ncuinoó nient choó maaí *Brevipalpus* spp. saa mtaxhcuee noó maaí cuan alcool tiend nit Hoyer, coloocuaanaá saá ncuinoó luú microscopio nient xhomond naac maa cuan diff clave coó mtaá maestr r sáa nient choó xhanacma ntied tec sonnmaa sialna cuentn pernamasta mbisial chop maa. Loó rietamaa, lent reyyoonn yess mbisial chopmil maa cuan diffgayuu tied diffgala cuan sixhonn chentamaa goch *Brevipalpus*. Diffmil cuan diffgayu tied diffgal maa tenaac Campech, gaygayuu cuan setentaycinc maa Yucatán, leé tenaac Quintanaroo mbisial dapgayuu cuan chopgal sonn maa. Tenaac Yucatán tied Quintanaroo mbisial chopnetmaa coleé *B. phoenicis* tied *B. californicus*. Leé tenaac Campech namastaá goosaal *B. phoenicis*. Tenaac Quintanaroo, goosaal naarob *Brevipalpus* spp. luú gaa noó mandarind (6.5 ± 0.8); tenaac Campech luú gaa naranj nii tied naranj naasii (13.2 ± 3.0 cuan 12.8 ± 1.6), leé Yucatán luú gaa limunn (7.2 ± 0.8) tied tissaá daakee naranj nassii (6.3 ± 0.4). Leé reyyoonn yess xhatanac teec teguasal naarob maa. Lennt Campech mbisial sonn tee narob maa: diffbaa febrer 2010 cuan dapgayuu cuan dapgala gazza, tadiffba may cuan diffgayuu tied chopgala cuan diffba tiedna agost cuan diffgayuu chopgala dapa. Leé Quintanaroo mbisial penta chopgayuu cuan sidiff xhaá lent abril. Tied Yucatán cuan diffgayuu songala cuan siiyich lent may. Cuan program noc Morisita tied Lloyd, siirasc maa lent galoó (1.005-2.75) lent reyyoonn yes. Chop ta maa mbisial cont ntarint yiiss.

Palabrab clave: *Brevipalpus*, Ta che nac comblinok, gaa naranj, yiis (CiLV-C).

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los ácaros del género *Brevipalpus* spp. son consideradas como las especies de mayor importancia económica de la familia Tenuipalpidae. Estos ácaros se alimentan de la savia de las hojas y ramas, aunque también se alimentan de los frutos de sus plantas hospedantes (Camacho *et al.*, 2002). Su importancia radica en ser vectores de enfermedades virales en cultivos como cítricos (*Citrus* spp.), café (*Coffea arabica*), pistacho (*Pistacia vera* L.), maracuyá (*Passiflora edulis*) y numerosas plantas ornamentales (Kitajima *et al.*, 1972). Estos ácaros pueden ser encontrados durante todo el año en climas tropicales y subtropicales (Childers *et al.*, 2001; Childers *et al.*, 2003a). Tres especies de *Brevipalpus*: *B. phoenicis*, *B. californicus* y *B. obovatus* han sido asociados con la transmisión del virus de la leprosis de los cítricos tipo citoplásmica (CiLV-C), aunque experimentalmente la transmisión de CiLV-C solo ha sido comprobada para *B. phoenicis* (Rodrigues *et al.*, 2000).

La leprosis de los cítricos es una de las enfermedades más importantes para los cítricos, por el deterioro productivo y muerte de ramas productivas (Rodrigues *et al.*, 2003). Esta enfermedad había estado restringida a América del Sur (Knorr *et al.*, 1968; Childers *et al.*, 2001). Sin embargo, en 2004 se detectó por primera vez en el estado de Chiapas, posteriormente en 2007 fue reportada en Tabasco y finalmente en el 2010 se dio a conocer de forma oficial en el municipio de las Choapas, Veracruz (SIAP, 2011).

La presencia de CiLV-C en estos estados alerta a proteger las 334 042 ha de naranja, equivalentes al 63.5% del total de este cultivo sembrado a nivel nacional, la cual produce 4 156 907.27 toneladas de esta fruta (SIAP, 2006).

Una de las principales estrategias del manejo de la leprosis en países fuertemente afectados como Brasil, es precisamente mediante el control de las poblaciones de los ácaros vectores. Por tal motivo, es imprescindible estudiar cómo y dónde se encuentran distribuidas las poblaciones de las especies del género *Brevipalpus* porque solo se ha reportado la presencia de *B. phoenicis*, *B. californicus* y *B. obovatus* en los estados de Chiapas, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Guerrero, Tamaulipas y Veracruz (De León, 1961; Baker y Tuttle, 1987; Badii *et al.*, 1993; Rosas y Sampedro, 2000; Rosas-Acevedo y Sampedro-Rosas, 2006; Mesa *et al.*, 2009).

Este tipo de estudios ayudará a generar estrategias de control más eficaces para controlar el vector y evitar el efecto negativo que puede tener la enfermedad de la leprosis de los cítricos, así como generar métodos de diagnóstico y muestreo en un programa de vigilancia federal.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general:

Identificar y estudiar la fluctuación poblacional de las diferentes especies de ácaros del género *Brevipalpus* spp. considerados como vectores del virus causante de la enfermedad conocida como leprosis de los cítricos, en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, México.

2.2 Objetivos específicos:

Identificar taxonómicamente las diferentes especies del género *Brevipalpus* spp.

Determinar la fluctuación poblacional de los ácaros del género *Brevipalpus* spp. implicados en la transmisión de CiLV-C.

Determinar la distribución espacial de las diferentes especies del género *Brevipalpus* en huertos de cítricos en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.

2.3 Hipótesis

Las tres especies de ácaros del género *Brevipalpus* spp. se encuentran en todas las zonas productoras de cítricos de los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche. Su distribución espacio-temporal es variable en el dosel del árbol y entre árboles lo cual les permite coexistir en el mismo hábitat.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Biología del género *Brevipalpus*

Los ácaros del género *Brevipalpus* son ácaros alargados que miden de 100 a 400 μm de longitud, con el cuerpo dorsoventralmente aplanado. Son mejor conocidos como falsas arañas o ácaros planos (Childers *et al.*, 2001). Su reproducción es partenogenética (telitóquia), es decir, las hembras reproducen hembras y raramente se encuentran machos. Ambos son haploides, con dos cromosomas (Pijnacker *et al.*, 1980). El ciclo de vida consta de cuatro estadios activos: larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (Figura 1). Entre cada estadio activo hay una fase de desarrollo inmóvil, fisiológicamente activo.

La forma de los huevos es elíptica y de color rojo anaranjado, miden de 0.1 a 0.160 mm. Son depositados inicialmente entre las escamas de las yemas y próximas a ella; más adelante aparecen junto a los nervios de la hoja por el haz y el envés, aunque posteriormente se observan exclusivamente en el envés (Rodrigues y Machado, 1999).

Las larvas de los ácaros poseen tres pares de patas, son de color anaranjado y de movimientos lentos, posteriormente cambian a un color más transparente y se vuelven más ágiles, su longitud oscila entre 0.120 a 0.140 mm. Suelen distinguirse un par de ocelos rojos en los márgenes anteriores del idiosoma (Haramoto, 1966).

Se distinguen dos estados ninfales: protoninfas y deutoninfas. Las protoninfas tienen menor tamaño, pero varía entre 0.170 a 0.249 mm de largo, y posee forma característica de pera, con estrechamiento brusco en la zona de separación entre el propodosoma y el histerosoma (Haramoto, 1966). Las deutoninfas tienen forma ovalada, son traslúcidas con puntos oscuros, destacan los ocelos de color rojizo y una gran mancha interna de color anaranjado centrada en el propodosoma, que corresponde a una cavidad situada en la terminación del peritrema. Al final del opistosoma sobresalen los cuatro pares de sedas plumosas que las distinguen fácilmente de los adultos. Además, son más grandes que las protoninfas (Haramoto, 1966).

Los ácaros adultos tienen forma ovalada, alargados y aplanados dorsoventralmente, el propodosoma es más ancho que en el histerosoma. Son de color variable; pueden ser rojas, amarillas o verdes, ya que depende de la edad de las hembras, el alimento y la temperatura ambiental ya que tienen influencia en la coloración de las hembras (Haramoto, 1966).

La tasa de desarrollo depende de la temperatura, la humedad relativa y las plantas hospedantes (Haramoto, 1966; Chandra y Channabasavanna, 1974; Lal, 1978; Goyal *et al.*, 1985). La duración de las etapas de desarrollo de *B. californicus* (Banks) entre 21 y 30°C es de 8.6 días para la larva, 6.2 días para el protoninfa, 7.0 días para la deutoninfa y 3.6 días para las fases de reposo (Manglitz y Cory, 1953). En contraste, la duración de las etapas de desarrollo de *B. obovatus* entre 27 y 30°C es de 5.3 días para la larva, 4.1 días para el protoninfa y 4,0 días para

la deutoninfa (Jeppson *et al.*, 1975). Los tiempos de desarrollo de *B. phoenicis* a 26°C son 9.53 ± 1.71 días para los huevos, 19.13 ± 1.73 días para la finalización de los estadios y 41.68 ± 5.92 días para el ciclo de vida total (Kennedy *et al.*, 1996).

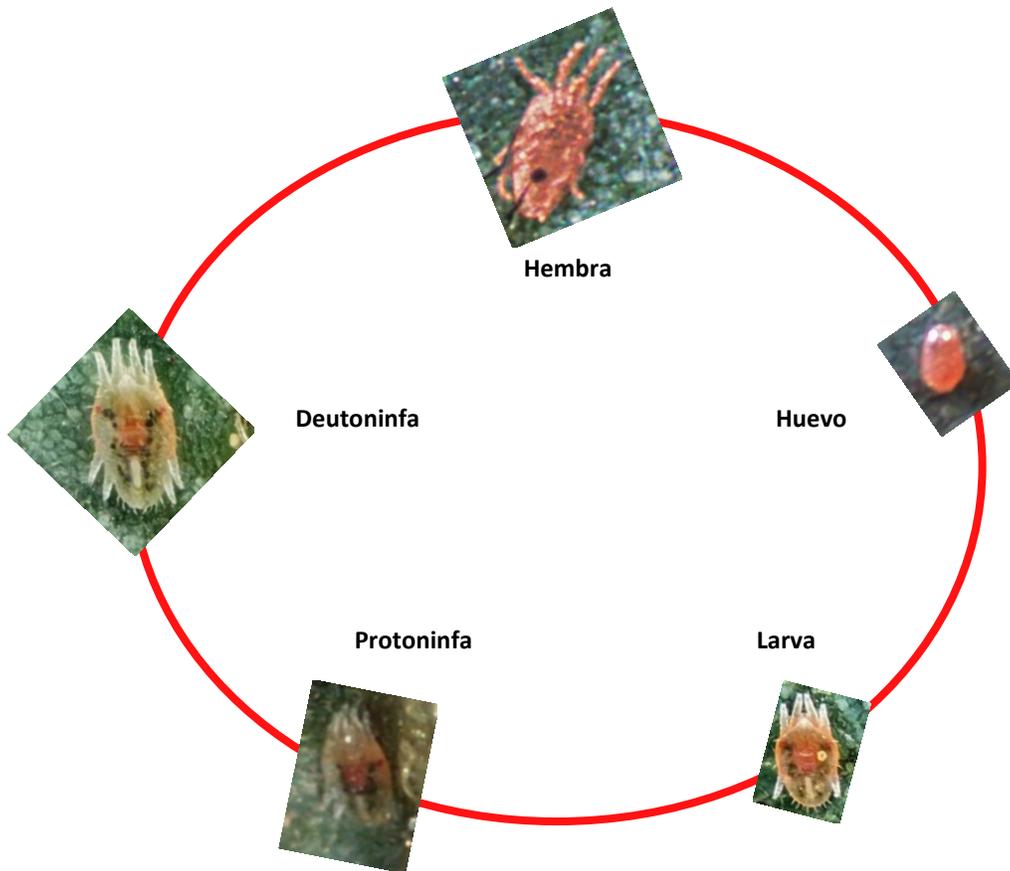


Figura 1. Ciclo de vida *Brevipalpus* spp. (Fotos: J. Valdez)

3.2 Características taxonómicas

Los ácaros del género *Brevipalpus* pertenecen a la familia Tenuipalpidae, que es parte de la superfamilia Tetranychoidae, en el Suborden Trombidiformes y Superorden Acariformes, Subclase Acari.

