



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD  
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**APLICACIÓN LOCALIZADA DE SPIROTETRAMAT Y  
SPIROMESIFEN EN *Capsicum chinense* (Jacq) Y SU EFECTO  
EN LA OVIPOSICIÓN DE *Bactericera cockerelli* (Sulc)  
(HEMIPTERA: TRIOZIDAE)**

**JORGE ISMAEL TUCUCH HAAS**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTOR EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

**2013**

La presente tesis titulada: “Aplicación localizada de Spirotetramat y Spiromesifen en *Capsicum chinense* (Jacq) y su Efecto en la Oviposición de *Bactericera cockerelli* [Sulc] (Hemiptera: Triozidae)” realizada por el alumno: Jorge Ismael Tucuch Haas, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS**  
**POSTGRADO DE FITOSANIDAD**  
**ENTOMOLOGIA Y ACAROLOGIA**

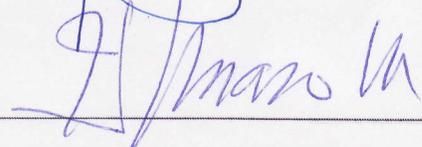
**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO:  \_\_\_\_\_

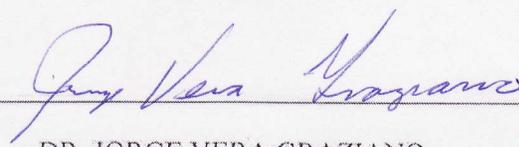
DR. JA CONCEPCIÓN RODRÍGUEZ MACIEL

ASESOR:  \_\_\_\_\_

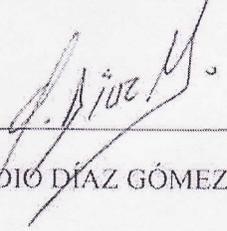
DR. ÁNGEL LACUNES TEJEDA

ASESOR:  \_\_\_\_\_

DR. HIRAM BRAVO MOJICA

ASESOR:  \_\_\_\_\_

DR. JORGE VERA GRAZIANO

ASESOR:  \_\_\_\_\_

DR. OVIDIO DÍAZ GÓMEZ

Montecillo, Texcoco, México a 17 de Enero de 2013

**APLICACIÓN LOCALIZADA DE SPIROTETRAMAT Y SPIROMESIFEN EN  
*Capsicum chinense* (Jacq) Y SU EFECTO EN LA OVIPOSICIÓN DE *Bactericera  
cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)**

JORGE ISMAEL TUCUCH HAAS, Dr.  
COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2013

**RESUMEN**

El psílido del tomate/papa *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) es una de las plagas más importantes del cultivo de solanáceas en el mundo. Spirotetramat y spiromesifen ambos insecticidas son del grupo de los inhibidores de la síntesis de lípidos que se usan para combatir esta plaga y para optimizar su eficacia biológica es importante conocer sus propiedades entomotóxicas. Por tanto, se determinó el efecto de la aplicación de los dos insecticidas en la oviposición de *B. cockerelli* en áreas tratadas y no tratadas del follaje de plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* (Jacq)). El follaje de cada planta se dividió en tres estratos: superior (21 a 30 cm distales del sustrato de la planta), medio (11 a 20 cm abajo del estrato superior) e inferior (1 a 10 cm proximales del sustrato de la planta), en los que se contaron todas las hojas presentes para cada estrato así como el número total de huevos del psílido presentes por hoja/estrato/planta. En forma separada y en todas sus combinaciones, para cada insecticida, se asperjó uno de los estratos con 30 mL de la solución a la concentración de 1.0 mL de producto comercial L<sup>-1</sup> como lo recomienda Bayer CropScience para el control de moscas blancas y del psílido del tomate, a una presión de 0.703 kg cm<sup>-2</sup> (10 lb pulgada<sup>2</sup>) mediante una torre de Potter, calibrada para aplicar 2 mg cm<sup>-2</sup>. Los estratos a los

que, en cada caso no les correspondían aplicación, se cubrían con bolsas de plástico que se retiraron 1 h después de la aplicación. Acto seguido, las plantas de cada tratamiento y repetición se infestaron con 20 parejas de insectos (macho, hembra) de 20-24 h de edad para que ovipositaran libremente durante 7 d. El conteo de la presencia de huevos se realizó 7 d después de la infestación. El diseño experimental fue un factorial completamente aleatorio de dos tratamientos y un testigo con 100 repeticiones. El análisis de varianza se realizó con el procedimiento de SAS (SAS Institute, 2010) y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). En el testigo sin tratar, el porcentaje de huevos por hoja para los estratos superior, medio e inferior fue 42, 32 y 26. Spiromesifen inhibió significativamente ( $p \leq 0.05$ ) la oviposición sólo en el estrato tratado; mientras que con spirotetramat el número promedio de huevos se redujo significativamente ( $p \leq 0.05$ ) en todos los estratos, sin diferencia estadística entre ellos ( $p > 0.05$ ), indicando una reducción bidireccional significativa de la oviposición. Se concluye que spirotetramat reduce la oviposición en áreas no tratadas, independientemente si estas se encuentran arriba o abajo del área tratada y es más efectivo que spiromesifen para inhibir la oviposición de *B. cockerelli*.

**Palabras clave:** ácidos tetrónicos, zebra chip, inhibidores de lípidos, paratrioza, solanáceas, manejo de la resistencia.

**LOCALIZED APPLICATION OF SPIROTETRAMAT AND SPIROMESIFEN ON  
*Capsicum chinense* (Jacq) AND ITS EFFECT ON EGG LAYING OF *Bactericera  
cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE)**

JORGE ISMAEL TUCUCH HAAS, Ph. D.  
COLEGIO DE POSTGRADUADOS, 2013

**ABSTRACT**

The potato/tomato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) is one of the most important pests of solanaceae crops in the world. Spirotetramat and spiromesifen are two insecticides group inhibitors of lipids used to control this pest, in order to optimize their efficacy it is important to know their entomotoxic properties. Therefore, we determined the effect of these insecticides on oviposition of *B. cockerelli* on treated and untreated areas of foliage plants of habanero chile (*Capsicum chinense* (Jacq)). The foliage of each plant was divided into three layers, upper (21 to distal 30 cm), medium (11 to 20 cm below the upper layer) and lower (1 to 10 cm proximal). All the leaves of the respective layer were inspected and counted the total number of eggs present per leaf/layer/plant. Separately, in all combinations for each insecticide, the selected layer was sprayed with 30 mL of the solution at the concentration of 1.0 mL of commercial product L<sup>-1</sup> as recommended by Bayer CropScience to control whitefly and psyllids, pressure of 0.703 kg cm<sup>-2</sup> (10 lb Inch<sup>2</sup>) using a Potter tower, calibrated to apply 2 mg cm<sup>-2</sup>. Unapplied layers were covered with plastic bags and removed 1 h after application. Subsequently, the plants were infested with 20 pairs of