Entre sus caracteres sistemáticos distintivos se encuentra el patrón reticulado, en el idiosoma el tipo de sedas y su disposición en el cuerpo. La tibia del palpo carece de una seda semejante a una espina alargada (uña tibio-palpal), por lo que el tarso es el segmento terminal. Las patas son cortas y ornamentadas, las patas I y II presentan solenidios en el segmento distal. Todas las patas presentan onicotriquiias y el empodio tiene empodiotriquiias. Carecen de sedas dobles unidas con el solenidio en los tarsos de las patas I y II (Welbourn *et al.*, 2003).

El género *Brevipalpus* cuenta con más de 300 especies en todo el mundo. Las tres especies de plagas agrícolas más importantes de este género son *B. californicus*, *B. obovatus*, y *B. phoenicis* (Welbourn *et al.*, 2003). En México se han identificado 117 especies en el género *Brevipalpus* (Baker y Tuttle, 1987). Las tres especies *B. phoenicis*, *B. californicus* y *B. obovatus* se han reportado en los estados de Chiapas, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz (López-Arroyo *et al.*, 2008).

A nivel mundial, solo se han identificado en cítricos las siguientes especies de *Brevipalpus*: *B. amicus* Chaudhri, *B. californicus* (Banks), *B. chilensis* Baker, *B. karachiensis* Chaudhri, Akbar y Rasool, *B. lewisi* (McGregor), *B. mcgregori* Baker, *B. obovatus* Donnadieu, *B. phoenicis* (Geijskes), *B. rugulosus* Chaudhri, Akbar y Rasool y *B. tinsukiaensis* Sadena y Gupta. *B. deleoni* (Baker y Suigong, 1988). Otras especies de Tenuipalpidae reportados en cítricos son: *Tenuipalpus caudatus* (Duges), *T. citri* Meyer (Meyer, 1979), *Tenuipalpus* sp.; *T. mustus* Chaudhri, *T. orilloi*, *Pentamerismus tauricus* Livshitz y Mitrofanov (Ghai y Shenhmar, 1984) y

Ultratenuipalpus gonianensis Sadana y Sidhu (Sadana, 1997).

3.3 Importancia de los ácaros de la familia Tenuipalpidae

La importancia que revisten los ácaros del género *Brevipalpus*, como son *B. phoenicis*, *B. obovatus* y *B. californicus*, es que infestan una gran variedad de plantas de importancia económica. Se les puede encontrar de manera independiente o asociadas. Se tienen registros que *B. phoenicis* infesta 486 especies de plantas, seguido por *B. obovatus* con 451, y *B. californicus* con 316 especies (Childers *et al.*, 2003b). A pesar de la gran variedad de hospedantes en los que se alimentan las tres especies de *Brevipalpus*, su mayor importancia radica en que los ácaros son transmisores de virus; tal es el caso de los cítricos, el café, el maracuyá y algunas plantas ornamentales como las orquídeas (Chagas *et al.*, 2003; Childers *et al.*, 2003a; Kitajima *et al.*, 2003; Kondo *et al.*, 2003; Rodrigues *et al.*, 2003).

Debido a la reciente aparición del *Virus de la leprosis de los cítricos* tipo citoplasmático (CiLV-C) en México, las especies de *Brevipalpus* (*californicus*, *obovatus* y *phoenicis*) son importantes porque son transmisores de este virus (Childers y Derrick, 2003). CiLV-C se caracteriza por causar lesiones muy localizadas en ramas, hojas y frutos. Es no sistémico, es decir, solo aparece en las zonas en donde los ácaros vectores perforan con sus estiletes para alimentarse; por lo tanto, necesita de los ácaros para dispersarse en una misma planta, dentro de la huerta y entre huertas.

Los daños que el CiLV-C ocasiona a las variedades dulces de *Citrus*, especialmente a naranja (*Citrus sinensis*) (Bastianel *et al.*, 2008), son severos debido a que causa lesiones en hojas, ramas y frutos; el daño en ramas provoca debilitamiento de éstas, lo que gradualmente causa la muerte de los árboles. Los frutos sufren caída y pierden valor estético para venta y su consumo en fresco (Haramoto, 1966; Knorr y Denmark, 1970; Jeppson *et al.*, 1975; Childers, 1994; Childers *et al.*, 2003a). Esta enfermedad ha provocado pérdidas considerables en varios países, principalmente Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay, Venezuela y Panamá (Kitajima *et al.*, 2003).

3.4 Distribución espacial

En la ecología descriptiva, la distribución espacial de una población en el espacio que ocupan, es uno de los aspectos de mayor relevancia (Greig-Smith, 1964) debido a que esta propiedad incide en la eficiencia de los programas de muestreo y describe el comportamiento ecológico de una población (Rojas, 1964). Existen tres tipos de distribución espacial: uniforme, al azar y agregada. En la distribución uniforme los individuos se disponen a una cierta distancia unos de otros; se produce cuando el ambiente no es idóneo por lo que aparecen fuertes relaciones intra-específicas (Vargas y Rodríguez, 2008). En la distribución uniforme los individuos se disponen a una cierta distancia unos de otros; se produce cuando el micro ambiente es homogéneo (Vargas y Rodríguez, 2008). En la distribución al azar los individuos no tienden a reunirse en grupos porque las especies presentan amplios límites de tolerancia o limitada dispersión espacial. Finalmente, en la

distribución agregada los individuos se disponen en grupos que se separan de otros grupos por razones microclimáticas o competencia. Esta distribución es la más común en plagas de plantas cultivadas porque les permite una mayor protección, reproducción y dispersión de la especie (Vargas y Rodríguez, 2008).

El conocimiento de la disposición espacial de las plagas es importante, porque ayuda a predecir los procedimientos de muestreo que se van a utilizar en estudios posteriores. De igual manera, ayuda en la elección del tamaño de muestra óptimo, permite plantear y ejecutar correctamente un muestreo secuencial para el control de plagas y enfermedades (Blom y Fleisher, 2001). Es importante para un control integrado de precisión.

3.5 Dinámica de poblaciones

En cítricos, la relación de fenología y manejo influye en la dinámica de poblaciones de insectos (Domínguez *et al.*, 2011; Flores *et al.*, 2011). En estudios de muestreo la consideración del cultivo es fundamental para generar resultados precisos y que puedan predecir los parámetros de la población.

Los factores bióticos y abióticos son los que influyen en la dinámica de poblaciones, ya que los artrópodos poseen una estrecha relación en función del tamaño del hábitat para subsistir y adaptarse (Dent, 1997). La temperatura y la humedad relativa influye en el tiempo que los individuos de una población se

desarrollan desde huevo a adulto, así como en la longevidad de los adultos y la tasa de ovoposición de las hembras (Vargas y Rodríguez, 2008).

Los estudios de dinámica poblacional suelen ser complicados porque en campo la población de individuos va cambiando de manera constante ya que estos tienen ciclos de vida cortos (Allen, 1992).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Zonas de muestreo

El trabajo se realizó en tres huertas comerciales de cítricos de los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, México. Se seleccionaron estas huertas porque no se hace ningún tipo de erradicación de plagas. Cada huerta se caracterizó por presentar diferentes variedades de cítricos, en Yucatán había árboles de naranja dulce (*C. sinensis* (L.) Osbeck), mandarina (*C. reticulata*), limón (*C. latifolia* Tanaka) y toronja (*C. paradisi* Macfad). La huerta de Quintana Roo se caracterizó por presentar, además de naranja dulce y mandarina, tangerina (*C. reticulata* x *C. sinensis*) y naranja agria (*C. aurantium* var. amara L). En Campeche estaban todas las variedades mencionadas anteriormente, excepto toronja. La localización de éstas y el clima se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Localización y tipo de clima de las diferentes zonas de muestreo.

Estado	Localidad	Geografía	Tipo de clima
Yucatán	Samahil	20° 45' y 20° 58' norte 89° 49' y 90° 11' oeste	Cálido subhúmedo con lluvias en verano A (w2)
Quintana Roo	Othon P. Blanco	19° 19' y 17° 50' norte 87° 15' y 89° 25' oeste	Cálido subhúmedo con lluvias en verano A (w2)
Campeche	Tikinmul	90° 13' 23" norte 19° 45' 55" oeste	Cálido subhúmedo con lluvias en verano A (w2)

4.2 Procedimiento del muestreo

4.2.1 Censo de plantas

En las huertas elegidas se seleccionó un cuadrante de 10 x 10 árboles, del cual se tomaron las muestras. La unidad de muestreo fueron las hojas de los cítricos. Dos hojas fueron tomadas de cada punto cardinal del dosel del árbol, a una altura de 150 cm del nivel del suelo y a una profundidad hacia dentro del dosel de 30 cm (Figura 2). Los muestreos se realizaron durante un año a intervalos de seis semanas. Las hojas de cada árbol se colocaron en bolsas de polietileno y se transportaron al laboratorio dentro de hieleras.

4.2.2 Muestreo por estratos

Las muestras de hojas fueron recolectadas del dosel arbóreo a tres alturas diferentes: 150, 200 y 250 cm, y a una profundidad hacia dentro del dosel de 30 cm (Figura 2). Para el acceso de las muestras en la altura más alta se empleó una escalera. Cuatro hojas de cada punto cardinal del dosel fueron recolectadas de siete árboles seleccionados al azar dentro del cuadrante de 100 árboles. Las hojas recolectadas de cada punto cardinal y de cada altura fueron colocadas individualmente en bolsas de polietileno y transportadas al laboratorio dentro de hieleras.

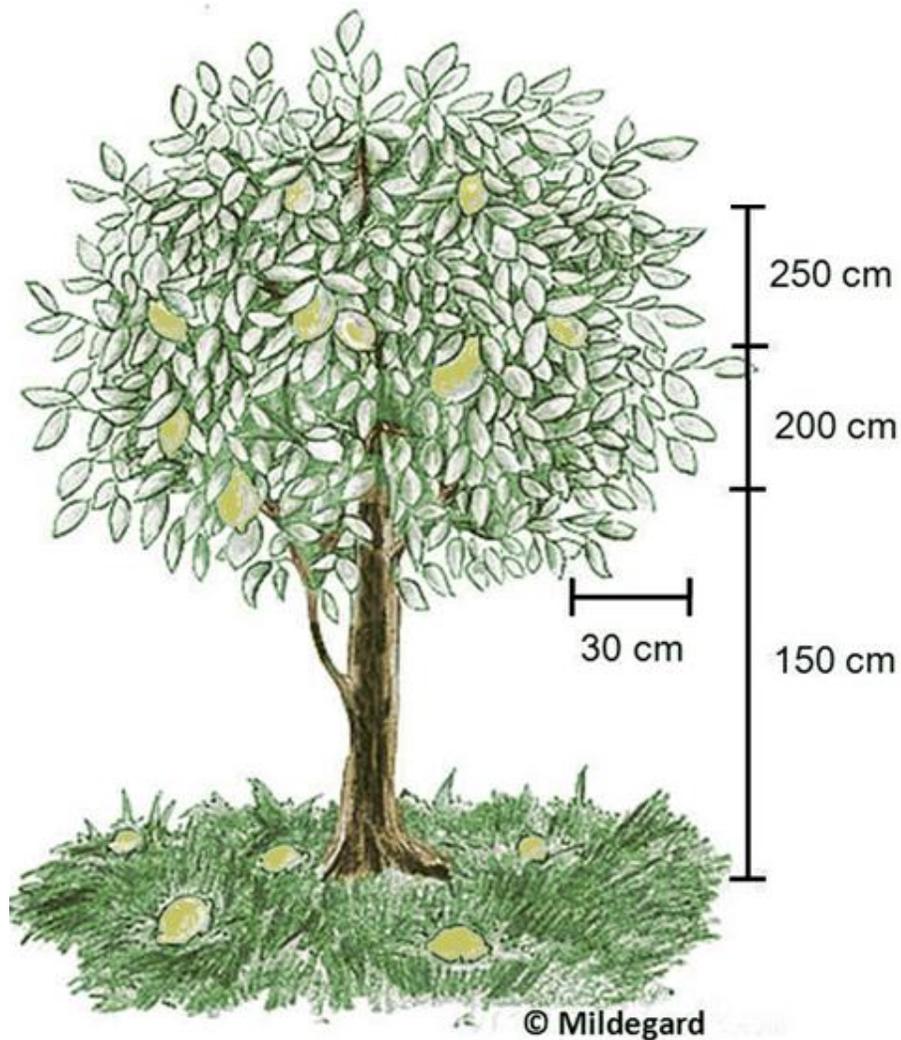


Figura 2. Esquema de un árbol de cítrico en la que se representa la altura a las cuales se tomaron las muestras de hojas.