adults 20-24 h-old, and then females lay eggs freely during 7 d. The evaluation was performed 7 days after infestation. The experimental design was completely randomized factorial with two treatments and an untreated control with 100 replications. Analysis of variance was performed using the procedure of SAS (SAS Institute, 2010) and means were compared by means of Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). In the untreated control, the percentage of eggs/leaf for the upper, medium and lower layer was 42, 32 and 26%, respectively. Spiromesifen significantly inhibited oviposition ( $p \leq 0.05$ ) only on the treated layer. Spirotetramat significantly reduced the average number of eggs ( $p \leq 0.05$ ) in all layers, with no statistical difference between them ( $p > 0.05$ ), thus showed a bidirectional effect on egg deposition. Spirotetramat reduce the number of egg laid on untreated leaves, regardless if they are located above or below the treated area, and is more effective than spiromesifen to inhibit oviposition of *B. cockerelli*.

**Keywords:** tetrionic acids, zebra chip, inhibitors of lipids, potato/tomato psyllid, Solanaceae, resistance management.

## **DEDICATORIAS**

A Dios nuestro señor y a la Virgen de Guadalupe, por permitirme la realización de mis sueños y por darme fortaleza para enfrentar los retos que día con día se presentan.

**A MI NOVIA:** Gabriela Guadalupe Escudero Giffard, por su comprensión, estímulo y Amor.

**A MIS PADRES:** José Guadalupe Tucuch Alvarado y María Estela Haas Colli, Fuente de Fortaleza y Carácter.

**A MIS HERMANOS:** Alejandro del Carmen, Cesar Jacier, José Guadalupe de Jesús, Julio Esteban y María, por su apoyo y confianza.

**AL Dr. J. Concepción Rodríguez Maciel:** Gracias por los consejos y la educación brindada por todos estos años, por que hizo de mí una persona diferente.

**A MIS AMIGOS....**

**A TODOS ELLOS,** Que dios les dé más vida y salud para que me sigan acompañando durante muchos años más.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A los millones de mexicanos** que pagan impuestos, quienes, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) han financiado parte de mi formación.

**Al Colegio de Postgraduados** que entre salones y jardines me acogieron 4 años de mi vida.

**A los miembros del Consejo Particular**, Dr. J. Concepción Rodríguez Maciel, Dr. Ángel Lagunes Tejeda, Dr. Hiram Bravo Mojica, Dr. Jorge Vera Graziano, Dr. Ovidio Díaz Gómez y al Dr. José Luis Carrillo Sánchez por el esfuerzo, la dedicación, el tiempo y el apoyo que me han brindado, pero sobre todo por la infinita paciencia conmigo.

**A todos los Maestros** que participaron en tan loable labor, la formación de un mexicano más comprometido con los valores y principios éticos que deben de regir la vida.

**A mis amigos:** Adolfo López, Alberto Pérez, Benigno Estrada Drouailliet, Emmanuel Ibarra, Eleodoro Hernández, Isabel Pérez, José Chávez, Miguel Muñoz, Mario Rocandio, Raúl Mancilla, Sandra Rangel, a todos ellos por estar conmigo en las buenas y en las malas.

**A todos mis compañeros del equipo de futbol de Genética**, las secretarias de servicio académico, a los de la biblioteca y a todos aquellos que me faltaron.

¡Estrecho la mano de cada uno de ustedes y ofrezco mi más sincero agradecimiento!

# CONTENIDO

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>RESUMEN</b> .....                                 | iii           |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                | v             |
| <b>DEDICATORIAS</b> .....                            | vii           |
| <b>AGRADECIMIENTOS</b> .....                         | viii          |
| <b>INDICE DE FIGURAS</b> .....                       | x             |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                         | 1             |
| <b>II. OBJETIVOS</b> .....                           | 5             |
| 2.1. Objetivo general.....                           | 5             |
| 2.2. Objetivos específicos.....                      | 5             |
| <b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....               | 6             |
| 3.1. Insectos.....                                   | 6             |
| 3.2. Insecticidas.....                               | 6             |
| 3.3. Plantas.....                                    | 6             |
| 3.4. Aplicación de los insecticidas.....             | 7             |
| 3.5. Diseño experimental y análisis estadístico..... | 8             |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....              | 9             |
| 4.1. Testigo.....                                    | 9             |
| 4.2. Spiromesifen.....                               | 10            |
| 4.3. Spirotetramat.....                              | 11            |
| <b>V. CONCLUSIÓN</b> .....                           | 14            |
| <b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....                   | 15            |
| <b>VII. ANEXOS</b> .....                             | 21            |

## INDICE DE FIGURAS

| Figura   | Página |
|--|--------|
| <b>Figura 1.</b> Promedio de huevos de <i>B. cockerelli</i> por estrato de la planta de chile habanero ( <i>C. chinense</i> ) del tratamiento testigo (agua destilada). El valor en porcentaje de huevos depositados se encuentra entre paréntesis. Estrato inferior de 1 a 10 cm proximales del sustrato; estrato medio de 11 a 20 cm arriba del estrato inferior y estrato superior de 21 a 30 cm distales del sustrato. Las líneas verticales indican el error estándar de la media respectiva. Las letras minúsculas indican la significancia estadística ( $p \leq 0.05$ )..... | 21     |
| <b>Figura 2.</b> Promedio de huevos de <i>B. cockerelli</i> por estrato de la planta de chile habanero ( <i>C. chinense</i> ) 7 d de haber tratado el estrato indicado. Estrato inferior de 1 a 10 cm proximales del sustrato; estrato medio de 11 a 20 cm arriba del estrato inferior y estrato superior de 21 a 30 cm distales del sustrato. Las letras minúsculas indican la significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ).....   | 22     |
| <b>Figura 3.</b> Promedio de huevos de <i>B. cockerelli</i> por planta y el estrato de la planta de chile habanero ( <i>C. chinense</i> ) aplicado. Las líneas verticales indican el error estándar de la media respectiva. E = porcentaje de control en relación al testigo sin tratar. Las letras minúsculas indican la significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ).....   | 24     |

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el número de insecticidas eficaces y disponibles en el mercado para el combate de plagas chupadoras como: *Myzus persicae* (Sulzer), *Thrips palmi* Karny, *Bemisia tabaci* (Gennadius) y *Bactericera cockerelli* (Sulc) está disminuyendo significativamente, debido a niveles más estrictos en la normatividad que los países imponen a estos agroquímicos y a la resistencia que estas plagas están desarrollando.