4.2.3 Procesamiento de las muestras

Para la obtención de los ácaros, las hojas recolectadas de cada árbol se sumergieron en un recipiente de 1 L con una solución de tween al 0.1 %. La solución junto con las hojas se agitó vigorosamente durante un minuto para desprender a los ácaros de las hojas. Posteriormente, la solución se vació en un

tamiz con una apertura de malla de 0.038 mm. Las hojas que se sumergieron, se enjuagaron bajo la llave dentro del tamiz; todo el material que se retuvo dentro del tamiz se almacenó en alcohol al 70 %. Solo se contaron y montaron los adultos.

4.3 Identificación taxonómica

La identificación de las especies de *Brevipalpus* se realizó tanto con montajes convencionales para microscopia de luz (contraste de fases), como de ejemplares preparados para su observación con microscopía electrónica de barrido.

4.3.1 Microscopía de luz (contraste de fases)

De todos los ácaros recolectados de la familia Tenuipalpidae, solo se montó el 20% de cada muestreo y de cada variedad que se encontraba en cada huerta. Antes del montaje, éstos se aclararon en ácido láctico durante cinco minutos a una temperatura de 60°C, posteriormente se montaron entre porta y cubre objetos con la técnica del líquido de Hoyer (Krantz y Walter, 2009). Una vez realizadas las preparaciones, se mantuvieron a una temperatura de 40°C durante 15 días. Posteriormente, se limpiaron y se sellaron con pintura anticorrosiva automotriz (Comex ®). La identificación de las especies se hizo mediante el uso de claves taxonómicas dicotómicas (De León, 1961; Welbourn *et al.*, 2003) usando un microscopio de contraste de fases.

4.3.2 Microscopía electrónica

Ácaros provenientes de los ocho muestreos de las tres huertas fueron extraídos del alcohol al 70 % en donde se habían recolectado y se enjuagaron nuevamente con alcohol de la misma concentración; posteriormente se colocaron en bolsas de papel seda para deshidratarlos en una serie de baños de alcohol de concentración creciente. Se continuó con alcohol 80 % durante un período de tres horas. Al término, se pasaron durante cinco segundos a través de un vibrador ultrasónico para remover cualquier partícula de polvo que estuviera en los ácaros. Enseguida se hizo un lavado con alcohol 80 %, luego se pasaron en alcohol 90 %, al cual se dejaron 12 horas. Se lavaron de nuevo con alcohol 90 %, después se pasaron en alcohol 100 %, en donde se dejaron reposar dos horas. Por último, se enjuagaron con alcohol 100 % y se colocaron en una secadora de punto crítico (Sambri-780A) durante 10 minutos para que el CO₂ líquido se sustituyera por alcohol. Una vez secos se montaron tanto ventral como dorsalmente en portaobjetos con cinta adhesiva conductora de electricidad. Se recubrieron de oro con la ionizadora de metales. Estos ácaros se observaron en microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM-6390).

4.4 Fluctuación poblacional

La fluctuación poblacional se determinó de los ácaros recolectados dentro del cuadrante de 10 X 10 árboles durante los ocho muestreos realizados. Los datos de temperatura y humedad fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas la

Tee (Quintana Roo), Edzná (Campeche) y río lagartos (Yucatán) que se encuentran cercanas a las huertas muestreadas.

4.5 Distribución espacial

4.5.1 Distribución horizontal

Para determinar la distribución de los ácaros del género *Brevipalpus* spp. en la huerta se utilizaron los datos de los ácaros recolectados durante los ocho muestreos en el cuadrante de 100 árboles.

El patrón espacio temporal se determinó mediante mapeo y los índices de agregación de Morisita y Lloyd (Campbell y Madden, 1990). El método de mapeo fue elaborado con el programa Surfer 6.04© y consistió en mapas tridimensionales y de contorno para cada uno de los muestreos que se realizaron en las tres zonas elegidas para el trabajo. El cálculo del índice de agregación de Morisita y Lloyd se realizó con el programa MorLloyd ver 1.0 en Microsoft Excel con base en tamaño óptimo de bloque estimado por el método de Greig-Smith para una matriz de datos de 10 x 10.

4.5.2 Distribución vertical

Para determinar la distribución de *Brevipalpus* en la planta se utilizaron los datos de los ácaros recolectados en el muestreo por estratos (4.2.2). Los cuales únicamente se llevaron a cabo en Yucatán y Quintana Roo.

V. RESULTADOS

En total se hicieron ocho muestreos en los tres estados (Yucatán, Quintana Roo y Campeche), en los cuales se recolectaron 2138 adultos del género *Brevipalpus*. La huerta en la que se recolectaron más ácaros fue la de Campeche, seguida por Yucatán y Quintana Roo (Cuadro 2). Del total de ácaros recolectados solo se montó el 20% de cada huerta y/o especie de cítrico muestreado.

Cuadro 2. Número de ácaros recolectados por fecha de muestreo durante un año en tres huertas de la península de Yucatán de febrero 2010 a febrero 2011.

Fechas de muestreo									
Estado	2010							2011	Total
	Feb. (a/b)	Abr. (a/b)	May. (a/b)	Jun. (a/b)	Ago. (a/b)	Oct. (a/b)	Nov. (a/b)	Feb. (a/b)	
Yucatán	31/8	57/8	179/40	60 /24	104/25	83/16	38/13	23/6	575 (140)
Quintana Roo	15/13	211/43	32/11	27/3	16/3	17/7	68/14	57/22	443 (116)
Campeche	487/104	35/12	141/43	89/23	144/27	57/10	96/19	71/25	1120 (263)

a: Número de *Brevipalpus* recolectados

b: Número de *Brevipalpus* montados

5.1 Identificación taxonómica

La combinación de preparaciones realizadas para su observación con el microscopio de contraste de fases y con aquellas realizadas para su observación con el microscopio electrónico ayudó a determinar con mejor precisión las especies de *Brevipalpus*. Con el microscopio de contraste de fases fue fácil identificar el número de solenidios de la pata II y el número de sedas del histerosoma, caracteres morfológicos más comúnmente utilizadas para diferenciar las especies de *Brevipalpus*. Con el microscopio electrónico se confirmaron las características anteriores y la ornamentación del propodosoma de las especies identificadas. Tanto *B. phoenicis* como *B. californicus* presentan un par de solenidios en la pata II (Figura 3b y 4b). Sin embargo, *B. phoenicis* presenta solo cinco pares de sedas dorsolaterales histerosomales (d3, e3, f3, h1, h2) (Figura 3d) y *B. californicus* tiene seis pares (d3, e3, f2, f3, h1 y h2) (Figura 4d). La ornamentación del propodosoma de ambas especies también es diferente. En *B. phoenicis* la ornamentación central del prodorso presenta reticulaciones irregulares (Figura 3c) y en *B. californicus* reticulaciones uniformes (Figura 4c). (Welbourn *et al.*, 2003).

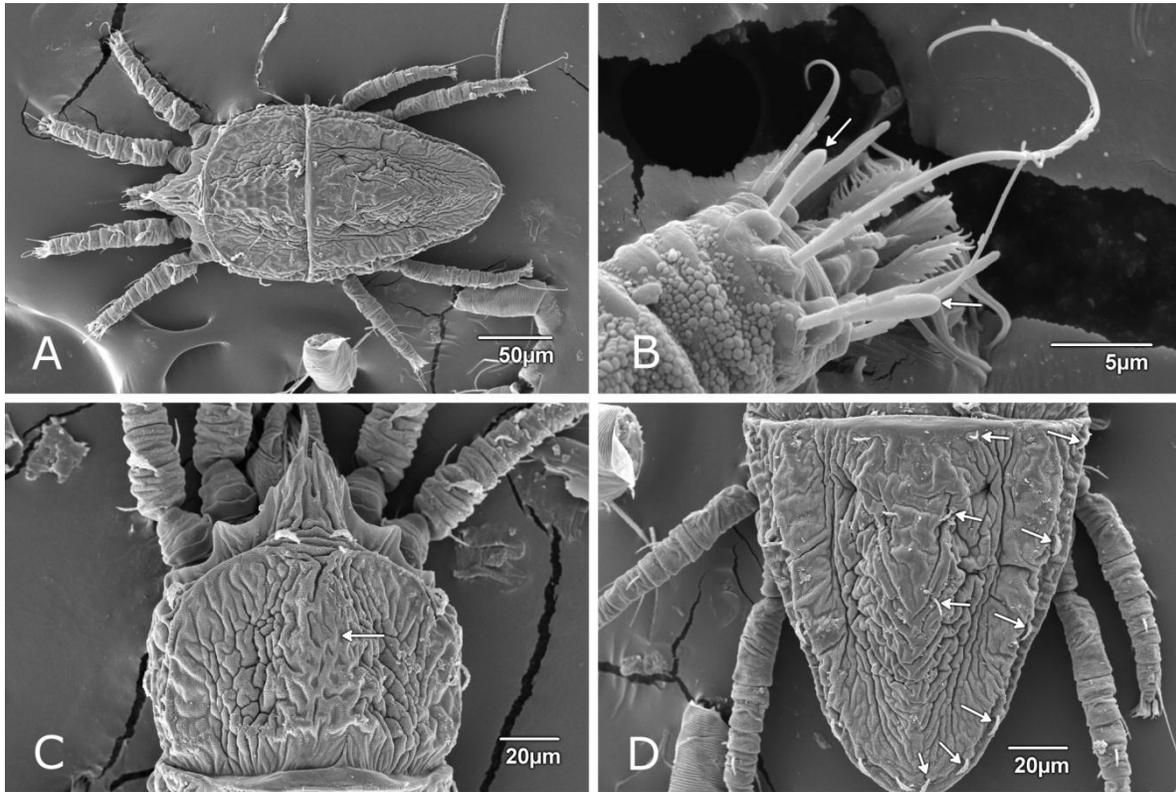


Figura 3. Fotografía de microscopia electrónica de *B. phoenicis*. A) Vista dorsal. B) Tarso de la pata II con dos solenidios. C) Ornamentación del prodorso. D) Histerosoma con seis pares de sedas dorsolaterales.

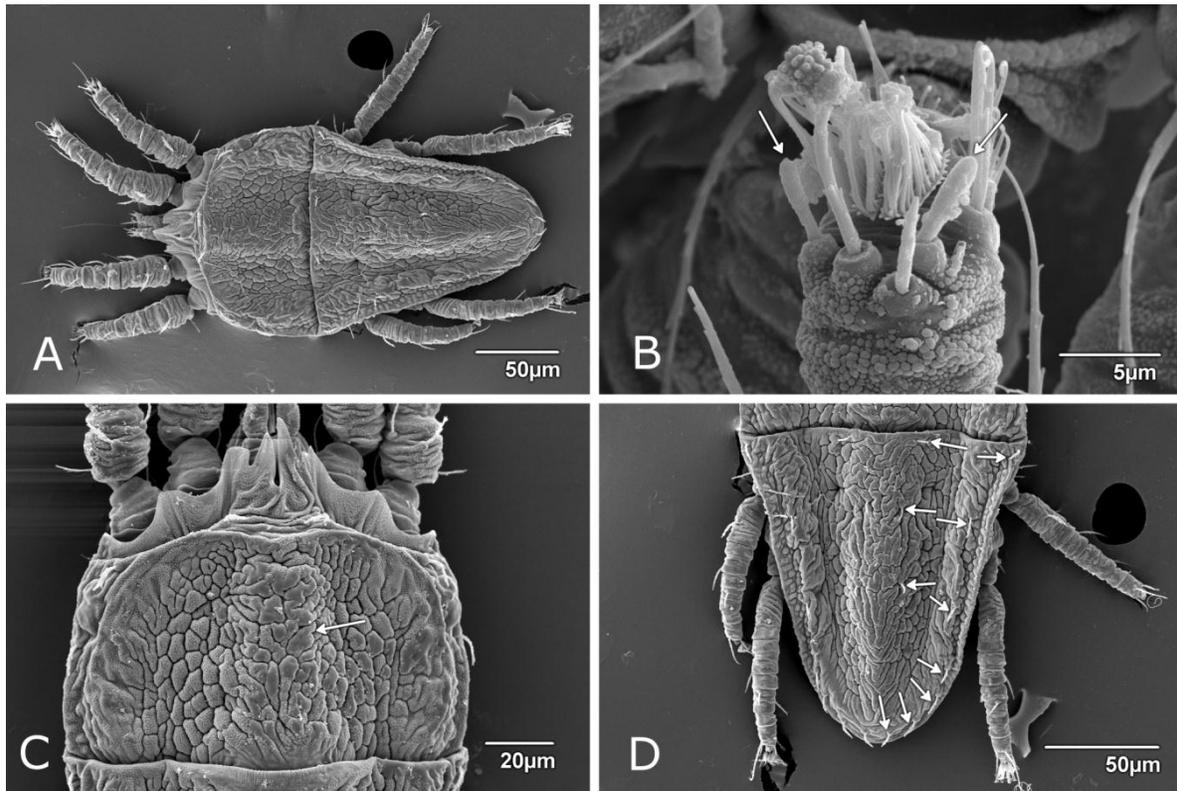


Figura 4. Fotografía de microscopía electrónica de *B. californicus*. A) Vista dorsal. B) Tarso de la pata II con dos solenidios. C) Ornamentación del prodorso. D) Histerosoma con seis pares de sedas dorsolaterales.