En 2005 y 2008 Bayer CropScience introdujo al mercado mundial los insecticidas spiromesifen (Oberon<sup>®</sup>) y spirotetramat (Movento<sup>®</sup>), ambos actúan inhibiendo la síntesis de la acetil-CoA-carboxilasa afectando la síntesis de lípidos (Nauen y Konanz, 2005). Por su alta eficacia y nivel de seguridad para el ambiente y la salud humana, los inhibidores de la síntesis de lípidos se han estado posicionando en México para el combate de plagas chupadoras, estos productos tienen efectos directos sobre huevos y etapas juveniles; los efectos indirectos se reflejan en disminuciones significativas de la fecundidad y fertilidad de las hembras tratadas.

Spiromesifen está clasificado como un insecticida de contacto (Brück *et al.*, 2009) y no ofrece protección a las partes de la planta en crecimiento. Sin embargo, Kontsedalov *et al.* (2009), encontraron que tiene cierta acción traslaminar y sistémica limitada, cuando se aplica al suelo o al tallo de plántulas. En cambio, spirotetramat tiene acción sistémica bidireccional (Nauen *et al.*, 2008), es decir se trasloca por el xilema como por el floema (Brück, *et al.*, 2009), por lo que después de una aplicación foliar, spirotetramat penetra por las células de las hojas y dando

también protección en áreas no tratadas de la planta, ejerciendo control de plagas que se alimentan en áreas de la planta no tratadas (Brück *et al.*, 2009). Según Tucuch-Haas *et al.* (2010), y Elizondo y Murguido (2010), ambos insecticidas presentan toxicidad sobre huevos y ninfas de plagas susceptibles, además, las hembras tratadas disminuyen significativamente su fecundidad y fertilidad (Nauen *et al.*, 2008; Tucuch-Haas *et al.*, 2010) y no dañan al enemigo natural *Tamaxia triozae* (Tong-Xian *et al.*, 2012). Otras de las ventajas de spiromesifen y spirotetramat, es que ambos insecticidas no presentan resistencia cruzada con los demás insecticidas convencionales que se utilizan para el control de insectos chupadores (Page-Weir *et al.*, 2011). Sin embargo, su uso debe sustentarse en un conocimiento sobre sus propiedades entomotóxicas.

El psílido, *B. cockerelli*, es una plaga cuya importancia económica aumenta y representa un problema fitosanitario en México, EE.UU., Belice, Honduras y Nueva Zelanda (Page-Weir *et al.*, 2011). Actualmente *B. cockerelli* se encuentra ampliamente distribuido en México y representa una seria limitación en la producción agrícola.

Esta especie ataca a plantas de 20 familias botánicas (Liefting *et al.*, 2009) y puede completar su ciclo biológico, de huevo a adulto, en 40 especies de plantas diferentes (Butler y Trumble, 2012). Es una severa limitación en la producción de chile (*Capsicum annuum* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.), jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) y tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Lam) (Garzón-Tiznado *et al.*, 2009). Ninfas y adultos de este insecto se alimentan de los brotes de las plantas hospedantes produciendo toxemia. Los síntomas son: amarillamiento de hojas, retraso en el crecimiento de la planta y reducción de los frutos o tubérculos (Gharalari *et al.*, 2009; Sengoda *et al.*, 2010). Además, es vector de la enfermedad punta

morada o zebra chip (ZC), cuyo agente causal es el *Candidatus Liberibacter solanacearum* (*Ca. L. psyllauros*) (Nachappa *et al.*, 2011). Esta enfermedad se detectó en 1994, en cultivos de papa en Saltillo, estado de Coahuila, México (Munyanza *et al.*, 2007) y, provoca amarillamiento del follaje y necrosis en los radios medulares de los tubérculos (Stevenson *et al.*, 2001). Además, los tubérculos de papa provenientes de plantas infectadas con ZC desarrollan un patrón de rayas necróticas después de ser freídos (Munyanza *et al.*, 2008; Gharalari *et al.*, 2009), lo cual es un problema para la industria. En jitomate, tomate de cáscara y chile ocasiona enrollamiento de hojas, disminución de la tasa de desarrollo y pérdida de peso del fruto (Brown *et al.*, 2010; Page-Weir *et al.*, 2011) y las plantas enfermas mueren (Sengoda *et al.*, 2010).

Dentro la amplia gama de chiles en México se encuentra el chile habanero *Capsicum chinense* (Jacq), que se caracteriza por tener altos contenidos de capsaicinoides en el fruto. Su cultivo es de importancia en la península de “Yucatán”. En el 2009, las tres entidades de la Península sumaron 445 ha sembradas; siendo el estado de Yucatán el principal productor de chile habanero con una superficie sembrada de 351 ha, seguidos por los estados de Campeche y Quintana Roo. La superficie cosechada en la península de Yucatán fue de 423 ha en total, en donde se produjeron 5 mil 431 toneladas, cuyo valor fue de 91 millones 623 mil 254 pesos (SIAP, 2009). El 60% de la producción anual se destina a empresas productoras de salsas de chile habanero, mientras que 30% es para consumo nacional en fresco y 10% restante va a los mercados internacionales, como Japón, EE.UU., Canadá, Corea, Alemania, Italia, España, Inglaterra y Australia (SFE, 2011). La importancia del chile habanero en la región, dadas sus características particulares, en el año 2010 se obtuvo la denominación de origen con el nombre de “Chile habanero de la Península de Yucatán”. Aunque Yucatán es el estado con mayor

superficie cultivada sus rendimientos no alcanzan a cubrir la demanda local necesaria para la producción de salsas y condimentos, debido a fuertes ataque de insectos plagas, principalmente chupadores como *B. tabaci*, *M persicae*, *T. palmi* y *B. cockerelli*.

El control de *B. cockerelli* es principalmente químico, porque la resistencia genética y el control biológico no han mostrado la misma eficacia que los insecticidas (Butler y Trumble, 2012). En control biológico, Lomeli-Flores y Bueno (2002), documentan la presencia en México del parasitoide *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) con una incidencia de hasta 85 % de parasitismo de ninfas, pero Luna-Cruz *et al.* (2011), señalan que este parasitoide es muy sensible a los insecticidas imidacloprid, abamectina y spinosad, lo cual dificulta el uso en conjunto de estas dos técnicas de control. Para el manejo de *B. cockerelli*, el combate químico es la única herramienta viable para mantener la densidad de población debajo del umbral económico (Tucuch-Haas *et al.*, 2010). De acuerdo con Liu y Trumble (2007), hay antecedentes del desarrollo de la resistencia de *B. cockerelli* a los insecticidas imidacloprid y spinosad, por lo que el uso de insecticidas no relacionados al mismo mecanismo de resistencia es una estrategia que se debe implementar para el combate efectivo de esta plaga.