Basados en las características anteriormente mencionadas se observó que en Yucatán, 124 organismos fueron *B. phoenicis* y 16 fueron *B. californicus*. Mientras que en Quintana Roo se identificaron 27 como *B. phoenicis* y 89 como *B. californicus*. En Campeche de los 263 ácaros montados todos ellos se identificaron como *B. phoenicis*.

La abundancia y composición de estas especies, sin embargo, fue diferente en cada sitio de muestreo y en cada una de las especies de cítricos muestreadas en cada huerta.

En la huerta de Yucatán se observó que el mayor promedio de ácaros fue encontrado en *C. latifolia*, seguido por *C. sinensis*, *C. paradisi* y en último lugar *C. reticulata* (Figura 5A). En la huerta de Quintana Roo, la especie en la que se encontró un mayor número de ácaros en promedio es *C. reticulata*, seguido por *C. sinensis*, *C. paradisi* y *C. reticulata* x *C. sinensis* (Figura 5B). Finalmente, en Campeche el promedio de ácaros fue similar en las variedades de *C. sinensis*, *C. reticulata*, *C. latifolia* y *C. aurantium* (Figura 5C).

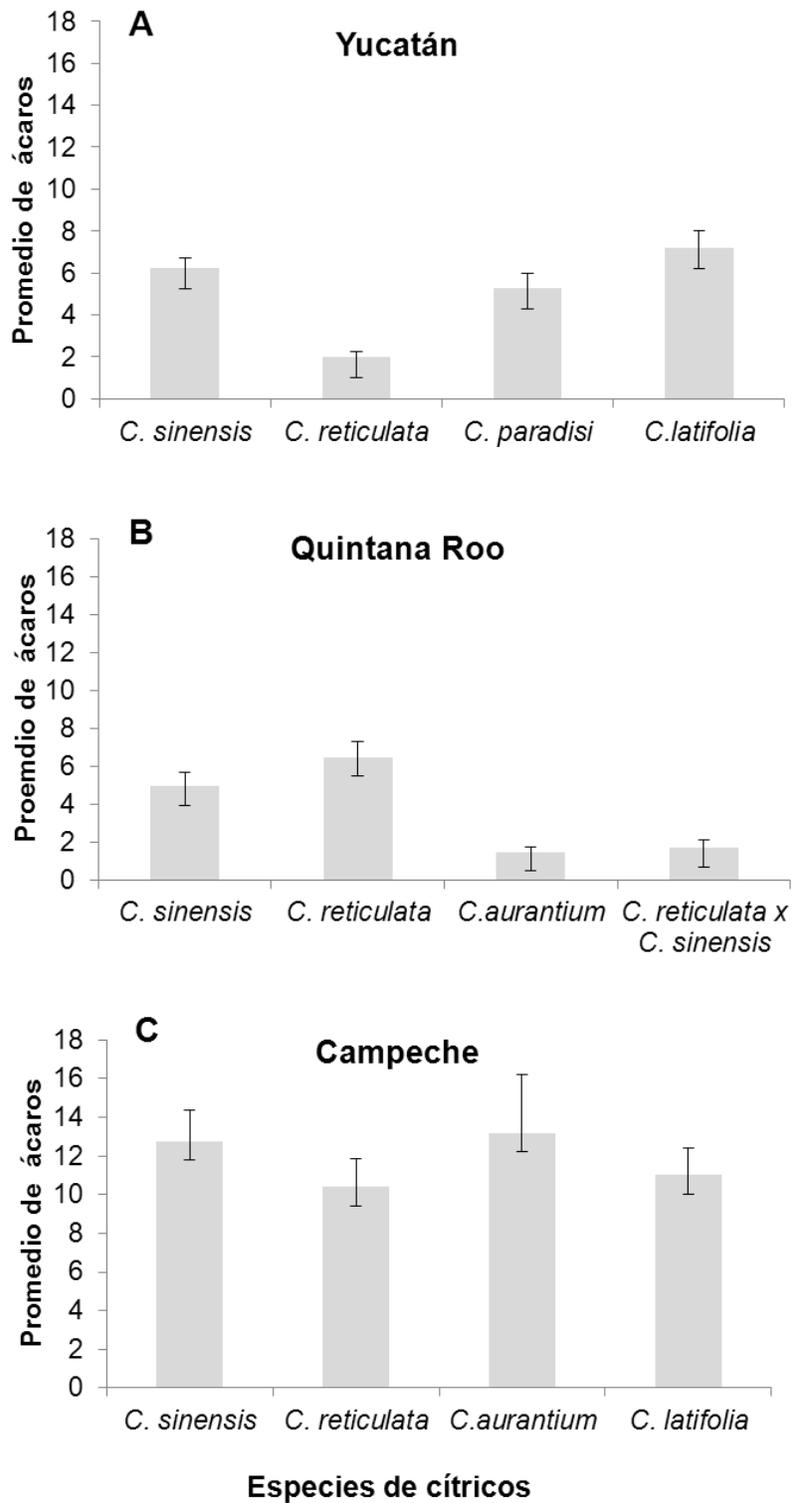


Figura 5. Promedio de ácaros recolectados de febrero 2010 a febrero 2011 en las diferentes especies de cítricos de la península de Yucatán.

5.2 Fluctuación poblacional

Los muestreos realizados durante un año permitieron conocer las épocas de máxima y mínima abundancia de *Brevipalpus* spp. en los diferentes sitios de estudio. La época con mayor infestación en cada una de las huertas fue diferente, en Yucatán el pico de máxima abundancia de *Brevipalpus* spp. fue en mayo con 179 ejemplares, en Quintana Roo la fecha con el pico poblacional más alto fue en abril 2010 con 211 individuos y en Campeche se observaron dos picos poblacionales con 487 y 144 ácaros en febrero y agosto de 2010, respectivamente (Figura 6).

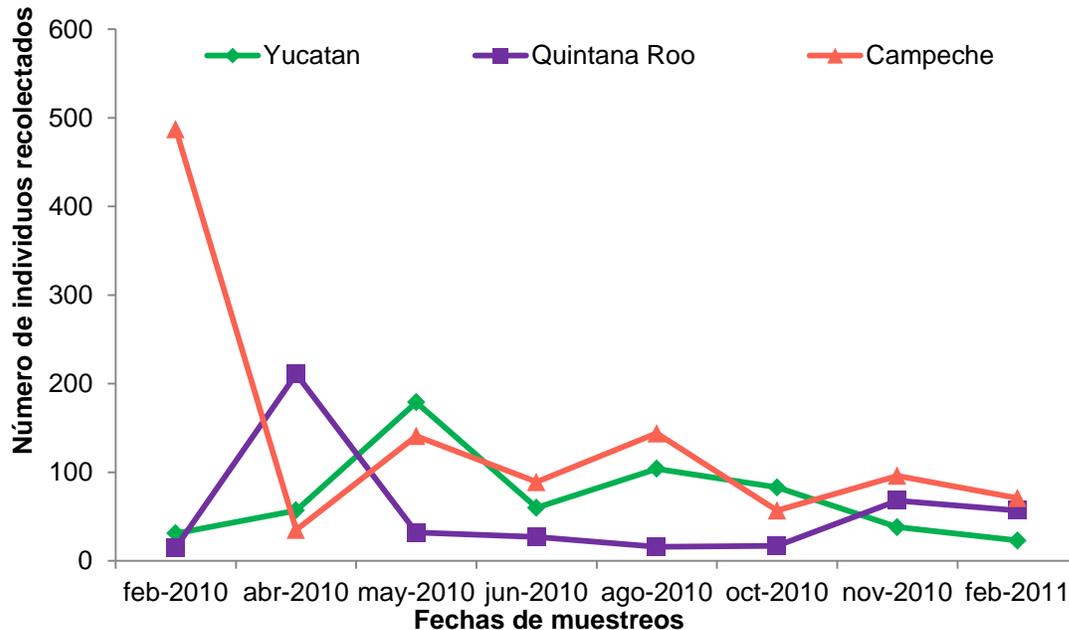


Figura 6. Fluctuación poblacional de *Brevipalpus* spp. durante un año de muestreo en tres huertas de cítricos en la península de Yucatán.

Con respecto a las temperaturas medias registradas para cada fecha de muestreo y cada sitio de muestreo fueron constantes. En Yucatán, la mínima fue de 21.7 °C y la máxima de 28.1 °C. El pico poblacional más alto en este estado se presentó en mayo del 2010, a una temperatura media de 27.6 °C (Figura 7A), y una precipitación de 0.06 mm (Figura 7B).

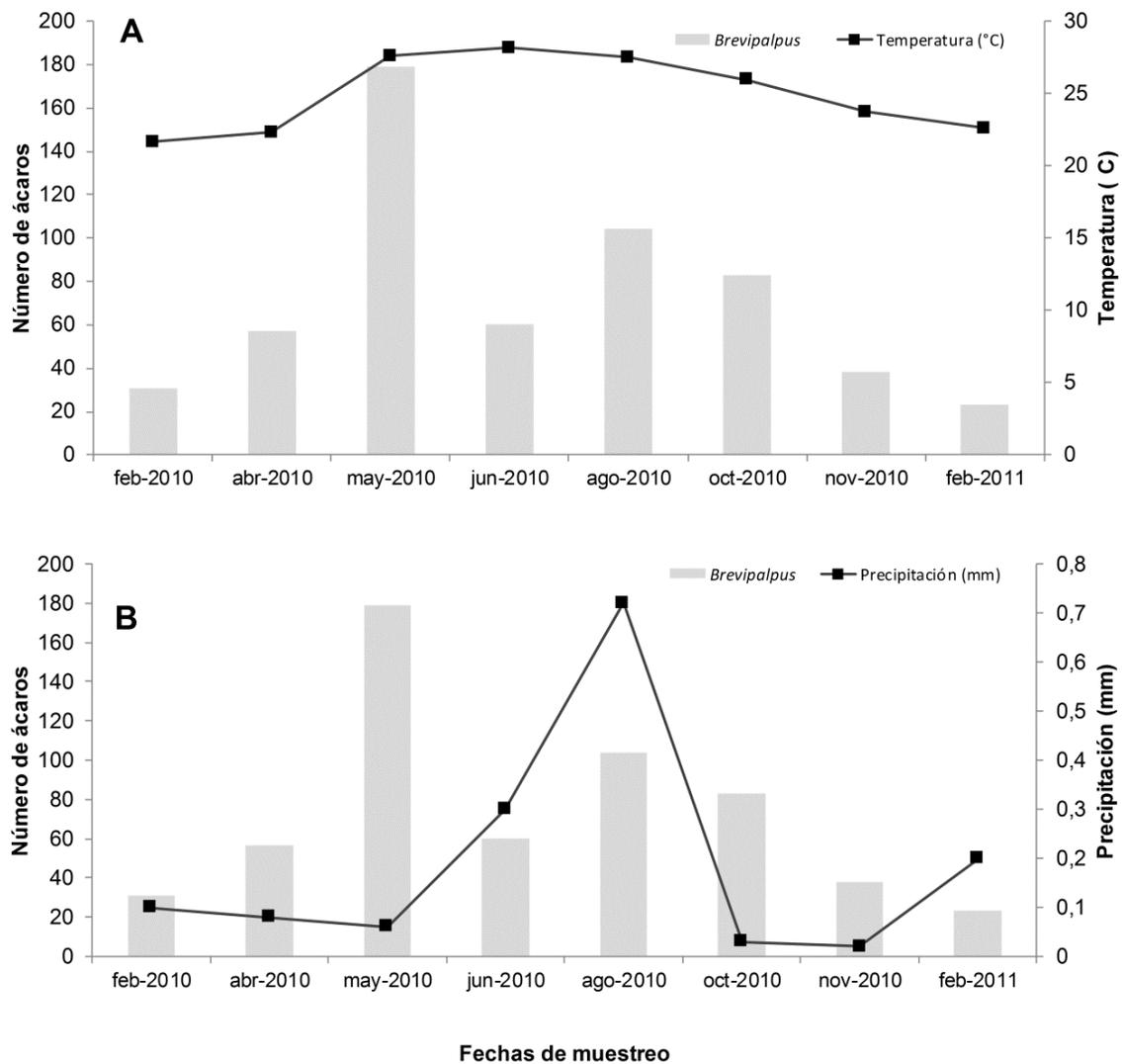


Figura 7. Fluctuación poblacional de *Brevipalpus* spp. en los ocho muestreos realizados de febrero de 2010 a febrero de 2011 en Yucatán. A) Temperatura promedio 20 días antes de la colecta. B) Precipitación acumulada 20 días antes de la colecta.