Actualmente spiromesifen y spirotetramat se han introducido en la agricultura mexicana como una alternativa para el combate de *B. cockerelli*, por lo que un mejor conocimiento de la forma en que actúan, contribuirá a usarlos de manera más eficiente. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la aplicación localizada de spirotetramat y spiromesifen sobre la oviposición de *B. cockerelli* en áreas tratadas y no tratadas del follaje de plantas de chile habanero.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la aplicación localizada de spirotetramat y spiromesifen sobre la oviposición de *Bactericera cockerelli* (Sulc) en áreas tratadas y no tratadas del follaje de plantas de chile habanero.

### 2.2. Objetivos específicos

Evaluar el porcentaje promedio de huevos depositados/hoja/estrato de *Bactericera cockerelli* (Sulc).

Evaluar la preferencia de *Bactericera cockerelli* (Sulc) para depositar sus huevos en los diferentes estratos de la planta.

Evaluar la movilidad de spiromesifen y spirotetramat en plantas de chile habanero *Capsicum chinense* (Jacq).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Insectos

Se utilizó una población de *B. cockerelli* susceptible a insecticidas, la cual se ha reproducido en los invernaderos del área de Toxicología de Insecticidas del programa de Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, México, por cerca de 103 generaciones, utilizando como hospedero plantas de *C. chinense*.

#### 3.2. Insecticidas

Los insecticidas evaluados correspondieron a las formulaciones comerciales Oberon<sup>®</sup> 240 SC (spiromesifen, suspensión concentrada, 240 g de i.a. L<sup>-1</sup>) y Movento<sup>®</sup> OD (spirotetramat, dispersión en aceite, 150 g de i.a. L<sup>-1</sup>) proporcionados por la empresa Bayer CropScience de México S.A. de C.V. La preparación de las soluciones en las concentraciones a evaluar se realizó con agua destilada.

#### 3.3. Plantas

En condiciones de invernadero y previo a los bioensayos, se sembraron plantas de chile habanero “variedad Criollo naranja”, las que se mantuvieron aisladas para evitar cualquier

contaminación externa hasta que alcanzaron los  $30 \pm 3$  cm de altura, que sucedió a los 50 a 55 d de edad después de la germinación.

### **3.4. Aplicación de los insecticidas**

Las aplicaciones se realizaron, en forma separada para cada insecticida, en diferentes estratos del follaje de la planta, los cuales se dividieron en superior (21 a 30 cm distales al sustrato de la planta), medio (11 a 20 cm abajo del estrato superior) e inferior (1 a 10 cm proximales) delimitándose cada estrato con un hilo encerado.

Los tratamientos (spiromesifen o spirotetramat) se aplicaron por separado en cada uno de los tres estratos de la planta, usando la dosis comercial de cada insecticida (1.0 mL de producto comercial L<sup>-1</sup> agua). Para asegurarse que solamente el estrato de interés recibía el tratamiento, los estratos no tratados se cubrieron con bolsas de plástico (30 x 20 cm de calibre 300) aseguradas con una banda elástica. Posteriormente, la planta se colocó en un recipiente de acrílico que la cubría completamente y se aplicaron 30 mL del insecticida a una presión de  $0.703 \text{ kg cm}^{-2}$  ( $10 \text{ lb pulgada}^2$ ), mediante aspersion en una torre de Potter (Tucuch-Haas *et al.*, 2010), que se calibró para aplicar  $2 \text{ mg cm}^{-2}$  (Hassan, 1985). Una hora después de la aplicación se retiró la bolsa protectora de los estratos no tratados y las plantas se introdujeron en jaulas entomológicas (70 x 70 cm de base x 100 cm de altura), donde se infestaron con 20 parejas de *B. cockerelli* de 20-24 h de edad a las que se les dejó ovipositar libremente durante 7 d (Vega-Gutiérrez *et al.*, 2008). El testigo se manejó de la misma manera, sólo que la aplicación se realizó con agua destilada. Transcurridos los 7 d, se retiraron los adultos, y las plantas se trasladaron al laboratorio para el conteo del número de huevos totales y el porcentaje correspondiente a cada estrato.

### **3.5. Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental fue factorial completamente aleatorio, de dos tratamientos y un testigo con 100 repeticiones. El análisis de varianza se realizó con el procedimiento de SAS (SAS Institute, 2010) y las medias se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Para lograr homocedasticidad y normalidad, la variable respuesta se transformó a la función  $\text{Log}_{10}(x+1)$ . La significancia estadística de los factores estudiados se estimó mediante la prueba de F ( $\alpha = 0.05$ ) (Gómez y Gómez, 1984).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Testigo

En todos los estratos foliares de la planta testigo se observó presencia de huevos de *B. cockerelli* (Figura 1). Las ovipositoras, se distribuyeron en 42, 32 y 16 % en el estrato superior, medio e inferior respectivamente, registrándose diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre ellos (Figura 1). Según Tong-Xian (2004) y Xiang-Bing y Tong-Xian (2009), *B. cockerelli* normalmente muestra preferencia de oviposición en el estrato superior o en los brotes nuevos de la planta, aunque estos autores no indican los porcentajes de oviposición por estrato, ni las razones por las cuales se presentan estas diferencias. Es posible que la hembra de *B. cockerelli* requiera que la hoja se encuentre en buen estado nutricional al momento de la eclosión de los huevos, con el objetivo de facilitar la alimentación de la ninfa recién emergida, ya que los primeros instares son poco móviles (Tong-Xian, 2004; Xiang-Bing y Tong-Xian, 2009). También es posible que la preferencia de oviposición en la parte superior de la planta se deba a que es el área de la planta donde la hembra hace su arribo inicial.

Abdullah (2008) sostiene que *B. cockerelli* presenta hábitos migratorios y los primeros adultos en colonizar las partes apicales de la planta son las hembras (Garzón-Tiznado *et al.*, 2009) y requieren de 15 a 120 min para transmitir los fitoplasmas con una eficacia de 16% (Nachappa *et al.*, 2011). De acuerdo a Abdullah (2008), la fecundidad de la hembra fluctúa entre 184 a 258 huevos con un promedio de 231.8 huevos por hembra durante 10 d. Según Xiang-Bing y

Tong-Xian (2009), cada hembra tiene el potencial para ovipositar de 180 a 200 huevos, lo cual varía de acuerdo al huésped, ya que en berenjena el máximo número de huevos depositados por hembra es de 29, mientras que en chile es de 39. Estos mismos autores agregan que las hembras prefieren ovipositar entre la primera y cuarta hoja apical de la planta de chile, lo que concuerda con Liu y Trumble (2006), que señalan que *B. cockerelli* oviposita en la parte superior de las plantas de tomate. Sin embargo, las ninfas de cuarto y quinto instar se encuentran en la parte inferior de la planta y en el envés de las hojas, lo que hace más difícil su control (Tong-Yang, 2004; Gaskin *et al.*, 2010). Xiang-Bing y Tong-Xian (2009), encontraron que la proporción sexual es de 1:1 (machos: hembras) lo cual implica que la reproducción sexual no se limita a ciertas etapas del ciclo biológico, sino que puede darse durante todo el desarrollo de *B. cockerelli* incrementándose las posibilidades de intercambio de material genético y por ende los riesgos de desarrollo de resistencia.

## **4.2. Spiromesifen**

El estrato que registró menor promedio de huevos por hoja, fue el tratado con el insecticida (Figuras 2A, 2B y 2C), reflejando la capacidad del insecticida de inhibir la oviposición sólo en las partes asperjadas debido a la escasa movilidad de spiromesifen en la planta. Independientemente del estrato tratado, el número promedio de huevos por planta es significativamente menor al testigo (Figura 3). Gharalari *et al.* (2009), indicaron que spiromesifen es un insecticida de contacto, dado que cuando se trató solamente el haz de hojas de papa y se infestó el envés con adultos de *B. cockerelli* y viceversa, los resultados fueron similares al testigo sin tratar. Tong-Xian (2004) señala que spiromesifen es más tóxico para

adultos que para huevos, ya que al realizar un estudio en plantas de melón (*Cucumis melo* L.) y col (*Brassica oleracea* L.), documentó que cuatro dosis de este insecticida (96, 112, 114 y 149 g [IA] ha<sup>-1</sup>) fueron ligeramente tóxicas para adultos (4.5-15.1 % en melón y 25.1-37.0 % en col) de *B. tabaci* y no para los huevos de esta especie (2.8-6.3 % en melón y 2.9-6.4 % en col). Sin embargo, las ninfas provenientes de huevos que fueron previamente tratados con spiromesifen, no alcanzaron a mudar exitosamente. Tucuch-Haas *et al.* (2010), encontraron esta misma tendencia para ninfas de *B. cockerelli* proveniente de huevos previamente tratados con spiromesifen, lo cual muestra una toxicidad diferenciada de este insecticida. Jamieson *et al.* (2010), indican que spiromesifen redujo la oviposición de mosca blanca de los cítricos (*Orchamoplatus citri* T.) hasta 15 d después de la aplicación, pero al final de este periodo las ninfas provenientes de huevos tratados no presentaron problema para llegar a adulto. Esta última característica difiere con lo encontrado en ninfas de *B. tabaci* y *B. cockerelli* provenientes de huevos previamente tratados (Tong-Xian, 2004; Tucuch-Haas *et al.*, 2010; Page-Weir *et al.*, 2011) por lo que en el futuro deberían realizarse bioensayos específicos para diferentes edades de huevos y ninfas junto con diferentes dosis y forma de aplicación de spiromesifen.

### **4.3. Spirotetramat**

Independientemente del estrato tratado, el número promedio de huevos disminuyó en todos los estratos, sin registrarse diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) entre ellos. Se observó inhibición de la oviposición tanto en las áreas tratadas como en las no tratadas, ya sea que se encuentren arriba o abajo del área aplicada (Figuras 3A, 3B y 3C). Además, en todos los tratamientos se registró

una mortalidad de huevos menor al 3%, lo que se considera como normal y no es atribuible al efecto de spirotetramat, dado que no entraron en contacto directo con el insecticida y se observó un efecto similar en el testigo. Por tanto, la reducción en la oviposición en áreas tratadas y no tratadas puede atribuirse a efectos indirectos de repelencia a la oviposición (Page-Weir *et al.*, 2011).

En general, spirotetramat fue más eficaz que spiromesifen en la reducción del número promedio de huevos ( $p \leq 0.05$ ), debido quizá a su alto poder de traslocación, ya que se observó un efecto inhibitorio de la oviposición en las partes no tratadas de la planta, ya sea que se encontraran arriba o abajo del área de aplicación, efecto que no se observó con spiromesifen. (Figuras 2 y 3).

Existen antecedentes de que dosis de 0.3 y 0.5 L ha<sup>-1</sup> de spirotetramat reducen la oviposición tanto de plagas de importancia agrícola identificadas como susceptibles, como moscas blancas (*Bemisia tabaci* (Gennadius)), trips (*Thrips palmi* Karny) y Pulgón (*Myzus persicae* (Sulzer)) (Elizondo y Murguido, 2010), y algunas que ya han mostrado algún grado de resistencia a otros insecticidas como es el pulgón lanígero del manzano (*Eriosoma lanigerum* Haus). Además, en el caso del biotipo Q de *B. tabaci* se ha observado que también es afectada severamente la fecundidad de los adultos (Nauen *et al.*, 2008). Resultados similares documentados por Page-Weir *et al.* (2011), indican que spirotetramat presenta un efecto de repelencia y reduce la oviposición de adultos de *B. cockerelli*. Jamieson *et al.* (2010), señalan que los huevos de *O. citri* no son afectados por spirotetramat, pero las hembras tratadas disminuyen su capacidad de ovipositar. En un estudio previo, Brück *et al.* (2009) encontraron

que áfidos adultos reducen su fecundidad cuando se exponen a plantas de *B. oleracea* previamente tratadas con spirotetramat; lo que concuerda con Nauen *et al.* (2008), quienes observaron que este insecticida en una concentración de 40 ppm, reduce en 60% la postura de huevos de *B. tabaci* expuestas a hojas de algodónero previamente tratadas con el insecticida. También existen antecedentes de que los huevos depositados por hembras de *B. cockerelli*, *M. persicae*, *T. palmi* y *B. tabaci*, previamente tratados con spirotetramat interrumpen su ciclo, ya que no alcanzan a llegar al estado adulto (Tong-Xian, 2004; Brück *et al.*, 2009; Elizondo y Murguido, 2010; Tucuch-Haas *et al.*, 2010; Page-Weir *et al.*, 2011).