En la huerta de Quintana Roo la temperatura media mínima fue de 12.5 °C y la máxima fue de 28.2 °C. El pico poblacional más alto se presentó a una temperatura media de 24 °C (Figura 8A), y una precipitación de 0.4 mm (Figura 8B).

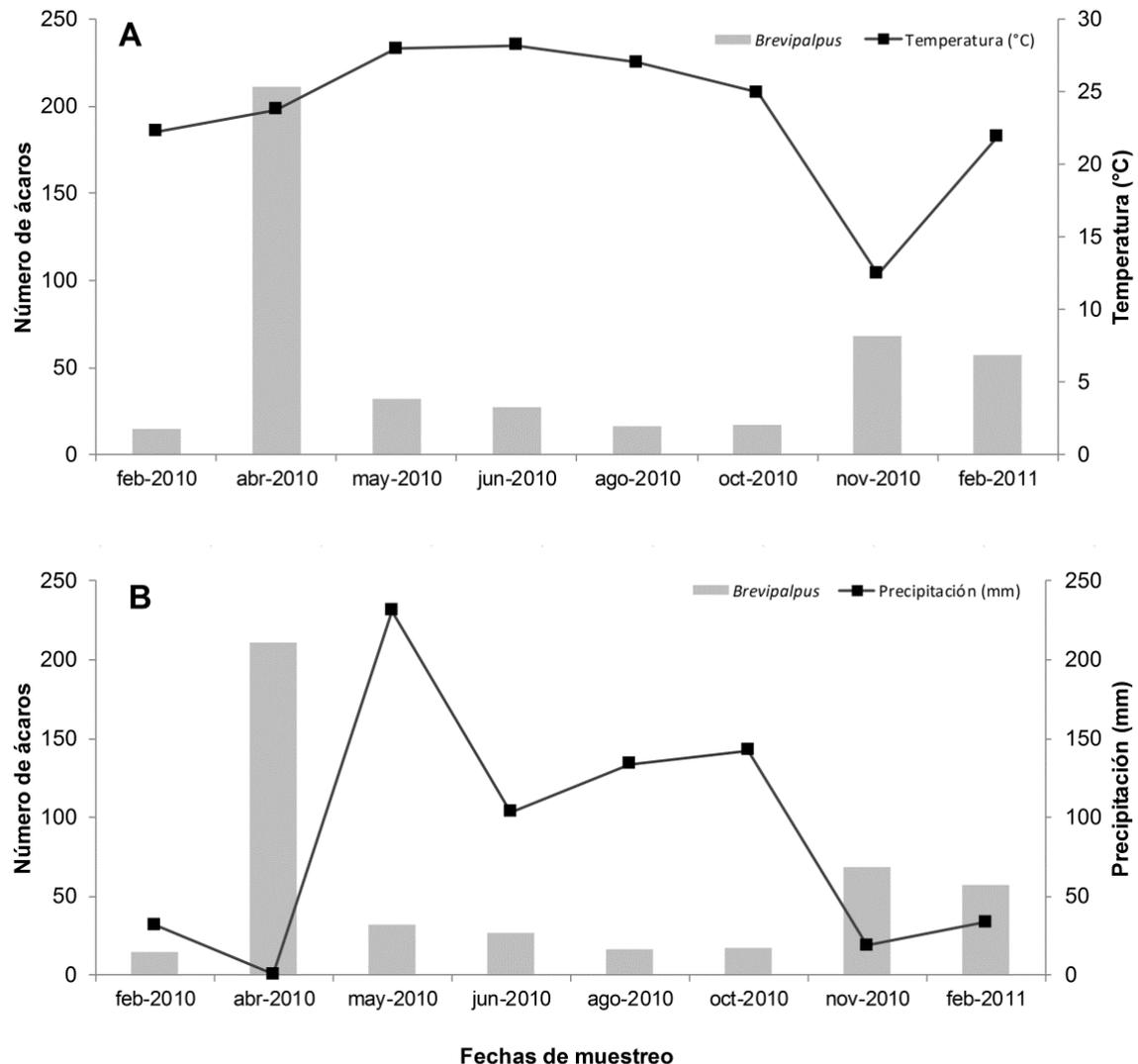


Figura 8. Fluctuación poblacional de *Brevipalpus* spp. en los ocho muestreos realizados de febrero de 2010 a febrero de 2011 en Quintana Roo. A) Temperatura promedio 20 días antes de la colecta. B) Precipitación acumulada 20 días antes de la colecta.

En Campeche, el pico poblacional más alto se presentó en febrero de 2010 a una temperatura de 22.4 °C (Figura 9A), y una precipitación de 10.4 mm (Figura 9B).

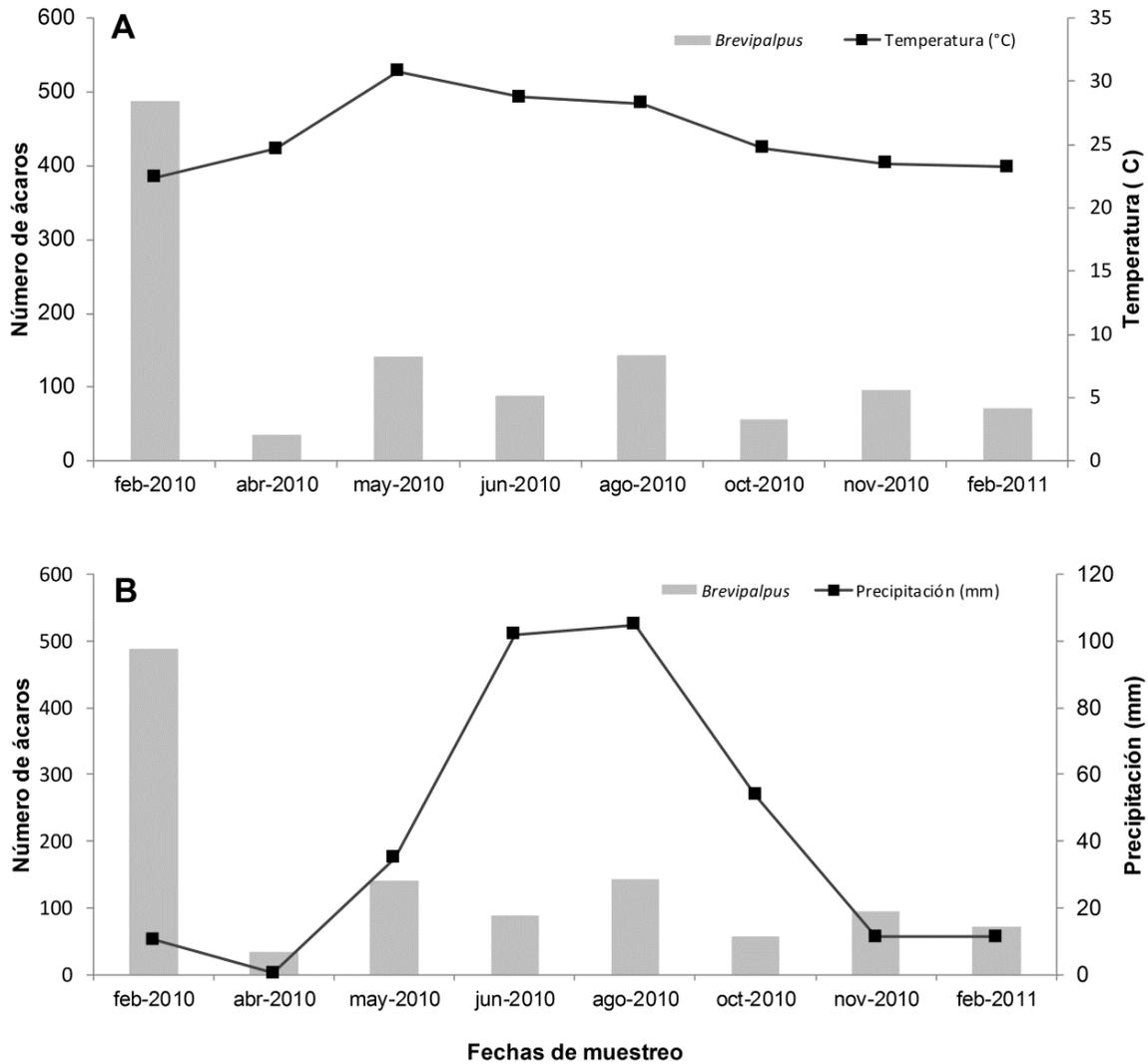


Figura 9. Fluctuación poblacional de *Brevipalpus* spp. en los ocho muestreos realizados de febrero de 2010 a febrero de 2011 en Campeche. A) Temperatura promedio 20 días antes de la colecta. B) Precipitación acumulada 20 días antes de la colecta.

5.3 Distribución espacial

5.3.1 Distribución horizontal

De acuerdo con los índices de Morisita y Lloyd se observó que la distribución de *Brevipalpus* spp. es agregada en las tres huertas (Cuadros 3, 4 y 5). Excepto en el último muestreo, en Yucatán, fue uniforme (Cuadro 3), al igual que en Campeche en mayo (Cuadro 5).

Cuadro 3. Índices de distribución espacial en Yucatán

Fechas de muestreo	Morisita	Lloyd	Índices de dispersión
Feb/2010	1.06	1.11	Agregada
Abr/2010	1.49	1.63	Agregada
May/2010	1.01	1.02	Agregada
Jun/2010	1.01	1.01	Agregada
Ago/2010	1.01	1.01	Agregada
Oct/2010	1.06	1.06	Agregada
Nov/2010	1.03	1.06	Agregada
Feb/2011	0.57	0.56	Uniforme

Cuadro 4. Índices de distribución espacial en Quintana RoO

Fechas de muestreo	Morisita	Lloyd	Índices de dispersión
Feb/2010	1.03	1.06	Agregada
Abr/2010	1.27	1.36	Agregada
May/2010	1.28	1.35	Agregada
Jun/2010	2.42	2.76	Agregada
Ago/2010	1.02	1.02	Agregada
Oct/2010	1.01	1.02	Agregada
Nov/2010	1.26	1.34	Agregada
Feb/2011	1.11	1.14	Agregada

Cuadro 5. Índices de distribución espacial en Campeche

Fechas de muestreo	Morisita	Lloyd	Índices de dispersión
Feb/2010	1.01	1.01	Agregada
Abr/2010	1.42	1.45	Agregada
May/2010	0.98	0.97	Uniforme
Jun/2010	1.19	1.25	Agregada
Ago/2010	1.21	1.23	Agregada
Oct/2010	1.11	1.14	Agregada
Nov/2010	1.01	1.01	Agregada
Feb/2011	1.01	1.01	Agregada

La distribución espacial de *Brevipalpus* spp.; sin embargo, cambia a través del tiempo como puede observarse en los mapas de contorno de los tres estados. En Yucatán, en el muestreo de abril de 2010, la mayor infestación se observa en la parte suroeste de la huerta (Figura 10), pero en el siguiente muestreo (mayo 2010) la infestación se distribuyó en todo el cuadrante (Figura 10); y en los muestreos sucesivos disminuyó la infestación en la huerta. No obstante, en el último muestreo (febrero 2011) la disposición de *Brevipalpus* spp. se distribuyó de manera uniforme, aunque en la parte sureste de la huerta se observa una infestación alta (Figura 10).

Con lo que respecta a Quintana Roo, se observó en los mapas de contorno que en abril es donde hubo una mayor infestación distribuida en casi toda la huerta (Figura 11). Sin embargo, en los siguientes muestreos la infestación comenzó a disminuir hasta el muestreo de noviembre 2010 y febrero 2011 donde se observa que los ácaros estaban nuevamente distribuidos en toda la huerta (Figura 11).

Finalmente, en la huerta de Campeche los mapas muestran que en febrero del 2010, es el cuadrante que tuvo mayor infestación distribuida en toda la huerta (Figura 12). En los siguientes muestreos fue disminuyendo (Figura 12).

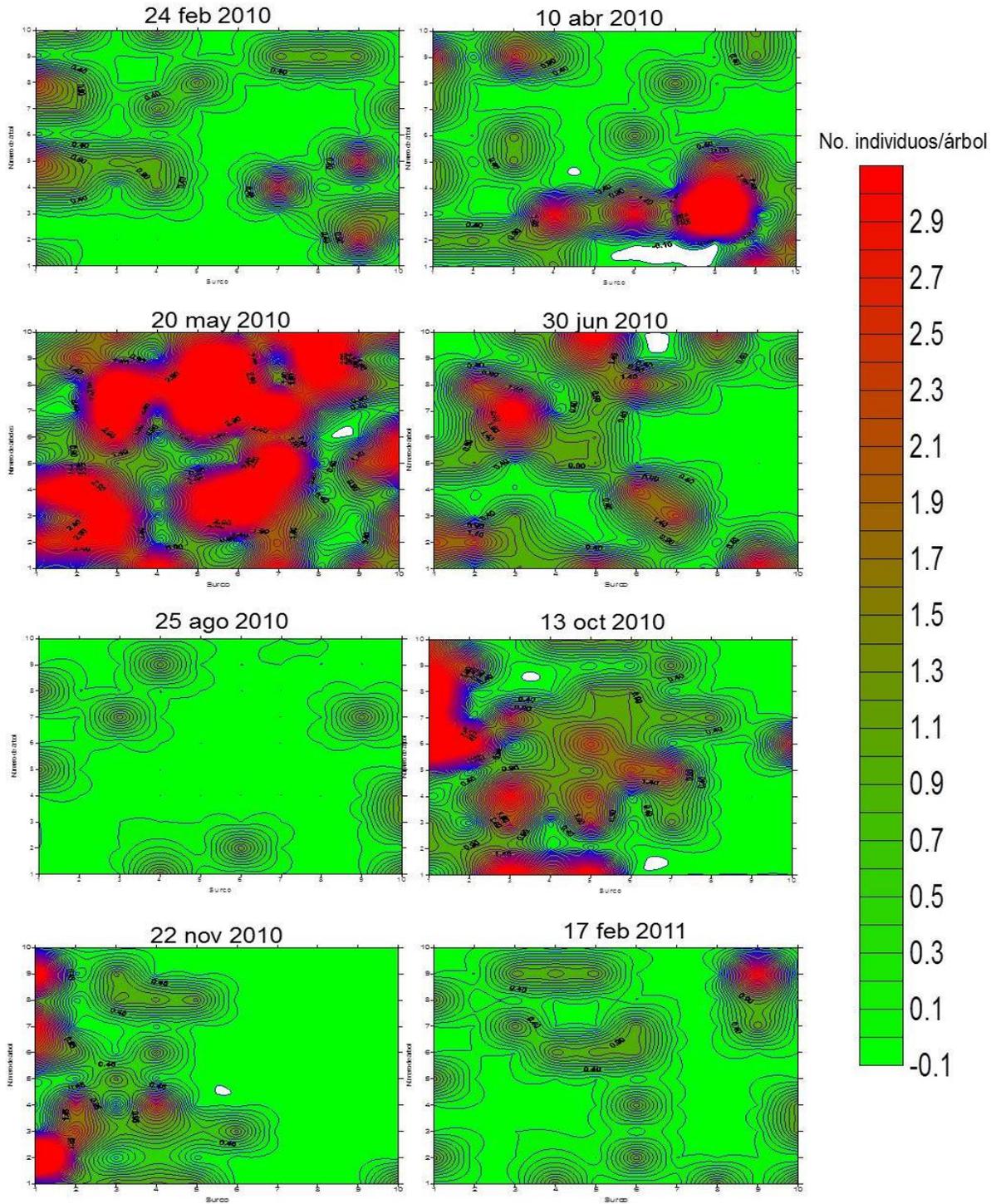


Figura 10. Mapas de distribución espacial de las poblaciones de *Brevipalpus* spp. observados en *Citrus* spp. comerciales durante ocho muestreos realizados de febrero 2010 a febrero 2011 en Yucatán. El eje de la Y representa el Norte y el eje de la X el Oeste.

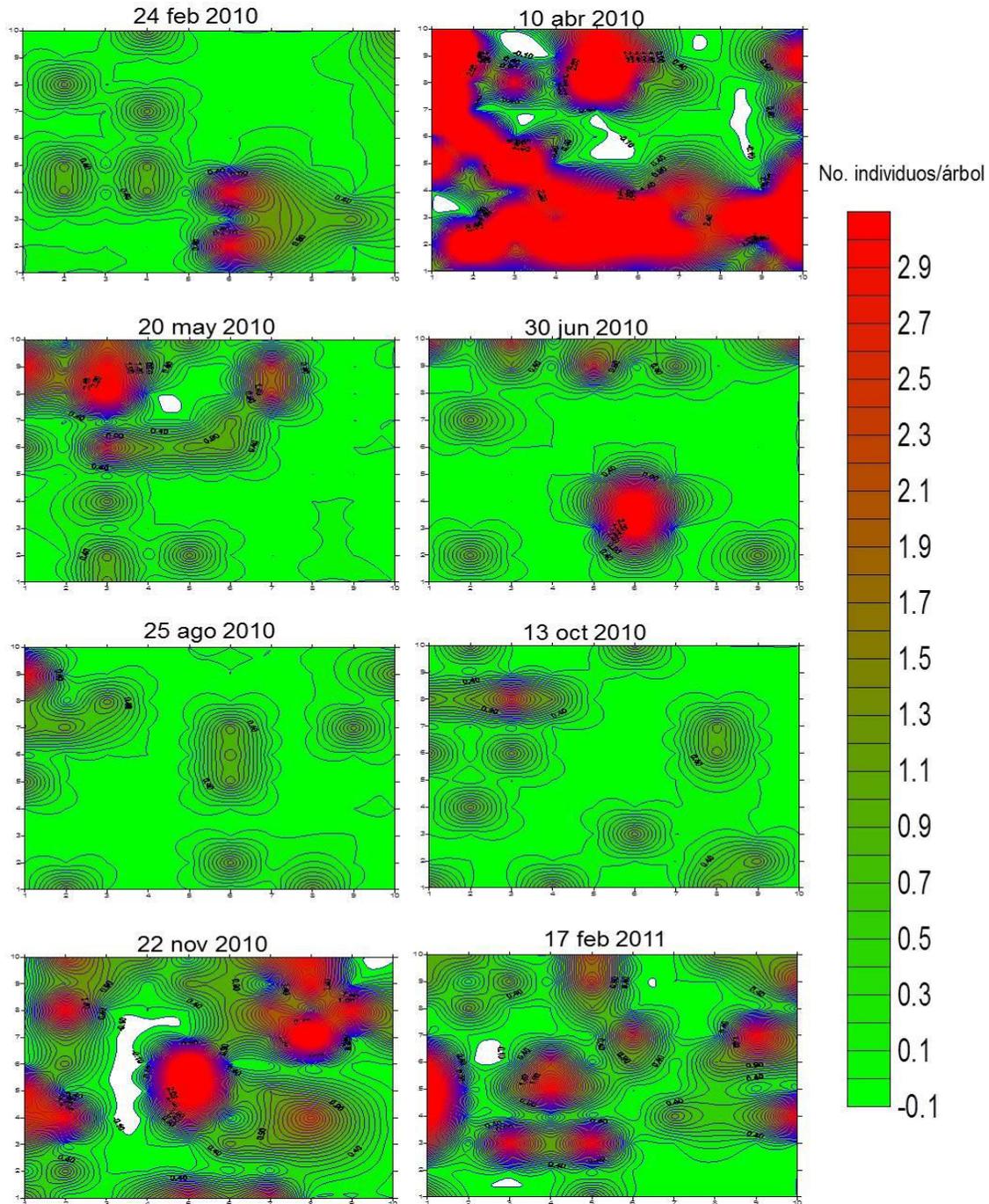


Figura 11. Mapas de distribución espacial de las poblaciones de *Brevipalpus* spp. observados en *Citrus* spp. comerciales durante ocho muestreos realizados de febrero 2010 a febrero 2011 en Quintana Roo. El eje de la Y representa el Sur y el eje de la X el Este.

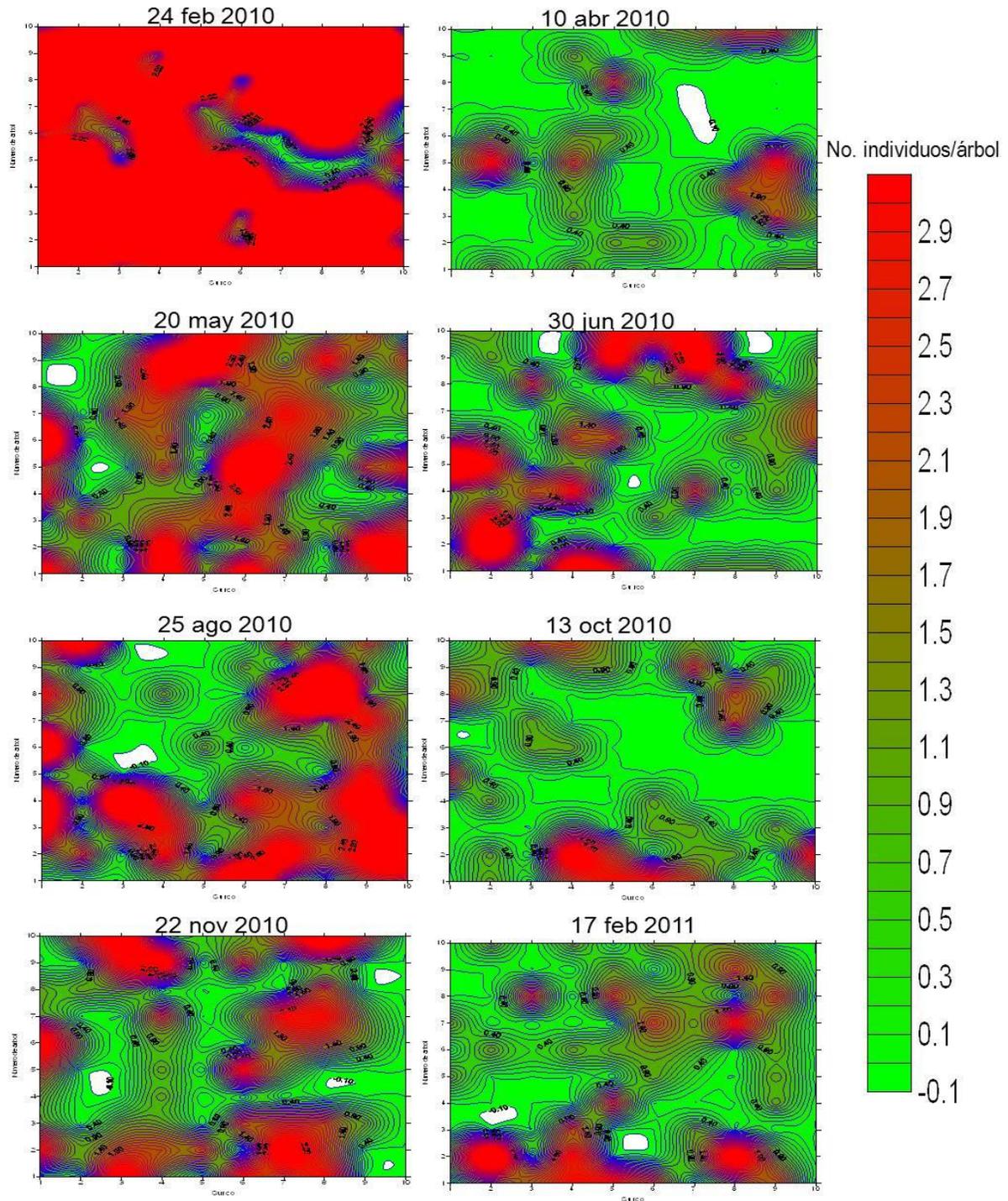


Figura 12. Mapas de distribución espacial de las poblaciones de *Brevipalpus* spp. observados en *Citrus* spp. comerciales durante ocho muestreos realizados de febrero 2010 a febrero 2011 en Campeche. El eje de la Y representa el Sur y el eje de la X el Este.

5.3.2 Distribución vertical

De manera general se observó que los ácaros del género *Brevipalpus* spp. fueron encontrados en mayor número en la parte norte del dosel del árbol en el estrato 1 (altura de 150 cm), tanto en Yucatán como en Quintana Roo (Figura 13 y 14 respectivamente). En el estrato 2 (altura de 200 cm) se observó que el mayor número de ácaros fue recolectado en la parte sur del dosel del árbol en ambos estados (Figura 13 y 14). Finalmente, en el estrato 3 (altura de 250 cm) se observó el mayor número de ácaros en la parte oeste del dosel del árbol, tanto en Yucatán como en Quintana Roo (Figura 13 y 14).

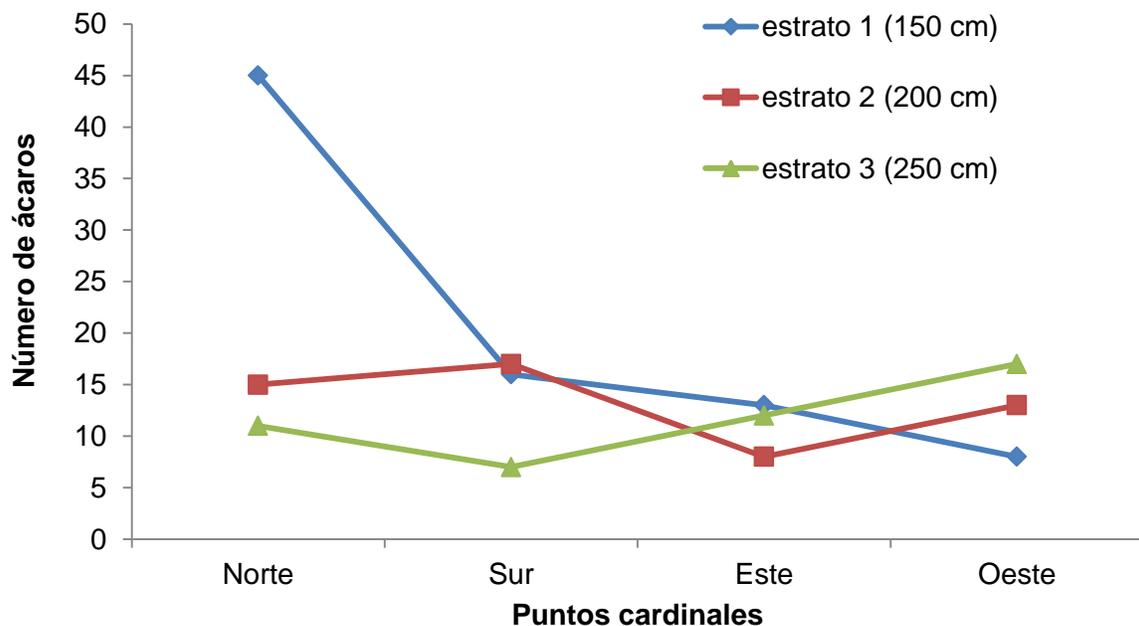


Figura 13. Número de ácaros recolectados en cada estrato y punto cardinal muestreado del dosel de cítricos en la huerta Samahil, Yucatán, de febrero 2010 a febrero 2011.

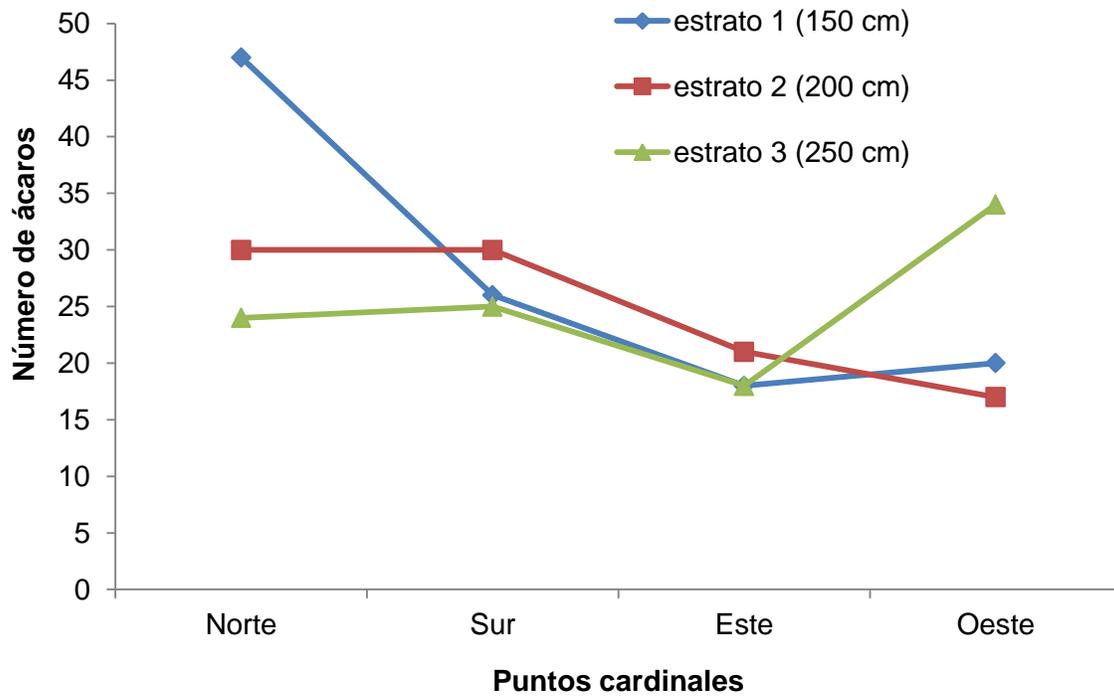


Figura 14. Número de ácaros recolectados en cada estrato y punto cardinal muestreado del dosel de cítricos en la huerta Othón P. Blanco, Quintana Roo, de febrero 2010 a febrero 2011.

VI. DISCUSIÓN

Existen pocos reportes de la presencia de *B. phoenicis*, *B. californicus* y *B. obovatus* en cítricos en México (De Leon, 1961; Baker y Tuttle, 1987; Badii *et al.*, 1993; Rosas y Sampedro, 2000; Rosas-Acevedo y Sampedro-Rosas, 2006; Mesa *et al.*, 2009); a pesar de que estos ácaros tienen una gran variedad de hospedantes (Childers *et al.*, 2003b). Actualmente, sin embargo, se ha incrementado su importancia debido a la reciente detección de CiLV-C en los estados de Chiapas, Tabasco y Veracruz (Robles, 2010), el cual solo puede ser transmitido por las especies *B. phoenicis*, *B. californicus* y *B. obovatus* (Childers y Derrick, 2003). Aunque solo se ha demostrado, experimentalmente, que *B. phoenicis* tiene potencial para transmitir al virus (Rodrigues *et al.*, 2003); por lo que es interesante notar en nuestros resultados que la especie predominante en los tres estados muestreados fue *B. phoenicis*.

Es trascendental entonces resaltar la importancia que tiene la correcta identificación de estas especies, ya que los montajes convencionales entre porta y cubreobjetos, ya sea con líquido de Hoyer o Bálsamo de Canadá, pueden distorsionar la ornamentación del idiosoma de estos organismos, tal y como lo indican Welbourn *et al.* (2003), por lo que es recomendable usar otras técnicas como la microscopía electrónica o técnicas moleculares para evitar errores en la identificación. Desafortunadamente, no es posible identificar a estos ácaros por

sus hábitos alimenticios o por los daños que éstos producen, como sucede por ejemplo con *Oligonychus punicae* u *O. perseae* (Aponte y McMurtry, 1997; Jeppson *et al.*, 1975) debido a que las especies de *Brevipalpus* se caracterizan porque no viven en colonias y pueden alimentarse no solo de la savia de las hojas, si no también se alimentan de frutos y ramas jóvenes, y los daños son similares a los causados por otros ácaros fitófagos (Jeppson *et al.*, 1975; Childers, 1994; Childers y Derrick, 2003).

La identificación correcta de un organismo causante de una pérdida económica es primordial para poder desarrollar una estrategia de control. Más aún, cuando éstos son transmisores de virus, porque no hay manera de controlar a este tipo de organismos y la estrategia está enfocada a controlar el vector.

A pesar de que nuestros resultados indican que tanto *B. phoenicis* como *B. californicus* se encuentran en las diferentes variedades de cítricos sembradas en Yucatán, Campeche y Quintana Roo, similar a lo reportado por otros autores en cítricos de México (De Leon, 1961; Baker y Tuttle, 1987; Badii *et al.*, 1993). Es importante señalar que este es el primer reporte de estas especies en la península de Yucatán.

Se observó una cierta tendencia a encontrar mayor número de ácaros en *C. sinensis*, lo cual puede presentar un riesgo para la cultivos de cítricos de la península debido a que esta variedad es mayormente infectada por CiLV-C (Bastianel *et al.*, 2006; Bastianel *et al.*, 2008; Rodrigues *et al.*, 2003) y si consideramos que es donde encontramos la mayor población de *B. phoenicis*, entonces podríamos hipotetizar que si CiLV-C llega a la península de Yucatán encontraría las condiciones idóneas para su propagación porque *B. phoenicis* es el vector con más potencial para diseminarlo (Rodrigues *et al.* 2003).

Es importante señalar que en general tanto *B. phoenicis* como *B. californicus* pueden ser hallados en las otras variedades de cítricos como *C. paradisi*, *C. latifolia* y *C. reticulata*, por lo que en un esquema de manejo del vector se deben considerar a los otros hospedantes porque nuestros resultados mostraron mayor presencia de *Brevipalpus* spp. en limón en Yucatán y Campeche.

Con lo que respecta a la fluctuación poblacional de *B. phoenicis* y *B. californicus* se observa que los ácaros se pueden encontrar durante todo el año en los tres estados. Sin embargo, la densidad poblacional cambia a través del tiempo. Obviamente, las poblaciones de los ácaros son afectadas por oscilación de la temperatura y humedad. Las densidades más altas de *Brevipalpus* spp. se observaron en los tres estados, antes del inicio de la temporada de lluvias, cuando la precipitación pluvial fue muy baja (0.04-0.5 mm). Lo cual coincide con lo

reportado por De Carvalho *et al.* (2008) y Neto *et al.* (2009) quienes observaron que la precipitación pluvial fue uno de los principales factores que contribuyeron a disminuir la población de *B. phoenicis* en el cultivo de café (*Coffea* spp.) Solano *et al.* (2008) también indica que al aumentar la precipitación disminuye la población de *B. phoenicis*.

Coincidimos con Nienstaedt y Marcano (2009) quienes sugieren que la temperatura pareciera no tener un efecto en los niveles de la densidad poblacional de los ácaros fitófagos, ya que las densidades más altas en Yucatán, Quintana Roo y Campeche fueron observados a 27, 24 y 20°C, respectivamente.

La distribución espacial de *Brevipalpus* spp. en el cuadrante diseñado de 10 x 10 árboles muestra que estos organismos durante casi todos los muestreos se observaron de manera agregada, aunque muy baja, lo cual indica que los ácaros están en aglomerados separados de otros solo por un espacio. Esta es una característica común en plagas agrícolas como lo mencionan Vargas y Rodríguez (2008). Solo en un muestreo se observó una distribución uniforme, tanto en Yucatán como en Campeche, lo que indica que hubo una disminución de la población de *Brevipalpus* spp. En Campeche, este cambio podríamos atribuirlo a la temperatura porque en ese muestreo se registró la temperatura más alta, superior a 30°C. No obstante, en Yucatán no se observó durante este muestreo una temperatura alta.

En los mapas de contorno interpolativos generados para observar la distribución de *Brevipalpus* spp. en Yucatán se observó una tendencia de que los conglomerados se localicen en todos los muestreos del lado norte y oeste del cuadrante. En Quintana Roo y Campeche se observó que los conglomerados se ubican en todo el cuadrante, lo que pareciera indicar que los ácaros tienen cierta habilidad para moverse entre árboles de una plantación.

Finalmente observamos cierta tendencia a encontrar a *Brevipalpus* en el estrato 1 (150 cm) y en la parte norte del dosel de la planta, esta situación fue evidente tanto en Yucatán como en Quintana Roo. Nuestros datos coinciden con lo reportado por Quirós *et al.* (2005) quienes observaron que *B. phoenicis* fue encontrado mayormente en la parte norte del dosel y a una altura de 150 cm del nivel del suelo de un árbol de guayaba (*Psidium guajava* L.). El estrato en el que menos ácaros se encontraron fue en el más alto, a una altura 225 cm del nivel del suelo.

VII. CONCLUSIONES

En las huertas estudiadas en la península de Yucatán se encontraron dos especies de *Brevipalpus*: *B. phoenicis* y *B. californicus* que se reportan como los vectores del *Virus de la leprosis de los cítricos* (CiLV-C).

La información generada sobre la distribución espacial de *B. phoenicis* y *B. californicus* constituye información muy importante para diseñar una estrategia de monitoreo, muestreo y control de estos ácaros vectores, y podrá estimar el riesgo que existe de diseminar CiLV-C una vez que éste se detecte en la península.

B. phoenicis y *B. californicus* generalmente se distribuyen de una manera agregada con baja intensidad.

Se rechaza la hipótesis planteada ya que no se encontraron las tres especies de *Brevipalpus* en los tres estados que conforman la península de Yucatán, y su distribución espacio temporal fue aparentemente similar tanto en dosel como entre árboles de una plantación.

VIII. LITERATURA CITADA

- Allen JC (1992) Insect modeling. Nonlinear dynamics and chaos in insect population models. American Society of Agricultural Engineers. 23-36.
- Aponte O, McMurtry JA (1997) Damage on Hass avocado leaves, webbing and nesting behavior of *Oligonychus perseae* (Acari: Tetranychidae). Exp. Appl. Acarol. 21: 265-272.
- Badii MH, Hernández E, Flores S (1993) Respuesta funcional de *Euseius mesembrinus* (Dean) en función de la densidad de *Brevipalpus californicus* (Banks) (Acari: Phytoseiidae, Tenuipalpidae). Southwestern Entomol. 18:301-304.
- Baker EW, Suigong Y (1988) A catalog of the false spider mites (Tenuipalpidae: Acari) of the United States. Int. J. Acarol. 14:143-155.
- Baker EW, Tuttle DM (1987) The false spider mites of Mexico (Tenuipalpidae:Acari). USDA ARS Tech. Bull 1706.
- Bastianel M, Freitas-Astúa J, Kitajima EW, Machado, MA (2006) The citrus leprosis pathosystem. *Summa Phytopathologica* 32: 211-220.
- Bastianel M, Freitas-Astúa J, Nicolini F, Segatti N, Novelli VM, Rodrigues V, Medina CL, Machado MA (2008) Response of mandarin cultivars and hybrids to citrus leprosis virus. J of Plant Pathology 90: 302-312.
- Blom E, Fleisher S (2001) Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chysomelidae). Environ. Entomol. 30: 350-364.
- Camacho J, Guerere P, Quirós M (2002) Insectos y ácaros del guayabo (*Psidium guajava* L.) en plantaciones comerciales del estado Zulia, Venezuela. Rev. Fac. Agron. LUZ 19: 140-148.
- Chagas CM, Kitajima EW, Rodrigues JC (2003) Coffee ringspot virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) in coffee. Exp. Appl. Acarol30: 203–213.
- Chandra BKN, Channabasavanna GP (1974) Biology of guava scarlet mite, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acarina: Tenuipalpidae). Proc. Int. Congress Acarol4:167-176.
- Childers CC (1994) Feeding injury to 'Robinson' tangerine leaves by *Brevipalpus* mites (a

- Acari: Tenuipalpidae) in Florida and evaluation of chemical control on citrus. Fla. Entomol. 77(2): 265-271.
- Childers CC, Kitajima EW, Welbourn WC, Rivera C, Ochoa R (2001) *Brevipalpus* mites on citrus and their status as vector of citrus leprosis. Manejo Integrado de Plagas 60:66-70.
- Childers CC, Derrick, KS (2003) *Brevipalpus* mites as vectors of unassigned rhabdoviruses in various crops. Exp. Appl. Acarol. 30: 1-3.
- Childers CC, French JV, Rodrigues JCV (2003a) *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, *B. phoenicis* and *B. lewisi* (Acari: Tenuipalpidae): a review of their biology, feeding injury and economic importance. Exp. Appl. Acarol 30: 5-28.
- Childers CC, Rodrigues JCV, Welbourn, WC (2003b) Host plants of *Brevipalpus californicus*, *B. obovatus*, and *B. phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) and their potential involvement in the spread of viral diseases vectored by these mites. Exp. Appl. Acarol. 30: 29–105.
- De Carvalho MJL, Sato ME, Raga A, Arthur V (2008) Population dynamics of phytophagous and predaceous mites on coffee in Brazil, with emphasis on *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae). Exp. Appl. Acarol. 44:277–291.
- De León D (1961) The Genus *Brevipalpus* in México. Parte II (Acarina: Tenuipalpidae). Fla. Entomol. 44: 41-52.
- Domínguez MS (2011) Caracterización molecular y biológica y efecto epidemiológico de aislamientos de CTV en los estados de la península de Yucatán. Tesis maestría. COLPOS. Montecillo, México.
- Dent DR (1997) Quantifying insect populations: Estimates and parameters. International institute of Biological Control, Silwood Park, Buckhurst Road, Ascot, Berkshire SL5 7TA, UK. 57-98.
- Flores SJL (2011) Análisis estructural de focos y gradientes de dispersión del Huanglongbing de los cítricos (HLB), en la península de Yucatán. Tesis maestría. COLPOS. Montecillo, México.
- Ghai S, Shenhmar M (1984) A review of the world fauna of Tenuipalpidae (Acarina: Tetranychoidae). Oriental Insects 18:99-172.
- Goyal M, Sadana GL, Sharma NK (1985) Influence of temperature on the development of *Brevipalpus obovatus* (Acarina:Tenuipalpidae). Entomon.10:125-129.

- Greig-Smith P (1964) Quantitative plant ecology (2nd ed). Butterwoths, London, 256 p.
- Haramoto FH (1966) Biology and control of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acarina: Tenuipalpidae) . Hawaii Agric. Exp. Sta.Tech. Bull. 68.
- Jeppson LR, Baker EW, Keifer HH (1975) Mites Injurious to Economic Plants. University of California Press, Berkeley.
- Kennedy JS, Van Impe G, Dance TH, Lebrun PH (1996) Demecology of the false spider mite, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). J. Appl. Entomol. 120: 493–499.
- Kitajima EW, Chagas CM, Rodrigues JCV (2003) *Brevipalpus*-transmitted plant virus and virus-like diseases: cytopathology and some recent cases. Exp. Appl. Acarol. 30:135-160.
- Kitajima EW, Muller GW, Costa AS, Yuki VA (1972) Short, rodlike particles associated with citrus leprosis. Virology 50:254-258.
- Knorr LC, Denmark HA (1970) Injury to Citrus by the mite *Brevipalpus phoenicis*. J. Econ. Entomol 63: 1996–1998.
- Knorr LC, Denmark HA, Burnett HC (1968) Occurrence of *Brevipalpus* mites, leprosis, and false leprosis on citrus in Florida. Fla. Entomol. 51: 11–17.
- Kondo H, Maeda T, Tamada T (2003) Orchid fleck virus: *Brevipalpus californicus* mite transmission, biological proper-ties and genome structure. Exp. Appl. Acarol. 30 215–223
- Krantz GW, Walter DE (2009) A manual of Acarology. Third Edition. Texas Tech University Press; Lubbock, Texas, 807p.
- Lal L (1978) Biology of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Tenuipalpidae:Acarina). Acarol 20:97-101.
- López-Arroyo JI, Loera-Gallardo J, Rocha-Peña MA (2008) Situación actual de los vectores y otras plagas de importancia para la citricultura de las Américas. Manual de saneamiento y diagnóstico para la producción de material de propagación, certificación de cítricos fondo común para los productos básicos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Red Interamericana de Cítricos, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba. Miller, D. R. and J. A. Davidson. pp. 29-49.
- Manglitz GR, Cory EN (1953) Biology and control of *Brevipalpus australis*. J. Econ. Entomol. 46: 116–119.

- Mesa NC, Ochoa R, Welbourn WC, Evans GA, De Moraes GJ (2009) A catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the World with a key to genera. Auckland, New Zealand: Magnolia Press 185 p.
- Neto MP, Rebelles PR, Zacarias MS, Silva RA (2009) Influence of rainfall on mite distribution in organic and conventional coffee systems. *Coffee Science* 4:20
- Nienstaedt B, Marcano R (2009) Fluctuación poblacional y distribución vertical del ácaro *Schizotetranychus hindustanicus* sobre especies de *Citrus*. *Entomotropica* 24: 57-63.
- Pijnacker LP, Ferwerda MA, Bolland HR, Helle W (1980) Haploid female parthenogenesis in the false spider mite *Brevipalpus obovatus* (Acari: Tenuipalpidae). *Genetica* 51: 211–214.
- Quirós M, Petit Y, Poleo N, Gómez A (2005) Distribución de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) en la planta del guayabo (*Psidium guajava* L.) en La Coruba, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela. *Entomotropica* 20:39-47.
- Robles GPL (2010) Protocolo para la detección y el manejo de la leprosis de los cítricos. Dirección General de Sanidad Vegetal. 25 p.
- Rodrigues JCV, Machado MA, Kitajima EW, Müller GW (2000) Transmission of citrus leprosis virus by *Brevipalpus phoenicis*. In: Proc. 14th Conf. Int. Org. Citrus Virol, pp. 174–178. Univ. Calif. Press, Riverside.
- Rodrigues JCV, Kitajima EW, Childers CC, Chagas CM (2003) *Citrus leprosis virus* vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 30: 161–179.
- Rosas AJL, Sampedro RL (2000) Control biológico de *Brevipalpus* spp. en *Citrus aurantifolia* en Guerrero, México. *Manejo Integrado de plagas* 55:59-69.
- Rosas-Acevedo JL, Sampedro-Rosas L (2006) Variability of *Hirsutella thompsonii* strains, isolated from phytophagous mites from three terrestrial systems in the State of Colima, México. *Rev. Mex. Biodiversidad* 77: 7-16.
- Sadana GL (1997) False spider mites infesting crops in India. Ludhiana, India, Kalyani Pub. 201p.
- SIAP (2011) (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>> (Revisado: 2 de febrero de 2012).

- SIAP (2006) (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). Hectáreas de cítricos cultivados en México <<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>> (Revisado: 8 de agosto de 2012).
- Meyer MKP (Smith) (1979) The Tenuipalpidae (Acari) of Africa with keys to the world fauna. Republic of South Africa. Dept. Agric.Tech. Serv. Entomol Memoir 50.
- Solano DA, Álvarez-Herrera JG, Rodríguez JA (2008) Distribución espacial de *Brevipalpus phoenicis*, vector de la leprosis de los cítricos en el cultivo de naranja Valencia (*Citrus sinensis*) en Yopal, Casanare (Colombia). Agron. Colombiana, 26: 399-410.
- Welbourn WC, Ochoa R, Kane EC, Erbe EF (2003) Morphological observations on *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) including comparisons with *B. californicus* and *B. obovatus*. Exp. Appl. Acarol. 30:107-33.
- Vargas R, Rodríguez S (2008) Dinámica de poblaciones. Capítulo 7. Manejo de plagas en paltos y cítricos. R. Ripa y P. Larral (eds), Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, Ministerio de Agricultura. Chile. N. 23