## V. CONCLUSIÓN

Como se esperaba, en todos los estratos de chile habanero que se trataron con agua destilada (testigo) se observó presencia de huevos y ninfas de *B. cockerelli*. El rango de infestación promedio fue de 8.9 a 14.7 huevos por estrato. En todos los estratos hubo diferencias significativas (estrato superior 42%, medio 32% e inferior 26%) con respecto al porcentaje promedio de huevos/hoja/estrato. *B. cockerelli* tiene preferencia para depositar sus huevos en el estrato superior o en los nuevos brotes de la planta. Spiromesifen disminuyó la tasa de oviposición en las partes tratadas de la planta (el número promedio de huevos/hoja/estrato fue de 0.6, 1.2 y 0.8 en los estratos superior, medio e inferior, respectivamente), reflejando la poca movilidad de este insecticida en la planta. Sin embargo, independientemente del estrato tratado, se tiene un promedio de huevos inferior al correspondiente estrato no tratado del testigo. En spirotetramat, independientemente del estrato tratado, el número promedio de huevos disminuyó significativamente en todos los estratos, sin diferencia estadística entre ellos, indicando movilidad sistémica bidireccional (el número promedio de huevos/hoja/estrato fue de 0.1, 0.7 y 0.1 en el estrato superior, medio e inferior, respectivamente). Respecto al número promedio de huevos/hoja/planta, sin importar del estrato tratado, spirotetramat tuvo mayor eficacia biológica que spiromesifen. Spirotetramat es más efectivo que spiromesifen para inhibir la tasa de oviposición de *B. cockerelli*, debido a que la reduce significativamente, tanto en el estrato de follaje tratado como en los no tratados, independientemente si este último se encuentra arriba o abajo del estrato aplicado.

## VI. LITERATURA CITADA

- Abdullah, N. M. 2008. Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. Afr. J. Agric. Res. 3: 060-067.
- Brown, J. K., M. Rehman, D. Rogan, R. Martin R., and A. Idris M. 2010. First report of “*Candidatus Liberibacter psyllaurosus*” (synonym “*Ca. L. solanacearum*”) associated with “tomato veingreening” and “tomato psyllid yellows” diseases in commercial greenhouses in Arizona. Plant Dis. 94: 376-376.
- Brück, E., A. Elbert, R. Fischer, S. Krueger, J. Kuhnhold, A. Klueken M., R. Nauen, J. Niebes F., U. Reckmann, H. Schnorbach J., R. Steffens, and X. Waetermeulen. 2009. Movento® an innovative ambimobile insecticide for sucking insect pest control in agriculture: Biological profile and field performance. Crop Protec. 28: 838-844.
- Butler, C., and J. T. Trumble. 2012. The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life story, relationship to plant diseases, and management strategies. Terrestrial Arthropod Rev. 5: 87-111.
- Elizondo, S. A., y M. Murguido A. 2010. Spirotetramat, nuevo insecticida para el control de insectos chupadores en el cultivo de papa. Fitosanidad 14: 229-234.

- Garzón-Tiznado, A., G. Cárdenas-Valenzuela, R. Bújanos-Muñiz, A. Marín-Jarillo, A. Becerra-Flora, S. Velarde-Félix, C. Reyes-Moreno, M. González-Chavira y J. Martínez-Carillo. 2009. Asociación de Hemíptera: Triozidae con la enfermedad permanente del tomate en México. *Agric. Tec. Mex.* 35: 61-72.
- Gaskin, R. E., D. Horgan B., R. van Leeuwen M. and D. Manktelow W. 2010. Adjuvant effects on the retention and uptake of spirotetramat insecticide sprays on kiwifruit. *New Zealand Plant Protec.* 63: 60-65.
- Gharalari, A. H., C. Nansen, D. Lawson S., J. Gilley, J. Munyaneza E. and K. Vaughn. 2009. Knockdown mortality, repellency and residual effects of insecticides for control of adult *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae). *J. Econ. Entomol.* 102: 1032-1038.
- Gómez, K., and A. Gómez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. John Wiley and Sons. New York. USA. 680p.
- Hassan, S. A. 1985. Standers methods to test the side effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS working group pesticides and beneficial organisms. *EPPO Bull* 15: 214-255.
- Jamieson, L. E., N. E. Page-Weir, A. Chhagan and C. Curtis. 2010. The efficacy of insecticides against Australian citrus whitefly (*Orchamoplatus citri*). *New Zealand Plant Protec.* 63: 254-261.

- Kontsedalov, S., Y. Gottlieb, I. Ishaaya, R. Nauen, R. Horowitz and M. Ghanim. 2009. Toxicity of spiromesifen to the developmental stages of *Bemisia tabaci* biotype B. *Pest Manag. Sci.* 65: 5-13.
- Liefting, L., B. Weir, S. Pennycook, and G. Clover. 2009. “*Candidatus Liberibacter solanacearum*”, associated with plants in the family Solanaceae. *Inter. J. Systematic and Evolutionary Microbiol.* 59: 2274-2276.
- Liu, D. and J. Trumble. 2006. Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato-potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on selected tomato accessions. *Bull. Entomol. Res.* 96: 197-204.
- Liu, D., and J. Trumble. 2007. Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *Entomol. Exp. Appl.* 123: 35-42.
- Lomeli-Flores, R. y R. Bueno. 2002. Nuevo registro de *Tamarixia triozae* (Burks) parasitoide del psílido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae) en México. *Folia Entomol. Mex.* 41: 375-376.
- Luna-Cruz, A., J. R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, L. D. Ortega-Arenas y A. Huerta-De la Peña. 2011. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cokerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Acta Zoológica Mexicana.* 27: 509-526.

- Munyaneza, J. E., J. A. Goolsby, J. M. Crosslin, and J. E. Upton. 2007. Further evidence that zebra chip potato disease in the lower Rio Grande Valley of Texas is associated with *Bactericera cockerelli*. *Subtrop. Plant Sci.* 59: 30-37.
- Munyaneza, J. E., J. Buchman L., J. Upton E., J. Goolsby A., J. Crosslin M., G. Bester, G. Miles P. and G. Sengoda. 2008. Impact of different potato psyllid population on zebra chip disease incidence, severity, and potato yield. *Subtrop. Plant Sci.* 60: 27-37.
- Nachappa, P., J. Levy, E. Pierson and C. Tamborindoguy. 2011. Diversity of endosymbionts in the potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), vector of zebra chip disease of potato. *Curr. Microbiol.* 62:1510-1520.
- Nauen, R., U. Reckmann, J. Thomzik and W. Thielert. 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento<sup>®</sup>) a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. *J. Bayer CropScience* 61: 245-278.
- Nauen, R. and S. Konanz. 2005. Spiromesifen as a new chemical option for resistance management in whiteflies and spider mites. *J. Bayer CropScience* 58: 485-502.
- Page-Weir, E. M., L. Jamieson E., A. Chhagan, P. Connolly G., and C. Curtis. 2011. Efficacy of Insecticides against the tomato/potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *New Zealand Plant Protec.* 64: 276-281.
- SAS (SAS Institute.) 2010. SAS<sup>®</sup> Language guide for personal computers release 9.0 edition. SAS Institute Cary N C. USA, 1028p.

- Sengoda, V. G., J. Munyaneza E., J. Crosslin M., J. Buchman L. and H. Pappu R. 2010. Phenotypic and etiological differences between psyllid yellows and zebra chip diseases of potato. *Amer. J. Potato Res.* 87: 42-49.
- SFE. 2011. Secretaría de Fomento Económico. [En línea] Disponible: <http://www.sefoe.yucatan.gob.mx/esp/oportunidades/agroindustriasMAP.php>. (Revisado el 15 de enero de 2013).
- SIAP. 2009. Chile habanero en la península de Yucatán. SAGARPA. [En línea] Disponible: [http://siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=306:chile-habanero-de-la-península-deYucatán&catid=72:infogramas&Itemid=422](http://siap.sagarpa.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=306:chile-habanero-de-la-península-deYucatán&catid=72:infogramas&Itemid=422). (Revisado 25 de enero del 2013)
- Stevenson, W.R., R. Loria, G.D. Franc, and D.P. Weingartner. 2001. Physiological disorders of tubers: Internal symptoms. In *Compendium of potato diseases* 2nd ed. Minnesota: American Phytopathol. Society. 467 p.
- Tong-Xian, L. 2004. Toxicity and efficacy of spiromesifen, a tetrionic acid insecticide, against sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on melons and collards. *Crop Protec.* 23: 505-513.
- Tong-Xian, L., Yong-Mei, Z., Li-Nian, P. Rojas, P., and J. Trumble. 2012. Risk assessment of selected insecticides on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *J. Econ. Entomol.* 105: 490-496.

- Tucuch-Haas, J. I., J. C. Rodríguez-Maciel, A. Lagunes-Tejeda, G. Silva-Aguayo, S. Aguilar-Mendel, A. Robles-Bermúdez and J. M. González-Camacho. 2010. Toxicity of spiromesifen to the developmental stage of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Neotropical Entomology* 39: 436-440.
- Vega-Gutiérrez, M. T., J. C. Rodríguez-Maciel, O. Díaz-Gómez, R. Bújanos-Muñiz, D. Mota-Sánchez, J. L. Martínez-Carillo, A. Lagunes-Tejeda and J. A. Garzón-Tiznado. 2008. Susceptibility to Insecticides in two Mexican Populations of tomato-potato psyllid. *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia* 42: 463-471.
- Xiang-Bing, Y. and L. Tong-Xian. 2009. Life History and Life Tables of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on Eggplant and Bell Pepper. *Environ. Entomol.* 36: 1661-1667.

## VII. ANEXOS

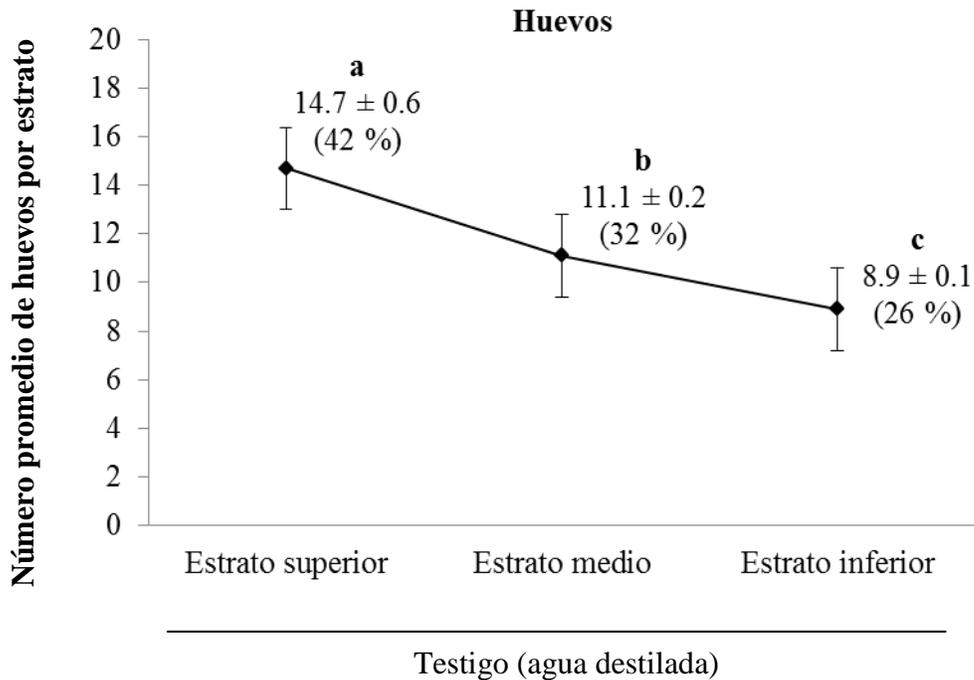


Figura 1. Promedio de huevos de *B. cockerelli* por estrato de la planta de chile habanero (*C. chinense*) del tratamiento testigo (agua destilada). El valor en porcentaje de huevos depositados se encuentra entre paréntesis. Estrato inferior de 1 a 10 cm proximales del sustrato; estrato medio de 11 a 20 cm arriba del estrato inferior y estrato superior de 21 a 30 cm distales del sustrato. Las líneas verticales indican el error estándar de la media respectiva. Las letras minúsculas indican la significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ).

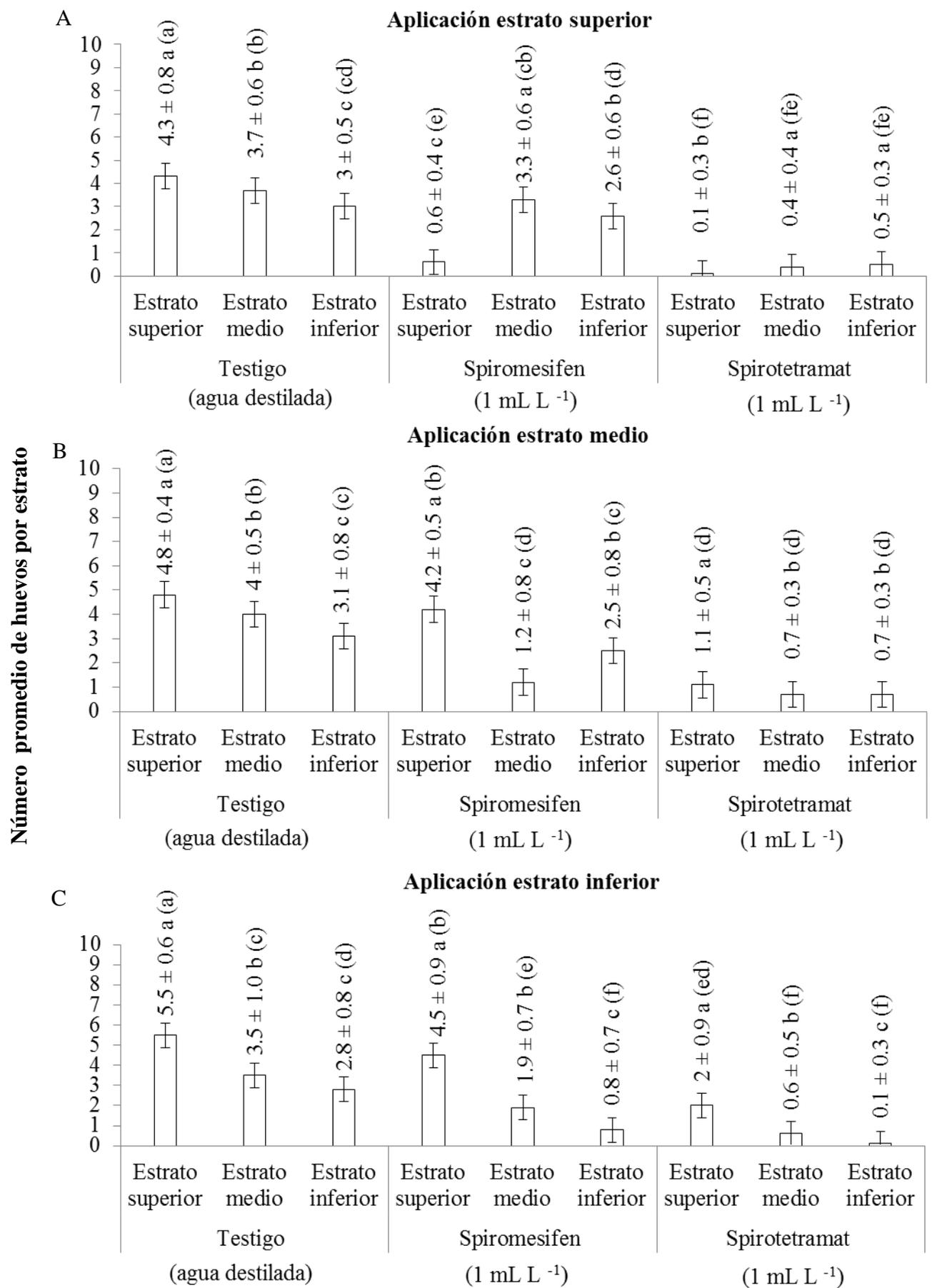


Figura 2. Promedio de huevos de *B. cockerelli* por estrato de la planta de chile habanero (*C chinense*) 7 d de haber tratado el estrato indicado. Estrato inferior de 1 a 10 cm proximales del sustrato; estrato medio de 11 a 20 cm arriba del estrato inferior y estrato superior de 21 a 30 cm distales del sustrato. Las letras minúsculas indican la significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ).

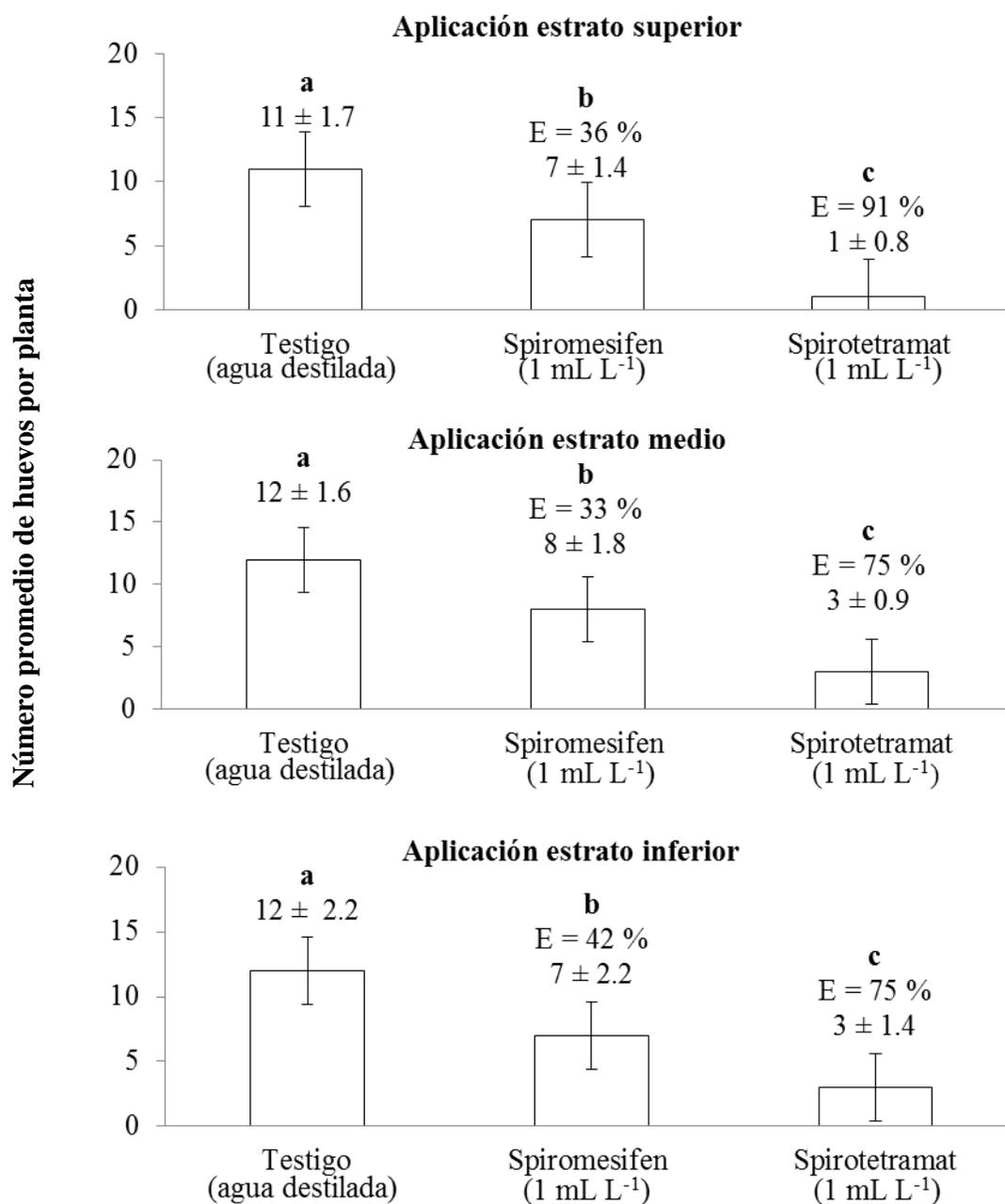


Figura 3. Promedio de huevos de *B. cockerelli* por planta y el estrato de la planta de chile habanero (*C. chinense*) aplicado. Las líneas verticales indican el error estándar de la media respectiva. E = porcentaje de control en relación al testigo sin tratar. Las letras minúsculas indican la significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ).