

**COSTOS DE ADAPTACIÓN EN CUATRO POBLACIONES DE *Bactericera*
cockerelli (Sulc) RESULTADO DE LA RESISTENCIA A INSECTICIDAS**

OMEGAR HERNÁNDEZ BAUTISTA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
PARASITOLOGIA AGRICOLA**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
PROGRAMA DE GRADUADOS
BUENAVISTA SALTILLO COAHUILA**

OCTUBRE DE 2013

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**COSTOS DE ADAPTACIÓN EN CUATRO POBLACIONES DE *Bactericera
cockerelli* (Sulc) RESULTADO DE LA RESISTENCIA A INSECTICIDAS**

TESIS

PRESENTADA POR:

OMEGAR HERNÁNDEZ BAUTISTA

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

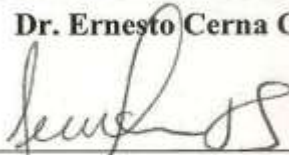
COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal



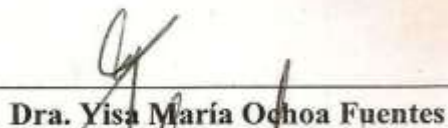
Dr. Ernesto Cerna Chávez

Asesor




Dr. Jerónimo Landeros Flores

Asesor



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes



**Dr. Fernando Ruiz Zarate
Subdirector de Postgrado**

Buenavista, Saltillo, Coahuila; México, Octubre de 2013.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por permitirme cumplir una meta más en mi vida.

Al comité de asesores:

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez, Dr. Jerónimo Landeros Flores y a la Dra. Yisa Ma. Ochoa Fuentes, por su apoyo técnico-científico brindado para la realización de esta tesis, por sus consejos, sugerencias, por su confianza y amistad.

A los de apoyo técnico:

Al Mc. Francisco Alfonso Gordillo Melgoza, por su apoyo técnico en la toma de datos de morfometría.

A la T. A. Silvia Ovalle Nava y a T. A. María Cristina Sánchez Flores, por las facilidades prestadas en trabajos de laboratorio.

Al Dr. Víctor Tello Mercado de la Universidad Arturo Prat de Chile y a la Dra. Aline de Holanda Nunes Maia - Embrapa Meio Ambiente – CNPMA, por su apoyo para el análisis estadístico de los parámetros de tablas de vida.

A Ing. Saúl Castillo A., a Ing. Eliud A. García Solís y a Ing. Wilder P. Pérez Pérez por su ayuda en los trabajos de tesis realizados.

DEDICATORIA

A mi ayuda idónea:

Sheyla García.

Te amo morenita

COMPENDIO

Costos de adaptación en cuatro poblaciones de *Bactericera cockerelli* (Sulc) resultado de la resistencia a insecticidas

POR

OMEGAR HERNANDEZ BAUTISTA

MAESTRÍA EN CIENCIAS

PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, OCTUBRE 2013

DR. ERNESTO CERNA CHÁVEZ –Asesor–

Palabras clave: *Bactericera*, resistencia, costo de resistencia, tablas de vida, morfometría

Bactericera cockerelli (Sulc.) es una especie plaga importante en varias zonas productoras de solanáceas en el mundo, dicha especie se alimenta inyectando el estilete succionando conductos del floema, provocando así dos tipos de daño, el directo el cual implica a una cierta cantidad de insectos capaces de alterar el funcionamiento normal de la planta expresándose en amarillamientos en las plantas infestadas, el daño indirecto como transmisor de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, este ultimo provoca en la papa una necrosis radial en los tubérculos conocida comúnmente como “Zebra chip”, esta enfermedad demerita la calidad y dificulta la comercialización, registrando pérdidas importantes por arriba del 70% en diferentes cultivos de solanáceas, su control esta enfocado en el manejo del vector basados principalmente en insecticidas organosinteticos empleados de manera irracional promoviendo así el desarrollo de resistencia, este fenómeno provoca cambios fenotípicos en los individuos resistentes resultado denominado costos sobre el desempeño “fitness”, en *B. cockerelli* existen registros de resistencia pero se desconocen las alteraciones provocados por los costos de adaptación, por lo que esta investigación tiene como objetivo determinar los costos de acondicionamiento mediante la diferenciación toxicológica, fisiológica y morfológica resultado de la resistencia a insecticidas en tres poblaciones de *Bactericera cockerelli* del noreste de México comparadas con una población susceptible de invernadero, Por lo que se realizaron recolectas en zonas productoras de solanáceas en el noreste mexicano (Coahuila-Nuevo León, San Luis potosí y Aguascalientes), dichas poblaciones se establecieron en invernadero y en laboratorio para la lectura de datos. Se realizaron una serie de bioensayos mediante la técnica inmersión, comparando sus CL_{50} con la finalidad de obtener su nivel de tolerancia. Los resultados indicaron que la población de Aguascalientes, San Luis Potosí y Coahuila-Nuevo león presentaron una proporción de resistencia de: 1.69, 1.26 y 0 veces

para los insecticidas abamectina, endosulfan, e imidacloprid respectivamente, para la población San Luis Potosí los valores fueron de: 10.72, 2.52 y 3.75 veces y para la población Coahuila-Nuevo León: 2.57, 3.75 y 4.22 para los mismos insecticidas respectivamente. Por otra parte, los datos de la diferenciación fisiológica respecto al tiempo de desarrollo la población SLP fue la que necesitó más tiempo para completar su estadio inmaduro con 31.75 días, seguido de AGS, CNL y REF con 27.25, 24.25 y 22.5 días respectivamente; en cuanto a la supervivencia, la población AGS presentó mayor número de supervivientes con un 13%, seguido de 10%, 9% y 6% de supervivencia para CNL, REF y SLP respectivamente; en la fecundidad y el período de pre-oviposición no se observó diferencias significativas, contrario al número de oviposiciones, en donde se registraron medias de 178, 162, 159, y 156 para SLP, AGS, CNL y REF respectivamente; por otra parte los parámetros de tabla de vida también presentaron diferencias importantes en Σm_x : 78.3, 89.3, 79.4 y 101.25, R_0 : 7.04, 5.3, 7.95 y 10.53; r_m : 0.072, 0.062, 0.081 y 0.089; T: 27.66, 30, 25.57, 26.52; TD: 9.57, 11.07, 8.51 y 7.71; λ : 1.075, 1.064, 1.08 y 1.093 para REF, SLP, CNL y AGS; por último las medidas de huevos fue de: 0.279, 0.289, 0.283, 0.269 mm y 0.114, 0.111, 0.127, y 0.138 mm de largo y ancho para REF, SLP, CNL y SLP, en los instares ninfales, para N_1 fue: 0.371, 0.318, 3.64 y 0.397 mm y 0.181, 0.179, 0.170 y 0.202 mm, en N_2 : 0.612, 0.555, 0.591 y 0.606 mm y 0.389, 0.356, 0.376 y 0.387 mm, en N_3 : 1.173, 1.152, 1.181, 1.168 mm y 0.704, 0.690, 0.717, 0.706, en N_4 : 1.663, 1.605, 1.636 y 1.677 mm y 1.150, 1.113, 1.135 y 1.140 mm, en N_5 : 1.771, 1.750, 1.765, 1.773 mm y 1.153, 1.143, 1.159, 1.157 mm para largo y ancho de las mismas poblaciones en estudio.

ABSTRACT

Fitness cost in four *Bactericera cockerelli* (Sulc.) populations, result of resistance to insecticides

BY

OMEGAR HERNANDEZ BAUTISTA

MASTER OF SCIENCE

AGRICULTURAL PARASITOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, OCTUBER 2013

DR. ERNESTO CERNA CHÁVEZ –Advisor–

Key words: *Bactericera*, resistance, fitness cost, life history, morfometry

Bactericera cockerelli is a mayor pest in several solanaceous crops in the world, this specie feed by the injecting the stiletto sucking phloem conduits, causing two types of damage, direct damage entails a certain amount of insects capable to disrupt the normal functioning of the infected plants expressed in yellowing, and the indirect damage as transmitter of Candidatus Liberibacter solanacearum. this agent causing in potato a radial necrosis on tubers commonly known as Zebra chip, this disease demerits quality and difficult to market, causing significant losses above 70% in different solanaceous crops, the control is focused on vector management mainly based on insecticides organosynthetic irratically employees thus promoting the development of resistance, This phenomenon causes phenotypic changes in the resistant organisms called fitnees cost, *B. cockerelli* has been reported resistance, but unknown disturbances caused by the costs of adaptation, because the objective of this investigation is determinate the fitness cost by differentiation toxicological, physiological and morphological result of resistance to insecticides in three populations of *Bactericera cockerelli* from northeastern Mexico compared with a susceptible population from greenhouse, so different populations were collected in solanaceous crops regions from Mexican northern (Coahuila-Nuevo Leon, San Luis Potosí and Aguascalientes) were established in greenhouse an laboratory to take data. Bioassay were performed using the leaf-dip technique, comparing LC₅₀ to obtain their tolerance ratio, The results indicate that the population from Aguascalientes, San Luis Potosi and Coahuila-Nuevo León had a resistance ratio of 1.69, 1.26 and 0 times for insecticides abamectin, endosulfan, and imidacloprid, respectively, for San Luis Potosi population values were of: 10.72, 2.52 and 3.75 times and the population Coahuila-Nuevo León: 2.57, 3.75 and 4.22 respectively for the same insecticides. On the other hand, the physiological differentiation respect to development time SLP population was that needed more time to

complete immature stage with 31.75 days, followed by AGS, CNL and REF with 27.25, 24.25 and 22.5 days, respectively. In terms of survival, the AGS population had a higher number of survivors with 13%, followed by 10%, 9% and 6% survival for CNL, REF and SLP populations respectively. On fertility and pre-oviposition period no significant difference, different to the number of egg masses, where averages were 178, 162, 159, and 156 for SLP, AGS, CNL and REF respectively; moreover, in the life table parameters also showed significant differences in Σm_x : 78.3, 89.3, 79.4 and 101.25, R_o : 7.04, 5.3, 7.95 and 10.53, r_m : 0.072, 0.062, 0.081 and 0.089, T: 27.66, 30, 25.57, 26.52, TD: 9.57, 11.07, 8.51 and 7.71, λ : 1.075, 1.064, 1.08 and 1.093 for REF, SLP, CNL and AGS; lastly the means of eggs measures were: 0.279, 0.289, 0.283, 0.269 mm and 0.114, 0.111, 0.127, y 0.138 mm in length and width for REF, SLP, CNL and AGS, in nymphal instars to N_1 was: 0.371, 0.318, 3.64 and 0.397 mm and 0.181, 0.179, 0.170 and 0.202 mm, in N_2 : 0.612, 0.555, 0.591 and 0.606 mm and 0.389, 0.356, 0.376 and 0.387 mm in N_3 : 1,173, 1,152, 1,181, 1,168 mm and 0.704, 0.690, 0.717, 0.706, in N_4 : 1,663, 1,605, 1,636 and 1,677 mm and 1,150, 1,113, 1,135 and 1,140 mm in N_5 : 1,771, 1,750, 1,765, 1,773 mm and 1.153, 1.143, 1.159, 1.157 mm for length and width of the same populations.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | PÁGINA |
|--|---------------|
| ÍNDICE DE CUADROS..... | xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xiv |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc.)..... | 3 |
| Distribución..... | 3 |
| Ubicación taxonómica..... | 4 |
| Descripción morfológica..... | 4 |
| Biología y hábitos..... | 5 |
| Alternativas de control..... | 6 |
| Resistencia..... | 7 |
| Costos de resistencia..... | 8 |
| ARTÍCULO CIENTIFICO I | |
| Cuantificación de enzimas asociadas a la resistencia de insecticidas en <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc) de la zona papera de Coahuila y Nuevo León, México..... | 10 |
| ARTÍCULO CIENTIFICO II | |
| Insecticide resistance ratio of three populations of <i>Bactericera cockerelli</i> (SULC) (HEMIPTERA:TRIOZIDAE) from regions of Northern Mexico..... | 26 |
| ARTÍCULO CIENTIFICO III | |
| Tablas de vida y morfometría de <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc) Hemiptera: Triozidae) de cuatro poblaciones del noreste de México..... | 44 |
| CONCLUSIONES GENERALES..... | 60 |
| LITERATURA CITADA..... | 62 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | PÁGINA |
|----------------|---|
| Tabla 1 | Coordenadas de los 20 sitios de colecta en la región papera..... 13 |
| Tabla 2 | Niveles enzimáticos de β -esterasas y frecuencias de resistencia en poblaciones de <i>B. cockerelli</i> , en la zona papera de Coahuila y Nuevo León..... 16 |
| Tabla 3 | Niveles enzimáticos de oxidasas y frecuencias de resistencia en poblaciones de <i>Bactericera cockerelli</i> , en la zona papera de Coahuila y Nuevo León..... 18 |
| Tabla 4 | Niveles enzimáticos de glutatión-s-transferasas y frecuencias de resistencia en poblaciones de <i>Bactericera cockerelli</i> , en la zona papera de Coahuila y Nuevo León..... 19 |
| Tabla 5 | Niveles enzimáticos de acetilcolinesterasa y frecuencias de resistencia en poblaciones de <i>Bactericera cockerelli</i> , en la zona papera de Coahuila y Nuevo León..... 20 |
| Table 1 | Lethal concentration and confidence belts of three insecticides applied in <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc.) susceptible line..... 40 |
| Table 2 | Mean lethal concentrations, confidence belts and abamectin resistance ratio in three populations of <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc.)..... 41 |
| Table 3 | Mean lethal concentrations, confidence belts and Endosulfan resistance ratio in three populations of <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc.)..... 42 |

| | | |
|-----------------|---|----|
| Table 4 | Mean lethal concentrations, confidence belts of Imidacloprid in three populations of <i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc.)..... | 43 |
| Tabla 1 | Tiempo de desarrollo de estadios inmaduros de cuatro poblaciones <i>B. cockerelli</i> | 47 |
| Tabla 2 | Supervivencia de estadios inmaduros de <i>B. cockerelli</i> , bajo condiciones de laboratorio a 25 + 2°C, 65 + 5% de H.R., y 14:10 h L:O..... | 49 |
| Tabla 3 | Parámetros reproductivos de hembras de <i>B. cockerelli</i> , bajo condiciones de laboratorio a 25 + 2°C, 65 + 5% de H.R., y 14:10 h L:O..... | 50 |
| Tabla 4 | Parámetros de tabla de vida de cuatro poblaciones <i>B. cockerelli</i> bajo condiciones de laboratorio a 25 + 2°C, 65 + 5% de H.R., y 14:10 h L:O.. | 52 |
| Tabla 5 | Morfométria de largo de huevo y ninfas de cuatro poblaciones <i>B. cockerelli</i> bajo condiciones de laboratorio a 25 + 2°C, 65 + 5% de H.R., y 14:10 h L:O. sobre pimiento..... | 53 |
| Tabla 6 | Morfométria de ancho de huevo y ninfas de cuatro poblaciones <i>B. cockerelli</i> bajo condiciones de laboratorio a 25 + 2°C, 65 + 5% de H.R., y 14:10 h L:O. sobre pimiento..... | 54 |
| Cuadro 1 | Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y tiempo de desarrollo en cuatro poblaciones de <i>B. cockerelli</i> | 58 |
| Cuadro 2 | Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y la supervivencia en cuatro poblaciones de <i>B. cockerelli</i> | 58 |
| Cuadro 3 | Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y los parámetros reproductivos en cuatro poblaciones de <i>B. cockerelli</i> | 58 |
| Cuadro 4 | Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y parámetros poblacionales en cuatro poblaciones de <i>B. cockerelli</i> | 59 |
| Cuadro 5 | Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y largo de cuerpo de huevo e instares ninfales de <i>B. cockerelli</i> en cuatro poblaciones..... | 59 |
| Cuadro 6 | Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y ancho de cuerpo de huevo e instares ninfales de <i>B. cockerelli</i> en cuatro poblaciones..... | 59 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|-----------------|--|---------------|
| Figura 1 | Curvas de supervivencia acumulada en estadios inmaduros de <i>B. cockerelli</i> de cuatro poblaciones distintas, bajo condiciones de laboratorio a 25 + 2°C, 65 + 5% de H.R., y 14:10 H:O..... | 50 |

INTRODUCCIÓN

Bactericera cockerelli (Sulc.) (Hemiptera:Triozidae), es una plaga importante en cultivos hortícolas del mundo, en América está altamente distribuido en principales regiones productoras de solanáceas, extendiéndose de EE UU, México, Centroamérica y recientemente encontrado en Nueva Zelanda (Munyaneza *et al.*, 2007; Teulon *et al.*, 2009), esta especie pertenece a la superfamilia Psylloidea, los cuales se alimentan mediante la inyección de su estilete succionando los conductos del floema (Percy, 2003), de diferentes hospederos, preferentemente a los perteneciente a la familia de las solanáceas, de las que sobresalen: Papa (*Solanum tuberosum*), Chile (*Capsicum* spp.) y Tomate (*Solanum lycopersicum*) (Hodkinson, 2009). Al alimentarse presentan dos tipos de daño, el directo al succionar la savia cierta cantidad de insectos, provocando amarillamientos (List, 1935) y el indirecto como vector y transmisor de organismos tipo bacteria denominado *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Liefert *et al.*, 2009); este agente causal provoca en papa necrosis radial en los tubérculos nombrando a la enfermedad “Zebra chip” ZC (Munyaneza *et al.*, 2007), cuya sintomatología demerita la calidad, reduce la producción y dificulta su comercialización, provocando pérdidas considerables en diferentes zonas paperas, en

donde *B. cockerelli* es el insecto más común y abundante con los cultivos infectados (Cadena *et al.*, 2003).

su control se basa principalmente en disminuir las elevadas poblaciones de *B. cockerelli* para el cual existen diferentes métodos, siendo el control químico una herramienta útil (Liu y Trumble, 2007), el uso repetido de plaguicidas por lo general inducen a que una población adquiera resistencia (Lagunes y Villanueva 1994) resultado de la expresión de fenotipos tolerantes en respuesta a la presión de selección ejercida al contaminar el ambiente (Muggleton, 1983), en regiones paperas del país los productores realizan un elevado número de aplicaciones (Almeyda *et al.*, 2008), por lo que se ha confirmado el desarrollo de resistencia a los insecticidas empleados para su manejo (Vega *et al.*, 2008).

La resistencia se obtiene por la acción de uno o pocos genes con efectos principales (Ffrench-Constant, 1994), la expresión de estos genes pueden alterar la aptitud de los individuos resistentes mediante costos de acondicionamiento (Carriere *et al.*, 1994; McKenzie *et al.*, 1994), por lo que puede colocar a estos individuos en desventaja biológica en ausencia de insecticidas, pudiendo así detener y alentar el desarrollo de la resistencia (Roush y McKenzie, 1987; Coustau *et al.*, 2000), Los costos sobre el desempeño son difíciles de cuantificar, pero son una consideración importante en la elección de las estrategias de control de plagas (Comins, 1977), en *Bactericera cockerelli* se desconocen los costos de adaptación dados por la resistencia a insecticidas, por lo que esta investigación tiene como objetivo: determinar los costos de acondicionamientos involucrados en los cambios en su morfometría y fisiología resultado de la resistencia a insecticidas.

REVISIÓN DE LITERATURA

***Bactericera cockerelli* (Sulc.)**

Descrito primeramente por T. D. Cockerell en colorado, USA., Sulc lo denomina científicamente como *Trioza cockerelli* (Richards, 1928; Sulc 1909). Posteriormente Crawford (1911) asigna a esta especie al género *Paratrioza*, actualmente se le reconoce como *Bactericera cockerelli* (Burckhardt y Lauterer, 1997), en algunas regiones productoras de solanáceas se le denomina comúnmente como pulgón saltador, salerillo o como psilido de la papa o tomate (Garzón *et al.*, 2005)

Distribución

Este insecto se encuentra en las principales zonas hortícolas del mundo, en Norteamérica (Munyanza *et al.*, 2007), Centroamérica como Guatemala y Honduras (Rojas, 2010) y en Nueva Zelanda (Teulon *et al.*, 2009). En México, Pletsch (1947) reportó su incidencia en Durango, Tamaulipas, Estado de México, Guanajuato y Michoacán sobre

cultivos de papa; posteriormente se extendió a todos los estados, encontrándose en climas cálidos como Morelos, Nayarit y Sinaloa (Garzón *et al.*, 2005).

Ubicación taxonómica

(Burckhardt y Lauterer, 1997) la asignan del género *Paratrioza* al género *Bactericera* dentro de la familia Triozidae, quedando como clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Reyno:Animal
 Phylum:Artrópoda
 Clase:Hexápoda
 Orden:Hemiptera
 Suborden:Sternorrhyncha
 Superfamilia: ...Psylloidea
 Familia:Triozidae
 Género:*Bactericera*
 Especie:*B. cockerelli*

Descripción morfológica

Los huevos de *B. cockerelli* son anaranjado-amarillentos, con corion brillante (Marín, 2004), presentan en uno de sus extremos un pedicelo corto que se adhiere a la

superficie de las hojas (Garza y Rivas, 2003); Los próximos a eclosionar, se les puede notar los ojos de las ninfas de primer instar (Becerra, 1989). Posteriormente pasan por cinco instares que son en gran parte similares en sus características morfológicas, las ninfas al eclosionar adquieren un color amarillo-verde pálido, son ovales y aplanadas dorso-ventralmente, con ojos rojos bien definidos (Lorus y Margery, 1980), presentando cambios estructurales en los instares como el aumento en el tamaño, desarrollo de las alas y la presencia de estructuras cilíndricas que contienen filamentos cerosos, los cuales forman un halo en el perímetro del cuerpo Rowe y Knowlton (1935).

En su estadio adulto, emergen con una coloración verde, posteriormente en tres días se tornan negros (Garza y Rivas, 2003), alas claras transparentes y membranosas en forma de azotea sobre el abdomen (Pletsch, 1947), alas anteriores con trifurcación en las venas: I + M + Cu. (Burckhardt y Lauterer, 1997), en la base del abdomen presenta una franja transversal blanca (Bautista, 2006), y en la parte media dorsal hay una mancha en forma de “Y” con los brazos hacia la parte terminal del abdomen (Marín, 2004).

Biología y hábitos

Cada hembra oviposita alrededor de 300 huevecillos (Wallis, 1951) hasta 1400 huevos (Liu *et al.*, 2006), preferentemente sobre la yemas apicales más jóvenes (Knowlton y Janes 1931), en zonas cálidas entre la primera a cuarta hojas verdaderas (Garzón *et al.*, 2005), con frecuencia en hilera en los bordes o distribuidos en la superficie de las hojas (Cranshaw, 2007), los huevecillos necesitan 3 a 9 días para incubar obteniendo la mayor eclosión al quinto o sexto día, de 14 a 17 días para completar los instares ninfales

(Knowlton y Janes, 1931) y de 30 a 34 días para completar un ciclo desde la copula a formación de adulto (Garza y Rivas, 2003; Abdullah, 2008), las hembras pueden vivir tres veces mas tiempo que los machos (Garzón *et al.*, 2005),.

Las ninfas son casi inmóviles en los tres primeros estadios y van adquiriendo movilidad (Bravo *et al.*, 2006), los adultos son los responsables de la diseminación a corta y larga distancia, infestando cultivos vecinos (Garzón *et al.*, 2005). El umbral de temperatura para su desarrollo es de 7 a 35 °C con una óptima 27 °C (List, 1939), alcanzando así 356 U. C. por ciclo (Becerra, 1989), por arriba de los 32 °C se reduce la ovoposición y supervivencia de las ninfas y a los 37 °C son letales para ambos estadios (Pavlista, 2002).

Alternativas de control

Las prácticas culturales están basadas en la destrucción de plantas hospederas en los márgenes del cultivo y lotes adyacentes (Avilés *et al.*, 2003). Dentro de los enemigos naturales de *B. cockerelli* se incluyen hongos entomopatógenos como: *Beauveria bassiana*, *Verticilium lecanii* (Bravo y López, 2007), *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea* (lacey *et al.*, 2011); depredadores como: *Aphis lion*, *Chrysoperla* spp., *Geocoris* sp. e *Hippodamia convergens*; parasitoides de ninfas: *Metaphycus psyllidis* (Comp.) (Bujanos *et al.*, 2005), y *Tamarixia triozae* (Rojas, 2010).

Liu y Trumble (2007) señala que el principal método de control se efectúa mediante el uso de insecticidas, las ninfas más viejas se encuentran en el tercer inferior de la planta, en el envés de las hojas, por esta razón se hace más difícil el control químico (Pavlista, 2002; Garzón *et al.*, 2005). En Coahuila y San Luis Potosí, es común que se realicen doce aplicaciones de insecticidas por ciclo de cultivo (Vega *et al.*, 2008). Aunque en algunas regiones productoras de México realizan hasta 30 aplicaciones (Rubio *et al.*, 2006). Al observar poblaciones altas en lotes comerciales de papa a pesar del elevado número de aplicaciones de insecticidas Vargas (2005) señala que *B. cockerelli* es tolerante a altas dosis de plaguicidas.

Resistencia

Se define como el desarrollo de la capacidad de tolerar dosis de tóxicos que serían letales para la mayoría de los individuos de una población de la misma especie (FAO, 1957). Resultado de la selección intensiva, por lo que el insecto adquiere la aptitud de sobrevivir en un ambiente contaminado (Metcalf, 1989), dicha habilidad es hereditaria en un conjunto de individuos y los capacita fisiológica y etológicamente para bloquear la acción tóxica de un insecticida (Lagunes y Villanueva, 1994).

La resistencia puede darse por comportamiento, en especies capaces de detectar el insecticida y evitarlo descansando en áreas no tratadas (Carrillo, 1984), la resistencia morfológica está dada por mecanismo físico en la formación de estructuras cuticulares modificando las propiedades del integumento que no permiten que el tóxico penetre (Barbera, 1989). La resistencia de tipo fisiológica puede darse de forma no metabólica,

expresándose en por la insensibilidad en el sitio de acción, mayor almacenamiento y Excreción (Vais *et al.*, 1997), la metabólica involucra sistemas enzimáticos, donde los insecticidas son metabolizados y transformados en productos menos tóxicos (Lagunes y Villanueva, 1994).

Las enzimas responsables para la detoxificación en los organismos son transcritas por Esterasas, Oxidasas y Glutación S-Transferasas (GST) (Flores *et al.*, 2001), el mecanismo de resistencia más común en insectos es provocado por la actividad de esterasas detoxificativas que metabolizan (hidrolizan enlaces éster) un amplio rango de insecticidas comprendidas en familias proteicas pertenecientes a las α y β hidrolasas (Cygler *et al.*, 1993).

Costos de Resistencia

Acondicionamiento “Fitness” es la capacidad de un individuo de un determinado genotipo a sobrevivir y reproducirse en relación con individuos de la misma especie (Abbas, *et al.*, 2012), para conferir gran adaptabilidad se produce un gasto denominado costos de acondicionamiento “Fitness cost” (Gassmann *et al.*, 2009) expresándose en la reducción de la supervivencia, fecundidad (Sayyed *et al.*, 2008) baja eclosión de huevecillos, alteraciones en la tasa de desarrollo (Groeters *et al.*, 1994) peso larvario y propensión a diapausa (Carriere y Roff, 1995).

Los gastos de acondicionamiento producidos en los individuos resistentes, ponen a los organismos resistentes en desventaja biológica (Coustau *et al.*, 2000; Sayyed, y Wright. 2001), pudiendo retrasar el desarrollo de resistencia en la población en ausencia de insecticidas y en determinadas condiciones (Roush y McKenzie, 1987; Carriere, y Tabashnik, 2001); la migración de individuos susceptibles naturalmente tiende a reducirse la frecuencia de resistencia (Kuyucu y Çağlar, 2013), por lo que la propagación de un alelo recesivo se puede prevenir mediante una estrategia apropiada de manejo de resistencia (Carriere *et al.*, 2004).

Cuantificación de enzimas asociadas a la resistencia de insecticidas en *Bactericera cockerelli* (Sulc) de la zona papera de Coahuila y Nuevo León, México

Cuantification of enzymes related to resistance to insecticides in *Bactericera cockerelli* (Sulc) from potato-growing regions in Coahuila and Nuevo Leon Mexico

Ernesto Cerna-Chávez¹, Omegar Hernández-Bautista¹, Jerónimo Landeros-Flores¹

Yisa María Ochoa-Fuentes^{1*}

Resumen

En México *Bactericera cockerelli* es una plaga primaria en solanáceas, en los últimos años, se ha incrementado el uso de insecticidas para disminuir sus altas densidades, sin embargo el uso irracional de éstos genera problemas de resistencia, mediante el incremento de enzimas. En la zona papera de Coahuila y Nuevo León se desconocen los mecanismos y niveles enzimáticos involucrados en la resistencia a insecticidas por *B. cockerelli*, por lo anterior se determinaron los mecanismos enzimáticos de resistencia en 20 poblaciones de *B. cockerelli* provenientes de la región papera de Coahuila y Nuevo León. Los resultados mostraron la presencia de todas las enzimas; las β -EST y OX, fueron los grupos de enzimas con mayor presencia, por su parte, las GST y ACE, no presentaron relevancia como mecanismo detoxificativo.

Palabras clave: Resistencia, Paratrioza, esterasas, oxidasas, glutatión s-transferasa, acetilcolinesterasa.

¹Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. C.P. 25315, Tel y Fax. 844 4110226. *Autor para correspondencia: yisa8a@yahoo.com.

Abstract

In Mexico, *Bactericera cockerelli* is a main pest in solanaceous crops. In recent years, there has been an increased use of insecticides in order to reduce high densities of this pest. Irrational use of these agrochemicals has resulted in insect resistance problems, due to increased production of insecticide detoxifying enzymes esterases (EST), oxidases (OX), glutathione s-transferase (GST) and acetylcholinesterase (ACE). The mechanisms and enzyme levels involved in tolerance to insecticides of *B. cockerelli* from potato-growing regions in Coahuila and Nuevo Leon remain unknown. Therefore, the enzymatic mechanisms for resistance in 20 *B. cockerelli* populations from potato-growing regions in Northeastern Mexico were determined. The results revealed the presence of all enzymes, although β -esterases and oxidases were the groups with a greater presence. On the other hand, glutathione s-transferase and acetylcholinesterase showed little relevance as detoxifying mechanisms.

Key words: Resistance, potato psyllid, esterases, oxidases, glutathione s-transferase, and acetylcholinesterase.

Introducción

Bactericera cockerelli (Sulc) conocido como salerillo, es una plaga en cultivo de solanáceas, en Estados Unidos, América Central, Nueva Zelanda y México siendo esta primaria en la región papera de Coahuila y Nuevo León (Almeyda *et al.*, 2008). Este psilido causa un daño directo al succionar la savia de las plantas y succionar una toxina sistémica (Munyanenza, *et al.*, 2007). A demás ocasiona un daño indirecto al ser un transmisor de fitoplasmas (Garzón *et al.*, 2004). Almeida *et al* (2008) detectaron la relación de este psilido con el fitoplasma que causa la punta morada de la papa. Recientemente a este insecto se le ha relacionado como vector de la bacteria

“*Candidatus Liberibacter solanacearum*”, dicho agente se encuentra asociado con la enfermedad Zebra chip (papa rayada) (Secor *et al.*, 2009), provocando pérdidas económicas importantes (Vega *et al.*, 2008). Para el control de *B. cockerelli* se han utilizado varias alternativas como es el uso de trampas, enemigos naturales y principalmente la aplicación de productos agroquímicos de manera indiscriminada. En general los productores de este cultivo realizan de 5 a 30 aplicaciones por temporada (Rubio *et al.*, 2006). El estudio de casos de resistencia en esta especie son pocos, sin embargo Liu y Trumble (2004) reportan un incremento en la aplicación de plaguicidas para el control de esta plaga. Berry *et al.* (2009) evaluaron 13 insecticidas reportando controles inferiores al 50%. El uso irracional y elevado número de aplicaciones genera la selección de múltiples mecanismos de resistencia (Lagunes y Villanueva, 1994). Donde la resistencia de tipo fisiológico es la más importante por los sistemas enzimáticos reportados en los insectos son provocados por la actividad de esterasas detoxificativas, que hidrolizan enlaces ésteres de un amplio rango de insecticidas, comprendidas en familias proteicas pertenecientes a las α y β hidrolasas (Cygler *et al.*, 1993). Por otro lado, en insectos resistentes se muestra una sobreexpresión de los niveles de OX (Carino *et al.*, 1994) que les permite la detoxificación de xenobióticos mediante citocromo P-450 dependiente de las monooxigenasas y GST (Yang *et al.*, 2001), estos últimos presentes en la mayoría de los organismos (Hayes y Pulford, 1995). Al respecto Dávila *et al.* (2011), reportan la presencia de una elevada cantidad de enzimas esterasas y oxidasas responsables de la resistencia a productos sintéticos en la región de Arteaga, Coahuila. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue generar información sobre los mecanismos bioquímicos de resistencia en poblaciones de campo de *B. cockerelli* del Norte de México, donde estudios preliminares demuestran la presencia de oxidasas y esterasas como mecanismos de resistencia en esta especie.

Materiales y Métodos

Se realizaron muestreos, utilizando una red entomológica para la captura de *B. cockerelli* en las zonas productoras de Coahuila (Huachichil, Emiliano Zapata, el Huizache) y Nuevo León (Navidad, San Rafael, Hediondilla), así mismo se muestreó una población de invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, los adultos se recolectaron de hojas infestadas en cultivos de papa, papa mostrenca y maleza aledaña a los cultivos como: jarilla *Senecio salignus* (Kunth) y cilindrillo *Lycium berlandieri* (Dunal), las muestras se mantuvieron en refrigeración a -2° C. Presentando en total 20 poblaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas de los 20 sitios de colecta en la región papera.

| Localidad | N | O | altitud | hospedero |
|-----------|------------------|-------------------|---------|-------------|
| 1 | 25° 16' 25.89" N | 100° 47' 51.81" O | 2063 | maleza |
| 2 | 25° 16' 10.96" N | 100° 45' 48.31" O | 2029 | maleza |
| 3 | 25° 15' 29.39" N | 100° 44' 14.51" O | 1060 | maleza |
| 4 | 25° 2' 45.92" N | 100° 38' 10.08" O | 1877 | mostrenca |
| 5 | 25° 3' 20.32" N | 100° 36' 9.49" O | 1891 | mostrenca |
| 6 | 25° 4' 4.72" N | 100° 37' 45.45" O | 1887 | maleza |
| 7 | 25° 2' 9.16" N | 100° 35' 58.04" O | 1884 | mostrenca |
| 8 | 25° 5' 57.49" N | 100° 47' 2.60" O | 1960 | papa |
| 9 | 25° 2' 45.74" N | 100° 39' 53.37" O | 1881 | mostrenca |
| 10 | 24° 59' 41.35" N | 100° 41' 42.23" O | 1888 | mostrenca |
| 11 | 24° 59' 7.38" N | 100° 39' 11.58" O | 1885 | papa |
| 12 | 25° 1' 3.40" N | 100° 38' 13.05" O | 1881 | papa |
| 13 | 25° 0' 38.91" N | 100° 36' 9.26" O | 1883 | papa |
| 14 | 25° 1' 8.73" N | 100° 34' 33.41" O | 1894 | papa |
| 15 | 25° 12' 23.80" N | 100° 47' 37.16" O | 2032 | papa |
| 16 | 24° 57' 42.32" N | 100° 42' 19.73" O | 1875 | maleza |
| 17 | 24° 54' 54.94" N | 100° 43' 36.96" O | 1870 | maleza |
| 18 | 25° 12' 18.82" N | 100° 46' 32.59" O | 2011 | papa |
| 19 | 25° 1' 35.59" N | 100° 42' 16.67" O | 1833 | mostrenca |
| 20 | 25° 21' 8.35" N | 101° 1' 37.82" O | 1750 | invernadero |

Cuantificación de proteína. Se empleó la metodología descrita por Bradford (1976) modificada por Brogdon (1984), Brogdon y Barber (1987), se cuantificó la proteína de referencia Albumina sérica bovina. Se colocaron cuatro muestras en tubos eppendorf con uno, tres y siete y 10 insectos adultos con 10 repeticiones, se agregaron 100 μL de buffer KPO_4 a 0.05 M y 7.2 pH, se trituraron, se aforó a 1 mL para emplearlo como fuente de enzima. Se utilizó una microplaca de 96 pozos, en donde a cada cavidad se colocaron 20 μL de homogenato, y se agregaron 80 μL de buffer y 200 μL de colorante diluido, esto se realizó por triplicado para cada repetición. Se tomaron las lecturas de absorbancia utilizando el filtro de 630 nm y se calcularon los valores de $\mu\text{g mL}^{-1}$ de proteína comprendidos en el rango de 60 a 140 μg .

Niveles enzimáticos. Usando la metodología de Fersht (1985), se determinaron los niveles de β -EST, OX, GST y ACE, a partir de la técnica adaptada para mosquitos descrita por Brogdon *et al.* (1997), se utilizaron 200 muestras de insectos, cada una por triplicado, se tomaron las lecturas y estas se utilizaron para el análisis de resultados. Empleando el método de Brogdon y Dickinson (1983), se determinaron los niveles de β -EST, se agregaron 100 μL del homogenato y 100 μL de β -naftil acetato en cada pozo de la microplaca, se dejó incubar por 10 min, se adicionó 100 μL de Dianisidina, esto se realizó por duplicado para cada repetición de las 20 localidades, se dejaron incubar durante 2 min y fueron leídas con un filtro de 540 nm. En cuanto a las OX, se utilizó la metodología de Brogdon *et al.* (1997), se colocaron 100 μL del homogenato, se adicionaron 200 μL de 3,3',5,5'- Tetramethyl-Benzidina Dihydrochloride, y 25 μL de H_2O_2 al 3%, se dejó incubar por 5 min y se leyó usando un filtro de 620 nm. Para las GST, se utilizó el método de Brogdon y Barber (1990), se colocó 100 μL del homogenato, adicionando 100 μL de glutatión reducido y 100 μL de 1-cloro-2,4'-dinitrobenceno, se leyó a tiempo cero (T_0), se volvió a leer a los 5 min (T_5) utilizando el filtro de 340 nm, se

tomaron las diferencias de ambos tiempos para el análisis de resultados. Por último siguiendo la metodología de Brogdon (1988) se determinaron los niveles de ACE, se colocaron 100 μ L del homogenato, se agregaron 100 μ L de yoduro de acetilcolina al 3.0 mM y 100 μ L de ácido 5,5'-ditio-bis-2-nitrobenzoico, se tomó la primera lectura (T_0), se volvió a correr después de 10 min (T_{10}), utilizando el filtro de 414 nm. En cada una de las pruebas se utilizaron cavidades como controles, G10, G11, G12 como control positivo, agregando a cada uno 300 μ L de β -naftil, 300 μ L de citocromo-C, para β -EST y OX respectivamente; y H10, H11, H12 como control negativo 300 μ L de solución buffer (KPO_4), a excepción de GST, las cuales no se contemplaron controles positivos y negativos por lo que se dejaron los espacios vacíos.

Análisis de resultados. Se obtuvo la frecuencia de las muestras que superaron el umbral de resistencia de cada población, para cada enzima; para determinar este umbral se tomó a la mediana, el valor medio entre la máxima y la mínima absorbancia de cada enzima Jiménez *et al.* (2010), el porcentaje de resistencia se estimó mediante el número de medias que excedía dicho umbral y se clasificaron según Montella *et al.*, (2007) con pequeñas modificaciones, como: “inalterado” de 0-5%, “incipientemente alterado” 6-30%, “moderadamente alterado” de 31-50%, “alterado” de 51-75%, “muy alterado” por arriba del 76%, se realizó un ANVA y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), para conocer la variación en la actividad enzimática en las poblaciones.

Resultados y Discusión

Para realizar las pruebas bioquímicas se determinó el número de insectos por muestra, por lo que se determinó que 10 insectos fueron los requeridos como fuente de enzima, ya que las muestras de 1-7, presentaron valores por debajo del rango lineal, al respecto Bradford (1976) menciona que valores fuera del rango no son confiables para la cuantificación de proteína en tejidos. Para determinar los niveles enzimáticos

mencionaremos que las poblaciones en estudio, estuvieron bajo un manejo con insecticidas piretroides, neonicotinoides, fosforados y carbámicos. Para los niveles enzimáticos de β -EST, se presentaron de forma homogénea, siendo la población 3, la que reportó mayor contenido de estos, con un valor medio de 3.5061, que corresponde a una localidad de Emiliano Zapata y la menor fue la población 10, con 2.8896, situada en Navidad (Tabla 2). Las frecuencias de la resistencia mediante β -EST, también se comportaron de forma uniforme, ya que solo las poblaciones 8 y 10 registraron 90 y 70% de la población que superó el umbral, el resto alcanzaron 100%. Categorizándose a este mecanismo detoxificativo en la zona papera de Coahuila y Nuevo León como “muy alterado” de acuerdo a Montella *et al.* (2007). En estudios similares, Flores *et al.* (2006) determinaron frecuencias de resistencia de 100% en mosquitos *Aedes aegypti* (Linnaeus) relacionadas a enzimas (α y β -EST) en poblaciones que han estado expuestas a productos piretroides, así mismo Ponce *et al.* (2009) reportaron que las β -EST son el mecanismo que muestra registran los valores más altos en adultos de *Aedes albopictus* (Skuse), expuestos piretroides y organoclorados. Debido a lo anterior estas enzimas son las responsables de la resistencia, a través de la detoxificación de organofosforados y carbamatos (Pasteur y Raymond, 1996), así mismo, otros autores mencionan que su actividad también esta asociada con resistencia a piretroides (Brogdon y Barber, 1990; Flores *et al.*, 2006), tales como la bifentrina y λ -cyhalotrina (Yang *et al.* 2001).

Tabla 2. Niveles enzimáticos de β -esterasas y frecuencias de resistencia en poblaciones de *B. cockerelli*, en la zona papera de Coahuila y Nuevo León.

| Niveles enzimáticos de β -esterasas | | | | | | |
|---|----------------------|------------------|----|----------------------|------------------|---------|
| Pob. | Abs \pm S.D. * | F.R. | | Pob. | Abs \pm S.D. | F.R. |
| | | 2.744** | | | | 2.744** |
| 1 | 3.5003 \pm 0.01 a | 100 ⁵ | 11 | 3.4817 \pm 0.03 ab | 100 ⁵ | |
| 2 | 3.4916 \pm 0.03 a | 100 ⁵ | 12 | 3.3855 \pm 0.23 ab | 100 ⁵ | |
| 3 | 3.5061 \pm 0.01 a | 100 ⁵ | 13 | 3.4850 \pm 0.02 a | 100 ⁵ | |
| 4 | 3.4960 \pm 0.02 a | 100 ⁵ | 14 | 3.4875 \pm 0.02 a | 100 ⁵ | |
| 5 | 3.5057 \pm 0.01 a | 100 ⁵ | 15 | 3.4937 \pm 0.02 a | 100 ⁵ | |
| 6 | 3.4375 \pm 0.07 ab | 100 ⁵ | 16 | 3.4961 \pm 0.02 a | 100 ⁵ | |
| 7 | 3.4940 \pm 0.02 a | 100 ⁵ | 17 | 3.4840 \pm 0.01 ab | 100 ⁵ | |
| 8 | 3.3545 \pm 0.49 b | 90 ⁵ | 18 | 3.4582 \pm 0.11 ab | 100 ⁵ | |
| 9 | 3.4985 \pm 0.03 a | 100 ⁵ | 19 | 3.4922 \pm 0.01 a | 100 ⁵ | |
| 10 | 2.8896 \pm 0.03 c | 70 ⁵ | 20 | 3.4800 \pm 0.02 a | 100 ⁵ | |

*: Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$); Abs: absorbancias; S.D.: desviación estándar; F.R.: frecuencia de resistencia; ⁵: muy alterado; **: umbral de resistencia.

Para el caso de OX (Tabla 3), presentaron una frecuencia de 70.5% del total de las poblaciones que superaron el umbral, siendo el segundo mecanismo detoxificativo en la zona, Riley *et al.* (2000), reportan a las esterasas como el principal mecanismo de resistencia en poblaciones de insectos expuestos a piretroides, también involucran al sistema oxidativo, para las poblaciones 8 y 12 están categorizadas como “inalterado”; siendo la población 4 (1.2257) quien registró los más altos valores de OX, seguido de las poblaciones, 13 y 14 (3.4850 y 3.4875), con una distancia de 6.5 km entre puntos de muestreo. Los altos valores de oxidasas en estas poblaciones posiblemente se debe a las repetidas aplicaciones de abamectina en dicha San Rafael, Nuevo León, según Clark *et al.* (1994) las enzimas oxidativas son el principal mecanismo fisiológico de resistencia a la abamectina.

Tabla 3. Niveles enzimáticos de oxidasas y frecuencias de resistencia en poblaciones de *Bactericera cockerelli*, en la zona papera de Coahuila y nuevo león.

| Niveles enzimáticos de oxidasas | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|------------------|----|------------------------|------------------|---------|--|
| Pob. | Abs \pm S.D. * | F.R. | | Pob. | Abs \pm S.D. * | F.R. | |
| | | 0.445** | | | | 0.445** | |
| 1 | 0.8348 \pm 0.14 ef | 40 ³ | 11 | 0.9914 \pm 0.12 bcde | 90 ⁵ | | |
| 2 | 0.8559 \pm 0.26 de | 60 ⁴ | 12 | 0.5795 \pm 0.05 gh | 0 ¹ | | |
| 3 | 0.9783 \pm 0.13 bcde | 70 ⁴ | 13 | 1.0726 \pm 0.13 abc | 100 ⁵ | | |
| 4 | 1.2257 \pm 0.10 a | 100 ⁵ | 14 | 1.0112 \pm 0.06 abce | 100 ⁵ | | |
| 5 | 0.9180 \pm 0.14 bcde | 60 ⁴ | 15 | 0.9622 \pm 0.06 bcde | 90 ⁵ | | |
| 6 | 1.1100 \pm 0.10 ab | 100 ⁵ | 16 | 0.8820 \pm 0.10 cde | 70 ⁴ | | |
| 7 | 0.8746 \pm 0.16 cde | 50 ³ | 17 | 1.0401 \pm 0.11 abcd | 100 ⁵ | | |
| 8 | 0.4243 \pm 0.08 h | 0 ¹ | 18 | 0.9408 \pm 0.11 bcde | 80 ⁵ | | |
| 9 | 0.9898 \pm 0.12 bcde | 90 ⁵ | 19 | 1.0601 \pm 0.07 abc | 100 ⁵ | | |
| 10 | 1.1029 \pm 0.09 ab | 100 ⁵ | 20 | 0.6396 \pm 0.14 fg | 10 ² | | |

*: Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$); Abs: absorbancias; S.D.: desviación estándar; F.R.: frecuencia de resistencia; ¹: inalterado; ²: ligeramente alterado; ³: moderadamente alterado; ⁴: alterado; ⁵: muy alterado; **: umbral de resistencia.

La GST en la zona papera de Coahuila y Nuevo León, no es un factor determinante para la presencia de resistencia de *B. cockerelli*, ya que solo el 1.5% de las poblaciones superaron el umbral de resistencia (Tabla 4), en concordancia con los resultados obtenidos por Díaz *et al.* (2004) y Landeros *et al.* (2010) utilizando esta misma metodología, reportaron una baja presencia de GST en mosquitos y *Tetranychus urticae* (KOCH) respectivamente. Una de las posibles razones de encontrar bajos niveles de GST, es que estas enzimas están involucradas en la resistencia a insecticidas organofosforados (Ortelli *et al.*, 2003), sin embargo la elevada producción de β -EST, en un organismo es más afín a este grupo toxicológico (Bisset *et al.*, 2001), para este estudio se encontró un coeficiente de variación muy elevado (56.3%), indicando que dentro de cada población el contenido de GST es heterogéneo resultado de la

variabilidad de los individuos para la producción de esta enzima, probablemente se debe a la ausencia de organoclorados, ya que este sistema enzimático provee la forma más importante de resistencia metabólica en insectos a estos plaguicidas través de la dehidroclorinación (Ortelli *et al.*, 2003).

Tabla 4. Niveles enzimáticos de glutaion-s-transferasas y frecuencias de resistencia en poblaciones de *Bactericera cockerelli*, en la zona papera de Coahuila y nuevo león.

| Niveles enzimáticos de glutaion s-transferasas | | | | | |
|--|---------------------|----------------|------|---------------------|-----------------|
| Pob. | Abs ± S.D. * | F.R. | | Abs ± S.D. * | F.R. |
| | | 0.084** | Pob. | | |
| 1 | 0.0272 ± 0.01 cde | 0 ¹ | 11 | 0.0416 ± 0.01 abcd | 0 ¹ |
| 2 | 0.0188 ± 0.01 de | 0 ¹ | 12 | 0.0397 ± 0.04 abcd | 10 ² |
| 3 | 0.0151 ± 0.01 de | 0 ¹ | 13 | 0.0559 ± 0.01 ab | 0 ¹ |
| 4 | 0.0175 ± 0.01 de | 0 ¹ | 14 | 0.0568 ± 0.02 a | 10 ² |
| 5 | 0.0505 ± 0.01 abc | 0 ¹ | 15 | 0.0304 ± 0.01 abcde | 0 ¹ |
| 6 | 0.0285 ± 0.02 bcde | 0 ¹ | 16 | 0.0221 ± 0.01 de | 0 ¹ |
| 7 | 0.0253 ± 0.01 cde | 0 ¹ | 17 | 0.0558 ± 0.02 ab | 10 ² |
| 8 | 0.0235 ± 0.01 cde | 0 ¹ | 18 | 0.0280 ± 0.01 bcde | 0 ¹ |
| 9 | 0.0368 ± 0.02 abcde | 0 ¹ | 19 | 0.0217 ± 0.01 de | 0 ¹ |
| 10 | 0.0159 ± 0.01 de | 0 ¹ | 20 | 0.0111 ± 0.01 e | 0 ¹ |

*: Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$); Abs: absorbancias; S.D.: desviación estándar; F.R.: frecuencia de resistencia; ¹: inalterado; ²: ligeramente alterado; **: umbral de resistencia.

Para la ACE no presentó valores elevados por lo que podemos considerar como un mecanismo enzimático no importante en el desarrollo de resistencia de *B. cockerelli* en la región agrícola en estudio, al presentar un 33.5% como frecuencia de resistencia. Sin embargo de las 20 poblaciones, la 7, 14 y 15 clasificadas como “muy alterado” (Tabla 5), de los cuales 7 y 14 pertenecen a San Rafael, Nuevo León y la 15 corresponde a la localidad de Huachichil con una distancia promedio entre ellos de 4.5 km.

Tabla 5. Niveles enzimáticos de acetilcolinesterasa y frecuencias de resistencia en poblaciones de *Bactericera cockerelli*, en la zona papera de Coahuila y Nuevo León.

| Niveles enzimáticos de acetilcolinesterasa | | | | | | |
|--|--------------------|------------------|---------|-------------------|------------------|-------|
| Pob. | Abs ± S.D. * | F.R.% | | Pob. | Abs ± S.D. * | F.R.% |
| | | 0.850** | 0.850** | | | |
| 1 | 0.0423 ± 0.01 g | 0 ¹ | 11 | 0.4686 ± 0.09 bcd | 60 ⁴ | |
| 2 | 0.0222 ± 0.01 g | 0 ¹ | 12 | 0.5105 ± 0.01 abc | 70 ⁴ | |
| 3 | 0.0348 ± 0.01 g | 0 ¹ | 13 | 0.4499 ± 0.09 bcd | 20 ² | |
| 4 | 0.0058 ± 0.01 g | 0 ¹ | 14 | 0.5353 ± 0.01 ab | 100 ⁵ | |
| 5 | 0.4383 ± 0.03 bcde | 40 ³ | 15 | 0.5706 ± 0.07 ab | 100 ⁵ | |
| 6 | 0.3740 ± 0.08 cde | 20 ² | 16 | 0.3444 ± 0.16 def | 30 ³ | |
| 7 | 0.5656 ± 0.09 ab | 100 ⁵ | 17 | 0.2095 ± 0.11 f | 10 ² | |
| 8 | 0.6091 ± 0.19 a | 70 ⁴ | 18 | 0.0196 ± 0.01 g | 0 ¹ | |
| 9 | 0.4604 ± 0.09 bcd | 50 ⁵ | 19 | 0.0143 ± 0.01 g | 0 ¹ | |
| 10 | 0.2365 ± 0.07 ef | 0 ¹ | 20 | 0.0230 ± 0.01 g | 0 ¹ | |

*: Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$); Abs: absorbancias; S.D.: desviación estándar; F.R.: frecuencia de resistencia; ¹: inalterado; ²: ligeramente alterado; ³: moderadamente alterado; ⁴: alterado; ⁵: muy alterado; **: umbral de resistencia.

Conclusiones

En la zona papera de Coahuila y Nuevo León, las β - esterases y oxidasas, son las enzimas con mayor presencia, responsables de la resistencia en *B. cockerelli*, por su parte, glutatión s-transferasa y acetilcolinesterasa, no presentan relevancia como mecanismo detoxificativo. Por lo que se propone reducir las aplicaciones de productos organofosforados y carbamatos, así como disminuir los intervalos de aplicación para el caso de los piretroides.

Literatura citada

ALMEYDA, L. I.; SÁNCHEZ, S. J.; GARZÓN, T. J. Vectores causantes de punta morada en Coahuila y Nuevo León, México. *Agricultura técnica en México*. 32(2). 141-150. 2008.

BERRY, N.A.; WALKER, M. K.; BUTLER, R.C. Laboratory studies to determine the efficacy of selected insecticides on tomato/potato psyllid. *New Zealand Plant Protection*. 62: 145-151.2009.

BISSET, J. A.; RODRÍGUEZ, M. M.; MOLINA, D.; DÍAZ, C.; SOCA, L. A. Esterasas elevadas como mecanismo de resistencia a insecticidas organofosforados en cepas de *Aedes aegypti*. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 53(1): 37-43. 2001.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 72: 248- 254.1976.

BROGDON, W. G.; DICKINSON, M. C. A microassay system for measuring esterase activity and protein concentration in small samples and in hig-pressure liquid chromatography eluate fractions. *Analytical Biochemistry*.131:499-503. 1983.

BROGDON, W. G. Mosquito protein microassay-1, protein determinations from small portions of single-mosquito homogenates. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 79: 457-459. 1984.

BROGDON, W. G. Microassay of acetylcholinesterase activity in small portions of single mosquito homogenates. *Comparative Biochemistry and Physiology* 90: 145-150. 1988.

BROGDON, W. G.; BARBER, A. M. Microplate assay of acetylcholinesterase inhibition kinetics in single mosquitoes homogenates. *Pesticide Biochemistry and Phisiology*. 29: 252-259.1987.

BROGDON, W. G.; BARBER, A. M. Microplate assay of glutathione s-transferase activity for resistance detection in single mosquito triturates. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 96: 339-342. 1990.

BROGDON, W. G.; McALLISTER, J. C.; VULULE, J. Hemeperoxidase activity measured in single mosquitoes identifies individuals expressing an elevated oxidase for insecticide resistance. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 13: 233-237. 1997.

CARINO, F. A.; KOENER, J. F.; PLAPP, F. W.; FEYEREISEN, R. Constitutive overexpression of the cytochrome P450 gene Cyp6A1 in a house fly strain with metabolic resistance to insecticides. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 24: 411-418. 1994.

CLARK, J. M., SCOTT, J. G.; CAMPOS, F.; BLOOMQUIST, J.R. Resistance to avermectins: Extent, mechanisms and management implications. *Annual Review Entomology*. 40: 1-30. 1994.

CYGLER, M.; SCHRAG, J. D.; SUSSMAN, J. L.; HAREL, M.; SILMAN, I.; GENTRY, M. K. Relationship between sequence conservation and three-dimensional structure in a large family of esterases, lipases and related proteins. *Protein Science*. 2: 366-382. 1993.

DAVILA, M.M.D.; CERNA,CH.E.; AGUIRRE, U.L.A.; GARCIA M.O.; OCHOA F YM.; GALLEGOS, M.G.; LANDEROS, F.J. Susceptibilidad y mecanismos de resistencia a insecticidas en *Bactericera cockerelli* (sulc) en Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol 3 (6). 1145-1155.

DÍAZ C.; RODRÍGUEZ, M. M.; FRESNEDA, M.; BISSET, J. A. Determinación de la actividad glutatión-s-transferasa en cepas de *Culex quinquefasciatus* de Cuba y otros países de América Latina. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 56(2):111-116. 2004.

FERSHT, A. Measurement and magnitude of enzymatic rate constants. *In: Enzyme Structure and Mechanism*. 2 ed. New York. W. H. Freeman and Company. pp: 121-124. 1985.

FLORES, E. A.; GRAJALES, J. S.; FERNANDEZ, I. S.; PONCE, G. G.; LOAIZA, M. H. B.; LOZANO, S.; BROGDON, W. G.; BLACK IV, W. C.; BEATY, B. Mechanisms of insecticide resistance in field populations of *Aedes aegypti* (L.) from Quintana Roo, Souther Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*.22: 672-677. 2006.

GARZÓN, T. J. A.; BÚJANOS, R.; VELARDE, F. S.; MARÍN, J. A.; PARGA, V. M.; AVILÉS, M. C.; ALMEIDA, H. I. SÁNCHEZ, A. J.; MARTÍNEZ. J. L. Bactericera vector de fitoplasmas en México (p 91-114). *In: Flores, O.A y Lira R.H. (eds). Detección, diagnóstico y manejo de la enfermedad punta morada de la papa*. Parnaso. España. pp.135. 2004.

HAYES, J. D.; PULFORD. D. J. The glutathione s-transferase supergene family: regulation of GST and the contribution of the isoenzymes to cancer chemoprotection and drug resistance. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*. 30: 445-600. 1995.

JIMÉNEZ, C.R. Determinación de la tolerancia a insecticidas de diferente grupo toxicológico del psilido de la papa *Bactericera cockerelli* SULC (Hemiptera:Triozidae). Tesis de Maestría Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México.2010.

LAGUNES, T. A.; VILLANUEVA, J. A. *Toxicología y manejo de insecticidas*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, México. 264 p. 1994.

LANDEROS, J.; AIL, C.; CERNA, E.; OCHOA, Y.; GUEVARA, L.; AGUIRRE, L. Susceptibilidad y mecanismos de resistencia de *Tetranychus urticae* en rosal de invernaderos. *Revista Colombiana de Entomología* 36(1): 5-9 2010.

LIU, D.; TRUMBLE, J. T. Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 123: 35–42.2007.

MONTELLA, I. R.; MARTINS, A. J.; FERNANDEZ, V.; PEREIRA, LB.; BRAGA, I. A.; VALLE, D. Insecticide resistance mechanism of Brazilian *Aedes aegypti* populations from 2001-2004. *The American Journal of Tropical Medical and Hygiene*. 77: 467-477. 2007.

MUNYANEZA J. E.; CROSSLIN, J. M.; UPTON, J. E.. Association of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) with “Zebra Chip” a new potato disease in Southwestern United States and México. *Journal of Economic Entomology*. 100: 656-663.2007.

ORTELLI, F.; ROSSITER, L. C.; VONTAS, J.; RANSON, H.; HEMINGWAY, J. Heterologous expression of four glutathione transferase genes genetically linked to a major insecticide-resistance locus from the malaria vector *Anopheles gambiae*. *Biochemical Journal*. 373 (Pt 3): 957-63. 2003.

PASTEUR, N.; RAYMONDS, M. Insecticide resistance genes in mosquitoes: their mutations, migration and selection in field populations. *Journal of Heredity* 87: 444-449. 1996.

PONCE, G. G.; BADI, M.; MERCADO, R.; FLORES, A. E. Esterases in *Aedes albopictus* from Northeastern Mexico. *Southwestern entomologist*. 34(4): 477-484. 2009.

RILEY, D. G.; TAN, W. J.; WOLFENBARGER, D. Activities of enzymes associated with inheritance of bifenthrin resistance in the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. *Southwestern Entomologist* 25: 201-211. 2000.

RUBIO, C. O.; ALMEYDA, I. H.; IRETA, J.; SÁNCHEZ, J. A.; FERNÁNDEZ, R.; BORDON, J. T.; DIAZ, C.; GARZÓN, J. A.; ROCHA, R.; CADENA, M. Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc. en las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura Técnica en México*. 32(2): 201-211. 2006.

SECOR, G. A.; RIVERA, V. V.; ABAD, J. A.; LEE, I. M.; CLOVER, G. R.; LIEFTING, L. W.; LIU, X.; DE BOER, S.H. Association of *Candidatus Liberibacter solanacearum* with zebra chip disease of potato established by graft and psyllid transmission, electron microscopy, and PCR. *Plant Disease* 93, 574–583. 2009.

VEGA, G.; RODRÍGUEZ, M.; DÍAZ, G.; BUJANOS, M.; MOTA, S.; MARTÍNEZ, C.; LAGUNES, T.; GARZÓN, T. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (sulc) (Hemiptera: Triozidae) *Agrociencia*, Vol. 32. No. 4. Pp. 463-471. 2008.

YANG, X.; MARGOLIES, D. C.; ZHU, K. Y.; BUSCHMAN, L. L. Host plant-induced changes in detoxification enzymes and susceptibility to pesticides in the twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 94: 381-387. 2001.

1 **Insecticide resistance ratio of three populations of *Bactericera cockerelli***
2 **(SULC) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) from regions of Northern**
3 **Mexico**

4 **O. Hernández-Bautista¹, E. Cerna-Chávez², J Landeros-Flores² y Y M Ochoa-**
5 **Fuentes*²**

6 ¹Graduate Student. Master of Science in Agricultural Parasitology. Universidad
7 Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. C.P. 25315,
8 Phone/Fax. 844 4110226

9 ²Parasitology Department, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
10 Buenavista, Saltillo, Coahuila. C.P. 25315, Phone/Fax. 844 4110226

11 **Abstract**

12 **O. Hernández-Bautista, E. Cerna-Chávez, J. Landeros-Flores and Y. M. Ochoa-**
13 **Fuentes. Resistance to conventional insecticides of three populations of**
14 ***Bactericera cockerelli* (SULC) (HEMIPTOUS: TRIOZIDAE) from Northern**
15 **Mexico.** *Bactericera cockerelli* Sulc, also known as the potato psyllid, is a pest that
16 affects pepper and potato crops in Northern Mexico. It is controlled by the application
17 of insecticides, without exactly knowing the tolerance or resistance levels to these
18 pesticides. The goal of this study is to determine the resistance ratio of different
19 populations of *B. cockerelli* from northern regions of Mexico. Three populations of *B.*
20 *cockerelli* were collected from sample sites (Coahuila-Nuevo León, San Luis Potosí
21 and Aguascalientes) and compared with a laboratory susceptible line. Results
22 indicated that populations from Aguascalientes, San Luis Potosi and Coahuila-Nuevo
23 León had a resistance ratio of 1.69, 1.26 and 0 fold for the insecticides abamectin,

24 endosulfan, and imidacloprid, respectively; for the San Luis Potosí population, values
25 were: 10.72, 2.52 and 3.75 fold; and 2.57, 3.75 and 4.22 for the population of
26 Coahuila-Nuevo León. It was concluded that the populations of San Luis Potosí and
27 Coahuila-Nuevo-León presented resistance to abamectin; the other insecticides
28 showed susceptibility.

29 **Keywords:** resistance, psyllid, solanum

30 e-mails: Yisa María Ochoa Fuentes yisa8a@yahoo.com

31

32 **Introduction**

33

34 *Bactericera cockerelli* is a major pest that affects solanaceous crops endemic to North
35 and Central America and recently, it was introduced into New Zealand (Munyaneza
36 et al., 2007; Teulon *et al.*, 2009). In Mexico, it is distributed in the Northern potato
37 regions of the country (Garzón *et al.*, 2005). The damage caused by this psyllid is
38 associated with chlorosis and shortened and swollen internodes of the upper growth
39 (List, 1925). Besides, *Bactericera cockerelli* (Sulc) is an insect vector that transmits
40 “*Candidatus Liberibacter solanacearum*,” a bacterial pathogen associated with zebra
41 chip disease (Hansen *et al.*, 2008; Liefting *et al.*, 2008, 2009; Secor *et al.*, 2009). This
42 disease was first documented in Saltillo, Mexico in 1994 and first identified in Texas,
43 USA in 2000 (Munyaneza *et al.*, 2007), causing millions of dollars in losses to both
44 potato producers and processors in numerous locations (Hernández-García *et al.*,
45 2006 and Salas *et al.*, 2006). The incidence of this disease has increased substantially
46 in some productive areas of the Southern region of Coahuila and Nuevo Leon,

47 reporting yield dropping by 90% (Flores-Olivas *et al.*, 2004). Symptoms of the
48 presence of this pest can cause damage to crop plants, reducing yield, affecting
49 commercialization and making impossible to use the diseased potatoes as seeds
50 (Cadena *et al.*, 2003). The effective management of this vector insect can
51 significantly reduce the incidence of zebra chip disorder in potatoes (Xiang-Bing *et*
52 *al.*, 2010). Reducing its population is fundamental to control this psyllid (Almeyda *et*
53 *al.*, 2008). However, the most commonly control method used by producers is the
54 application of varied insecticides (Liu and Trumble, 2007), (Gharalari *et al.*, 2009). In
55 recent years, in the region of Coahuila and Nuevo Leon, producers have delivered up
56 to 30 applications (Almeyda *et al.*, 2008). However, no resistance problems for this
57 species have been documented; some studies such as those reported by Vega *et al.*
58 (2008) mentioned that *B. cockerelli* has not generated resistance to products used for
59 management, and the nonperformance reported by producers are due to poor
60 implementation and calibration of equipment. Nonetheless, the presence of
61 spontaneous outbursts, high rates of oviposition, scarcity of natural enemies and the
62 lack of information, interfere with the implementation of an integrated management
63 and the development of effective strategies. This study, therefore, aims to determine
64 the insecticide resistance ratio of different *B. cockerelli* populations from Northern
65 regions of Mexico.

66

67 **Materials and methods**

68

69 Different populations of *B. cockerelli* were collected from Solanaceae growing areas
70 where damage by this psyllid was reported, such as the pepper production area of
71 Villa de Arista, San Luis Potosi (SLP), Rincon de Romos , Aguascalientes (AGS) and
72 the potato production areas of Coahuila and Nuevo Leon (C-NL). Five population
73 samples of commercial crops in production were collected. The biological material
74 was gathered by region using planting beds of 2.5 x 1 m, covered with organza fabric.
75 For C-NL population, *B. cockerelli* remained in potato plants, whereas in SLP, it
76 remained in California Wonders bell pepper plants, and in AGS, the predators were
77 present in jalapeño pepper plants. Once the colonies with their respective biological
78 material were established, bioassays were performed using the leaf-dip technique for
79 pear psylla (*Psylla spp*), in a modified version (IRAC, 2005). To do so, leaves from
80 the middle strata were selected with 30 nymphs of third and fourth stage; these were
81 immersed for 5 s at different concentrations depending on the insecticide; the treated
82 leaves were allowed to dry on paper towels and then placed in plastic trays. The
83 selection of insecticides to be evaluated was performed by direct questions to the
84 producers as well as to the local board of the State Committee of Plant Health of each
85 locality. The insecticides evaluated were: Abamectin (Abamectin 1.8 % CE[®] 18 g of
86 i.a. L⁻¹, macrocyclic lactone), Endosulfan (Agrosulfan[®] 35 CE. 350 g of i.a. L⁻¹,
87 chloride) and Imidacloprid (Picador 70 PH[®] 350 gr of i.a. L⁻¹, neonicotinoid). To
88 determine LC₅₀, different concentrations were prepared using distilled water and
89 Bionex[®] as dispersant, in a proportion 1mL: 1L of water. The concentration range
90 for tested insecticides was 0.01 to 1000 ppm. Mortality readings were carried out
91 after 24 h except for abamectin, which took place after 48 h, as it is a much slower
92 product. The criterion was to consider as dead nymph the one with appendices close

93 to the body, dehydrated or without reacting to the stimulation of the brush. Six
94 concentrations were prepared for each pesticide, each trial consisted of six replicates
95 and each replicate included an untreated control. The maximum acceptable level of
96 mortality for the control was 10% and was corrected using the Abbott's formula
97 (1925) when the control showed mortality. LC_{50} levels were determined for field
98 lines and the susceptible line. The resistance ratio was determined by dividing the
99 LC_{50} values of the field lines by LC_{50} of the susceptible line (Georghiou, 1962). The
100 data obtained were subjected to Probit analysis using the maximum likelihood
101 analysis (Finney, 1971) and SAS 9.2 for Windows.

102

103 **Results and discussion**

104

105 The susceptible line showed the lowest LC_{50} values (Table 1) for abamectin and
106 endosulfan, 0.06, 55.546, respectively; however for imidacloprid in AGS population,
107 the value was 8.7648, Vega *et al.* (2008). Cerna *et al.* (2010) reported very similar
108 LC_{50} in susceptible lines free of selection pressure, so the susceptible colony can be
109 used as reference population for susceptibility studies. The median lethal
110 concentrations of abamectin in the populations of AGS, SLP and C -NL were:
111 0.11685, 0.74147 and 0.16786 respectively, with a resistance ratio, according to
112 Georghiou (1962), of 1.69X, 10.72X and 2.57X, respectively (Table 2). Cerna *et al.*
113 (2010) reported for Huachichil, Coahuila and San Rafael, Nuevo Leon, LC_{50} values
114 between 0.02 to 0.29, respectively; these values being both, lower and higher than our
115 results, might be due to the facts that the adult collections took place at different

116 locations of the potato production area, including Coahuila and Nuevo Leon; and
117 were then placed into a seedbed for reproduction purpose; therefore, the population
118 was established as a cross between both locations, Gutierrez *et al.* (2007),
119 proliferating its genetic heterogeneity regarding susceptibility over generations. Vega
120 *et al.* (2008) reported a LC_{50} value of 0.4 for an Arteaga- Galeana population, a
121 resistance ratio of 4.2X regarding this value and 16.78X regarding its susceptible line
122 are then observed, implying that resistance problems can be considered in this area
123 taking into account the increases in LC_{50} . This perception of unsatisfactory results in
124 Coahuila and Nuevo Leon made producers to deliver 30 applications of insecticides
125 (Almeyda *et al.*, 2008). Besides the indiscriminate use of this product, Vega *et al.*
126 (2008) described that the lack of control might be due to factors such as low spray
127 coverage, poor calibration and out of order equipment, as previous studies reported
128 that in controlled conditions, abamectin, eliminated 95% of the of *B. cockerelli*
129 nymphs after 48 hours from application, regardless of the number of treated
130 individuals, (Maya *et al.*, 2003). These reasons also involve the case of the San Luis
131 de Potosi population, which is considered to be resistant to this insecticide, presenting
132 a ratio of 10.72X. Previously, Bujanos and Marin (2007) reported a LC_{50} value of
133 0.03 ppm in populations from San Luis Potosi, while direct sources mentioned the
134 abuse of this insecticide in the pepper area of Villa de Arista, SLP, and resistance
135 stability was observed in AGS. For endosulfan, median lethal concentrations were:
136 69.86, 140.77 and 208.68 in AGS, SLP and CNL populations, and resistance ratios
137 were 1.26, 2.53 and 3.76, respectively (Table 3). The tolerance to this product
138 remained stable in the three populations; these values are lower than those reported
139 by Cerna *et al.* (2010), who reported a LC_{50} value of 732.62 ppm. These results

140 compared with our susceptible line, showed a resistance value of 13.178X, so there is
141 a reduction in resistance ratio, probably due to the low frequency of this chlorinated
142 product. LC₅₀ values for imidacloprid were 8.76, 22.86 and 47.42 ppm for the three
143 populations, AGS, SLP and CNL. Particularly in the case of this insecticide, AGS
144 population showed a lower LC₅₀ value compared to the susceptible line. These results
145 were the line of reference for the estimation of the resistance ratio, which were 1,
146 2.61 and 5.42 for the remaining populations, respectively (Table 4). In both
147 populations, tolerance stability to this insecticide is observed, contrary to results
148 reported by Cerna *et al.* (2010), who described a ratio of 29.3X for a population of
149 Nuevo Leon; this is due to the imidacloprid tendency to reduce levels of tolerance. In
150 the three populations, studies were carried out after three generations (F3) and after
151 collection. In studies regarding *Bemisia tabaci* B biotype, Gutierrez *et al.* (2007)
152 reported a reduction in the resistance to insecticides within the same toxicological
153 group (neonicotinoids) over generations, from 4.8X to 1.4X, from F3 to F6
154 respectively, and from 4.2X to 2.9X for the thiamethoxam group. This is probably
155 due to the fact that the AGS population presented lower LC₅₀, and also, that there was
156 not selection pressure as a result of the use of this product. Consequently, the
157 resistance ratio has not increased significantly in the SLP population, since in such
158 pepper areas, the neonicotinoid use is essential for whitefly control in tomato and
159 pepper crops. Gorman *et al.* (2007) mentioned a resistance ratio of 159 fold in
160 *Trialeurodes vaporariorum*, but still they are indispensable and required to combat
161 these Hemiptera insects.

162

163 **Conclusion**

164

165 The population of San Luis Potosi and Coahuila-Nuevo-Leon presented resistance to
166 abamectin insecticide; the rest of the insecticides presented susceptibility.

167

168

Resumen

O. Hernández-Bautista, E. Cerna Chávez, J. Landeros-Flores y Y. M. Ochoa-Fuentes. Proporción de Resistencia de Tres Poblaciones de *Bactericera cockerelli* (SULC) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) del Norte de México a Insecticidas Convencionales. El pulgón saltador, *Bactericera cockerelli* Sulc, es una plaga importante afectando las regiones paperas y productoras de chile del Norte de México por los daños directos e indirectos que ocasiona. Su control está basado en la aplicación de insecticidas, sin tener conocimiento de la tolerancia o resistencia para el manejo eficiente de esta plaga. Por lo que, esta investigación tiene como objetivo determinar la proporción de resistencia de diferentes poblaciones *B. cockerelli* provenientes de regiones productoras del Norte de México. Se recolectaron tres poblaciones de campo de *B. cockerelli* (Coahuila-Nuevo León, San Luis Potosí, y Aguascalientes) y se compararon con una línea susceptible de laboratorio. Los resultados indicaron que la población de Aguascalientes, San Luis Potosí y Coahuila-Nuevo León presentaron una proporción de resistencia de: 1.69, 1.26 y 0 veces para los insecticidas abamectina, endosulfan, e imidacloprid respectivamente, para la población San Luis Potosí los valores fueron de: 10.72, 2.52 y 3.75 veces y para la población Coahuila-Nuevo León: 2.57, 3.75 y 4.22 para los mismos insecticidas respectivamente. Por lo que se concluye que la población de San Luis potosí, presentó problemas de resistencia al insecticida abamectina, al igual que la de Coahuila-Nuevo-León; el resto de los insecticidas mostraron susceptibilidad.

Palabras clave: Resistencia, pulgón saltador, solanáceas

Literature cited

Abbott, W. S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*. 18: 265-267.

Almeyda, L. I. H., S. J. A. Sánchez, y T. J. A. Garzón. 2008. Vectores causantes de punta morada en Coahuila y Nuevo León, México. *Agricultura técnica en México*. Abril-Junio. Año/vol. 32. Numero 02. Texcoco, México. Pp 141-150.

Bujanos, R, y A. Marín. 2007. *Manejo racional de insecticidas para el control químico del pulgón saltador *Bactericera (=Paratrioza) cockerelli (Sulc)* en México*. Memorias del Simposio Punta Morada de la Papa. XXIV Semana Internacional del Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Cadena, H. M. A., P. R. Guzmán, M. Díaz, T.E. Zavala, L.H. Almeyda, H.D. A.P. López, Rivera, y C.O. Rubio. 2003. Distribución, incidencia y severidad del pardeamiento y la brotación anormal en los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Valles altos y sierras de los estados de México, Tlaxcala y el Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21: 248-258.

Cerna, C. E., U. L. Aguirre, D.M. Flores, A.L. Guervara, J Landeros, and Y.M. Ochoa. 2010. Susceptibility of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptous:Triozidae) to insecticides in the State of Nuevo Leon, Mexico. *Resistant Pest Management Newsletter*. Vol. 19, No. 2 (Spring 2010). pp14-16.

Finney, D. J. 1971. Probit Analysis. Cambridge at the Univ. Press. 3rd Ed. 120 p.

Flores-Olivas. A., M. G. Gallegos, and M.O. Garcia. 2004. Memorias del simposio punta morada de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonia Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico. 103 p.

Garzón, T. J. A., C. J. A. Garzón, F. S. Velarde, J. A. Marín, y V. O. G. Cárdenas 2005. Ensayos de transmisión del fitoplasma asociado al “Permanente del tomate” por el psílido *Bactericera cockerelli* Sulc., en México. Entomología Mexicana. (4). México. p.: 672-675.

Georghiou, G. P. 1962. Carbamate insecticides: Toxication synergized carbamates against twelve resistant strain of the house fly. Journal of Economic Entomology. 55: 768-769.

Gorman, K., G. Devine, J. Bennison, P. Coussons, N. Punchard, and I. Delhom. 2007. Report of resistance to the neonicotinoid insecticide imidacloprid in *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). Pest Management Science. 63: 555-558.

Gutiérrez, O. M., J. C. Rodríguez, C. Llanderal, A. P. Terán, A. Lagunes y O. Díaz. 2007. Estabilidad de la resistencia a neonicotinoides en *Bemisia tabaci* (Gennadius), Biotipo B de San Luis Potosí, México. Agrociencia. 41: 913-920.

Hansen, A. K., J.T. Trumble, T. Stouthamer, and T.D. Paine. 2008. A new huanglongbing species, “*Candidatus Liberibacter psyllaurosus*”, found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* Sulc. *Applied Environmental Microbiology* 74(18):5862-5865.

Hernández-García, V., A. Sánchez-Arizpe, G. A. Frías-Treviño, y E. Padrón-Corral. 2006. Factores abióticos y su relación con el síndrome de punta morada de la papa, p. C-17. *In Memoria de XXII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa*, 30 Julio - 4 Agosto 2006 ALAP, Toluca, México.

IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). 2005. *Susceptibility Test Methods Series: Method 2 “Psylla spp. In: www.iraconline. org/documents/method2.pdf*

Liefting, L. W., Z.C. Perez-Egusquiza, G.R.G. Clover, J.A.D. Anderson. 2008. A new ‘*Candidatus Liberibacter*’ species in *Solanum tuberosum* in New Zealand. *Plant Disease* 92(10): 1474.

Liefting, L.W., P.W. Sutherland, L.I. Ward, K.L. Paice, B.S. Weir, G.R.G. Clover. 2009. A new ‘*Candidatus Liberibacter*’ species associated with diseases of solanaceous crops. *Plant Disease*. 93, 208–214.

List, G. M. 1925. The tomato psyllid, *Paratrioza cockerelli* Sulc. *Colo. State Entomol. Circ.* 47.

Liu, D., y J.T Trumble. 2007. Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 123: 35-42.

Marín J. A., M.R. Bujanos, y S.F. Delgadillo. 2009. Psiloideos y cicadélidos en el cultivo de la papa en el Bajío, Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*, Vol. 35, Núm. 1, enero-marzo, 2009. Pp. 117-123

Maya, H., V. Ramírez, J. R. Cortés, R. Vega, y J. G. Moreno. 2003. Manejo integrado del pulgón saltador en jitomate en el estado de San Luís Potosí. Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Palma de la Cruz, Instituto nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias. Folleto Técnico No. 22. México. 16 p.

Munyanza, J.E., y J. Crosslin, J.E. Upton. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with ‘Zebra Chip’, a new potato disease in Southwestern United States and Mexico. *Journal of Economic Entomology* 100, 656–663.

Salas, M. M. A., O.A. Flores, A.A. Sánchez, M.O. García, L.I.H. Almeyda, y T.J.A. Garzón. 2006 Eficiencia de insectos vectores en la transmisión de fitoplasmas de la punta morada de la papa. *In: Memorias de XXII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa*. Toluca, Estado de México.

Secor, G.A., V.V. Rivera, J.A. Abad, I.M. Lee, G.R.G Clover, L.W. Liefting, X. Li, S.H. De Boer. 2009. Association of *Candidatus Liberibacter solanacearum* with zebra chip

disease of potato established by graft and psyllid transmission, electron microscopy, and PCR. *Plant Disease* 93, 574–583.

Teulon, D.A.J., P.J. Workman, K.L. Thomas, y M.C. Nielsen. 2009. *Bactericera cockerelli*: incursion, dispersal and current distribution on vegetable crops in New Zealand. *New Zealand Plant Protection* 62, 136–144.

Segonda, V. G., J.E. Munyaneza, J.M. Crosslin, J.L. Buchman, and H.R. Rappu. 2010. Phenotypic and Etiological differences between psyllid yellows and zebra chip disease of potato. *American Journal of Potato Research*. 87: 41-49.

Vega, G. M. T., J. C. Rodríguez, O. Díaz, R. Bujanos, D. Mota, J. L. Martínez, Á. Lagunes y J. A. Garzón. 2008. susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Agrociencia*. 42: 463-471.

Xiang-Bing, Yang, Yong-Mei Zhang, Lei Hua, and Tong-Xian Liu. 2010. Life History and Life Tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) on Potato Under Laboratory and Field Conditions in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Journal of Economic Entomology*, 103(5):1729-1734.

Table 1. Lethal concentration and confidence belts of three insecticides applied in *Bactericera cockerelli* (Sulc.) susceptible line.

| Susceptible line | | | | | | |
|------------------|-----|------|------------------|---------------------|------------------|------------------|
| Plaguicides | n | g.l. | Ppm | | | |
| | | | LC ₅₀ | Fiducial limits 95% | LC ₀₅ | LC ₉₅ |
| Abamectin | 480 | 5 | 0.069 | 0.053 - 0.088 | 0.002 | 1.730 |
| Endosulfan | 480 | 5 | 55.546 | 43.693 - 68.880 | 3.310 | 932.070 |
| Imidacloprid | 480 | 5 | 11.229 | 2.364 - 26.238 | 0.570 | 220.897 |

n: Number of nymphs of third-fourth stage of *B. cockerelli*, d.f.: degrees of freedom and fiducial limits = confidence belts.

Table 2. Mean lethal concentrations, confidence belts and abamectin resistance ratio in three populations of *Bactericera cockerelli* (Sulc.).

| Abamectin | | | | | | | |
|--------------------|----------|-------------|------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| Populations | n | g.l. | Ppm | | | | X |
| | | | LC₅₀ | Fiducial limits 95% | LC₀₅ | LC₉₅ | Pop vs Ls |
| AGS | 480 | 5 | 0.11685 | 0.06060-0.20629 | 0.00549 | 2.48515 | 1.69 |
| SLP | 480 | 5 | 0.74147 | 0.55414-1.00066 | 0.01500 | 36.67271 | 10.72 |
| C-NL | 480 | 5 | 0.16786 | 0.09195-0.29088 | 0.00549 | 5.13449 | 2.57 |

n: Number of nymphs of fourth stage of *B. cockerelli*, d.f.: degrees of freedom and fiducial limits = confidence belts.

Table 3. Mean lethal concentrations, confidence belts and Endosulfan resistance ratio in three populations of *Bactericera cockerelli* (Sulc.).

| Endosulfan | | | | | | | |
|--------------------|----------|-------------|------------------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------|
| Ppm | | | | | | | X |
| Populations | n | g.l. | Fiducial Limits | | | | Pop vs Ls |
| | | | LC₅₀ | 95% | LC₀₅ | LC₉₅ | |
| AGS | 480 | 5 | 69.86105 | 43.918-102.854 | 5.23860 | 931.65461 | 1.26 |
| SLP | 480 | 5 | 140.77441 | 117.739-167.329 | 14.08991 | 1406 | 2.53 |
| C-NL | 480 | 5 | 208.67732 | 140.247-310.661 | 16.08359 | 952707 | 3.76 |

n: Number of nymphs of fourth stage of *B. cockerelli*, d.f.: degrees of freedom and fiducial limits = confidence belts.

Table 4. Mean lethal concentrations, confidence belts of Imidacloprid in three populations of *Bactericera cockerelli* (Sulc.).

| Imidacloprid | | | | | | | |
|--------------|-----|------|------------------|---------------------|------------------|------------------|------|
| Populations | n | g.l. | Ppm | | | | X |
| | | | LC ₅₀ | Fiducial limits 95% | LC ₀₅ | LC ₉₅ | |
| AGS | 480 | 5 | 8.7648 | 1.87570-19.94147 | 0.61114 | 125.70375 | 1.0 |
| SLP | 480 | 5 | 22.86530 | 1.69202-79.24765 | 1.95021 | 268.08481 | 2.61 |
| C-NL | 480 | 5 | 47.41886 | 22.24699-119.68061 | 5.12414 | 438.81464 | 5.42 |

n: Number of nymphs of fourth stage of *B. cockerelli*, d.f.: degrees of freedom and fiducial limits = confidence belts.

Tablas de Vida y Morfométrie de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) en Cuatro Poblaciones del Noreste de México

Omegar Hernández-Bautista, Ernesto Cerna-Chávez, Jerónimo Landeros-Flores, Yisa Ochoa-Fuentes.
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP
25315. Tel y Fax: 844-411-0226. omegarhbautista@gmail.com

Resumen: se ha reportado diferentes parámetros de la biología de *B. cockerelli*, los cuales están influenciados por las condiciones de manejo, hospederos y las condiciones ambientales en las que se desarrolla, por lo que este estudio tiene como objetivo determinar los parámetros poblacionales de *B. cockerelli* de tres poblaciones del noreste de México tomando como referencia una población de invernadero de Saltillo, Coah. Para ello que se realizaron colectas en zonas productoras de solanáceas en el noreste mexicano, dichas poblaciones se establecieron en invernadero y en laboratorio para la lectura de datos. Los resultados datan que en tiempo de desarrollo la población SLP, fue la que necesitó mas tiempo para completar su estadio inmaduro, con 31.75 días seguido de AGS, CNL y REF 27.25, 24.25 y 22.5 días respectivamente; respecto a la supervivencia la población AGS presentó un 13% de supervivencia, seguido de 10%, 9% y 6% para CNL, REF y SLP respectivamente; en cuanto a la fecundidad el periodo de pre-oviposición no tuvo diferencias significativas, diferente al número de oviposturas, en donde se registraron medias de 178, 162, 159, y 156 para SLP, AGS, CNL y REF respectivamente; por otra parte los parámetros de tabla de vida también presentaron diferencias importantes en Σm_x : 78.3, 89.3, 79.4 y 101.25, R_o : 7.04, 5.3, 7.95 y 10.53; r_m : 0.072, 0.062, 0.081 y 0.089; TD : 9.57, 11.07, 8.51 y 7.71; λ : 1.075, 1.064, 1.08 y 1.093 para REF, SLP, CNL y SLP respectivamente; por ultimo el tiempo generacional T , no presento diferencia estadística.

Palabras clave: Paratrioza, supervivencia, fecundidad, tablas de vida, morfométrie.

Introducción

Bactericera cockerelli (Hemiptera: Triozidae) es una plaga importante en el cultivo de solanáceas, esta altamente distribuido en Estados Unidos, México, América central y Nueva Zelanda (Garzón *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2006; Munyaneza *et al.*, 2007; Davidson *et al.*, 2008). Este insecto es considerado el principal vector y transmisor de *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Liefting *et al.*, 2009) o *Ca. L. psyllaourous* (Hansen *et al.*, 2008), los cuales están asociados con la enfermedad Zebra Chip (ZC) o papa rayada, siendo el mayor problema fitosanitario a nivel mundial en cultivos de solanaceas (Secor y Rivera-Varas 2004; Munyaneza *et al.*, 2007), en plantas de papa expuestas a este trioziido,

las pérdidas pueden ascender hasta un 93 % (Munyaneza *et al.*, 2008), mientras que en tomate las pérdidas registradas alrededor de 80 % de reducción en la producción en fresco (Liu *et al.*, 2006), además pierde su valor en la industria ya que al freírse presenta patrones de necrosis radial (Crosslin *et al.*, 2010); uno de las principales acciones para reducir la transmisión de esta bacteria, esta basado en la reducción de poblaciones mediante insecticidas sintéticos (Butler *et al.*, 2011), en campo resulta difícil ya que puede elevar su densidad pudiendo ovipositar hasta 1400 huevecillos (Liu *et al.*, 2006), además este insecto tiene hábitos migratorios, son acarreados por los vientos dominantes infestando cultivos diseminando la enfermedad a corta y larga distancia (Garzón *et al.*, 2005), este es un problema importante ya que *B. cockerelli* presenta un amplio rango de hospederos, de las cuales tienen una preferencia muy fuerte a las especies de las solanáceas (Liu y Trumble, 2006), uno de los cambios registrados al alimentarse de diferentes hospederos es su velocidad de desarrollo (Yang y Liu, 2009) a su vez las condiciones ambientales influyen en sus parámetros de fecundidad y supervivencia (Yang *et al.*, 2010), a su vez estos parámetros permiten la diferenciación de biotipos nativos de Texas y migratorios procedentes de California (Liu y Trumble, 2006 y 2007). En México existen diferentes zonas productoras de solanáceas con diferentes características climatológicas, hospederos alternos y manejo, por lo que conocer específicamente los parámetros biológicos de cada población permitirá un mejor control de *B. cockerelli* y por consiguiente de la enfermedad.

Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrollo en condiciones de invernadero y laboratorio en el Departamento de Parasitología de la Universidad Antonio Narro, la recolecta del material biológico se llevo a cabo en las principales zonas de producción de solanáceas de la región noreste, en la zona productora de Villa de Arista, San Luis Potosí (SLP), en Aguascalientes, la región de Rincón de Romos (AGS) y en al zona papera de Coahuila y Nuevo León (CNL), dichas localidades están reportadas con elevados índices de daños ocasionados por este insecto; para ello se muestrearon entre cinco a ocho localidades por

zona en cultivos, almácigos, invernaderos, plantas voluntarias y malezas reportadas como hospederos de este triozido, recolectando diferentes estadios de *Bactericera cockerelli*.

Se establecieron colonias en invernadero en camas de siembra de 2.5 x 1m mantenidas a 26 ± 3 °C, 70% de HR y 14:10 h luz, cubiertas con tela organza, una cama por cada zona por lo que las muestras fueron compuestas; la población CNL se mantuvo sobre plantas de papa variedad “Fianna”, mientras que las de SLP y AGS en chile morrón variedad “california wonder”. Se dejaron reproducirse hasta la F₃ con el fin de incrementar las poblaciones y su libre recombinación de genes de las diferentes localidades de cada zona.

Para las tablas de vida, se estableció una cohorte introduciendo en cada una de las camas, cuatro macetas con dos plantas de chile “California wonder” de 60 días de edad por maceta, se dejó ovipositar por un periodo de 24 h, pasado el tiempo se retiraron los adultos y se trasladaron a una a una habitación aclimatada en condiciones de laboratorio a 25 ± 2 °C, con 65 ± 5 % de H.R. y un fotoperiodo de 14:10 h L:O; se colocaron dentro de jaulas de 50 x 50 cm cubiertas con tela organza, con ayuda de una lupa de (10x) se contabilizaron 150 huevecillos por maceta y se seleccionaron para los conteos diarios, registrando su eclosión, y supervivencia hasta la presencia de adultos. Posteriormente una vez emergido los adultos se registró el periodo de pre-oviposición, número de oviposturas a los 14 días, para cada una de las cuatro poblaciones.

El periodo de desarrollo y supervivencia fueron analizados mediante GLM (modelos lineales generales), y las medias entre las poblaciones se compararon usando DMS (diferencia mínima significativa) con $P=0.05$; para los parámetros de las tablas de vida, se analizaron: la reproducción bruta (Σm_x), tasa intrínseca de crecimiento natural (R_m), tasa de reproducción neta (R_o), tiempo generacional (T), tiempo de duplicación (TD) y capacidad finita de crecimiento (λ), utilizando el programa SAS escrito por Maia *et al.* (2000).

Para la morfometría, se establecieron cuatro cohortes, alrededor de 500 a 600 huevecillos una para cada población, pasadas 48 hrs se tomaron las lecturas de los huevecillos, posteriormente siguiendo su tiempo de desarrollo, se tomó medidas de los instares ninfales (N_1 - N_5) 24 hrs después de la máxima eclosión, mediante una cámara digital Digi

2 1500, instalada sobre un microscopio LABOMED, las imágenes previamente calibradas, eran trasladadas a la computadora y con la ayuda del software DigiPro 4.0 se tomaban dos puntos de referencia y se median sus dimensiones de largo y ancho de 36 individuos por instar y por población, por ultimo se analizaron las medias mediante la prueba de tukey ($P=0.05$) mediante el software SAS Institute 2008.

Resultados y discusiones

Bajo las condiciones experimentales el tiempo de desarrollo de los estadios inmaduros de *Bactericera cockerelli* de diferentes poblaciones, fueron significativamente diferentes (F y P) desde la presencia de huevecillos hasta la formación de adultos (tabla 1), el tiempo de eclosión de los huevecillos y los instares intermedios variaron significativamente, la población REF que presentó menor tiempo de eclosión; en los instares ninfales del primero al cuarto instar, las poblaciones REF y CNL presentaron un desarrollo en tiempo similar, por ultimo la población SLP con el periodo de desarrollo de huevo a la formación de adulto mas largo, seguido de AGS, CNL y REF, con 31.75, 27.25, 24.25 y 22.5 días respectivamente.

Tabla 1. Tiempo de desarrollo de estadios inmaduros de cuatro poblaciones *B. cockerelli*.

| Estadio | Tiempo de desarrollo (días \pm D.E.) | | | | | F | P |
|--------------|--|------------------|------------------|------------------|-------|---------|---|
| | REF | SLP | CNL | AGS | | | |
| Huevo | 5.5 \pm 0.5b | 7.25 \pm 0.5a | 5.75 \pm 0.5b | 5.5 \pm 0.5b | 4.5 | 0.0221 | |
| Ninfa | 17 \pm 0.8d | 24.5 \pm 0.5a | 18.5 \pm 1.0c | 21.75 \pm 0.5b | 33.62 | <0.0001 | |
| 1er instar | 3.5 \pm 0.5c | 5.25 \pm 0.5a | 4.25 \pm 0.5bc | 5 \pm 0.5ab | 4.5 | 0.0221 | |
| 2do instar | 3.25 \pm 0.5b | 4.5 \pm 0.5a | 3.25 \pm 0.5b | 3.5 \pm 0.5b | 2.73 | 0.0855 | |
| 3er instar | 3.25 \pm 0.5b | 4.75 \pm 0.5a | 3 \pm 0.0b | 4.25 \pm 0.0a | 8.52 | 0.0027 | |
| 4to instar | 3.25 \pm 0.5b | 4.5 \pm 0.5a | 3 \pm 0.0b | 4 \pm 0.0a | 5.64 | 0.011 | |
| 5to instar | 3.75 \pm 0.5b | 5.5 \pm 0.5a | 5 \pm 0.0a | 5 \pm 0.0a | 10.41 | 0.0013 | |
| Huevo-Adulto | 22.5 \pm 0.5d | 31.75 \pm 0.5a | 24.25 \pm 0.5c | 27.25 \pm 0.5b | 143.9 | <0.0001 | |

Las medias en las mismas filas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P=0.05$) (prueba DMS; SAS Institute 2008).

Yang *et al.* (2010), mencionan que el desarrollo de los estadios inmaduros se desarrollan precozmente en condiciones de laboratorio, a 26.7 °C reportan un promedio de 19.6 días, por su parte Abdullah (2008) registra un ciclo completo de 34.7 \pm 2.76 días, similarmente

a nuestros estudios, ya que nuestros resultados de supervivencia están comprendidos dentro de estos rangos. Los insectos dependen de las condiciones del medio al no poder regular su temperatura, este es un factor determinante en el tiempo de desarrollo a temperaturas entre los 16 a 21 °C las poblaciones aumentan con rapidez (Knowlton y Janes, 1931), y a temperaturas superiores a los 32 °C se detiene la oviposición, eclosión de huevos y disminuye la supervivencia de ninfas, por arriba de 37 °C resultan letales tanto para huevecillos y ninfas en un transcurso de dos horas (Pavlista, 2002),

El hospedero es otro de los principales factores que alteran el tiempo de desarrollo, *B. cockerelli* presenta un amplio rango de hospederos incluyendo varias especies en 20 familias, de las cuales tienen una preferencia muy fuerte a las especies de las solanáceas (Liu y Trumble, 2006) según Yang y Liu (2009) registran diferencias significativas de este insecto al alimentarse de chile y berenjena siendo este último en donde se necesita menor tiempo para completar un ciclo completo, por lo que la elección de la variedad también debe ser importante dentro de un manejo integrado ya que Liu *et al.* (2006) reporta en dos especies de tomate diferentes “Yellow Pear” y “QualiT 21” los daños fueron irreparables, a una densidad de 40 ninfas alimentándose durante 10 días, mientras que en otra variedad con 20 ninfas con 5 días respectivamente.

En la supervivencia en huevecillos, ninfas de primer y quinto instar de las tres poblaciones y la de referencia no presentaron diferencias estadísticas (tabla 2), para el caso de huevecillos la viabilidad es uno de los factores que alteran la supervivencia de *B. cockerelli*, Yang *et al.* (2010), registran un 11.3 y 14.5 % de huevecillos no viables en condiciones de campo y laboratorio, similarmente a nuestro estudio donde encontramos entre un 1.4 y 10% de no viables. La población SLP presentó mayor mortalidad en el segundo instar al decaer la supervivencia de 85 a 27%. Las poblaciones REF y CNL mostraron una fuerte relación en el comportamiento de este parámetro en los tres últimos instares ninfales, por último fue la población AGS la que registró menor mortalidad desde huevecillo hasta la formación del adulto con un 13 % de supervivencia, diferente mente a los resultados de Yang y Liu (2009), quienes reportan una supervivencia de los estadios inmaduros de 34 % en condiciones controladas de laboratorio en el cultivo de pimiento.

Tabla 2. Supervivencia de estadios inmaduros de *B. cockerelli*, bajo condiciones de laboratorio a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de H.R., y 14:10 h L:O.

| Estadio | Supervivencia (% \pm D.E.) | | | | | |
|------------|------------------------------|---------------|---------------|----------------------------|------|--------|
| | REF | SLP | CNL | AGS | F | P |
| Huevo | 98.6 \pm 0.0a | 90 \pm 1.4a | 96 \pm 4.2a | 95 \pm 7.7 ^a | 0.45 | 0.7727 |
| 1er instar | 88.6 \pm 7.0a | 85 \pm 4.9a | 79 \pm 12a | 85 \pm 10.6 ^a | 0.42 | 0.7897 |
| 2do instar | 57.6 \pm 7.7ab | 27 \pm 2.1c | 48 \pm 4.2b | 62 \pm 2.1 ^a | 33.1 | 8 |
| 3er instar | 42.6 \pm 1.4a | 20 \pm 3.5b | 39 \pm 4.9a | 40 \pm 9.9 ^a | 11.5 | 0.0081 |
| 4to instar | 33.6 \pm 0.7a | 17 \pm 3.5b | 33 \pm 7.7a | 29 \pm 6.3ab | 5.97 | 0.0365 |
| 5to instar | 17.0 \pm 0.7a | 13 \pm 2.1a | 17 \pm 7.0a | 16 \pm 1.4 ^a | 0.96 | 0.0869 |
| Adulto | 9.0 \pm 2.1c | 06 \pm 1.4d | 10 \pm 1.4b | 13 \pm 2.8 a | 69.5 | 5 |
| | | | | | | 0.0027 |

Las medias en las mismas filas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P=0.05$) (prueba DMS; SAS Institute 2008).

Investigaciones realizadas también demuestran diferencias significativas en cuanto al número de supervivientes tal es el caso de *Solanum melongena* y *Capsicum annun* (Yang y Liu., 2009). Probablemente se deba a los mecanismos de las plantas que desarrollan resistencia a infestaciones de *B. cockerelli*, ya que investigaciones de Casteel *et al.* (2006) mencionan que la supervivencia de huevo a adulto fue mayor en las plantas que carecen del gen Mi-1.2 en comparación con las plantas que contienen el gen entre un 55.40 % y 24 % de supervivencia de huevecillo a adulto.

Similarmente a los estudios de Davis (1937) y Abdullah (2008) quienes mencionan que los altos valores de mortalidad ocurren en los primeros instares ninfales, en la figura 1, se muestra claramente la tendencia de decaimiento de cada cohorte. Liu y Trumble (2007) por su parte sugieren que la supervivencia puede ser alterada según la diferenciación genética, ya que reportan mayor supervivencia y menor tiempo de desarrollo en poblaciones nativas de Texas, en comparación con poblaciones de California, ambas poblaciones caracterizadas como dos biotipos diferentes, donde el biotipo invasor es menos susceptible a insecticidas al presentar valores de CL_{50} mayores que el biotipo nativo (Liu y Trumble, 2006).

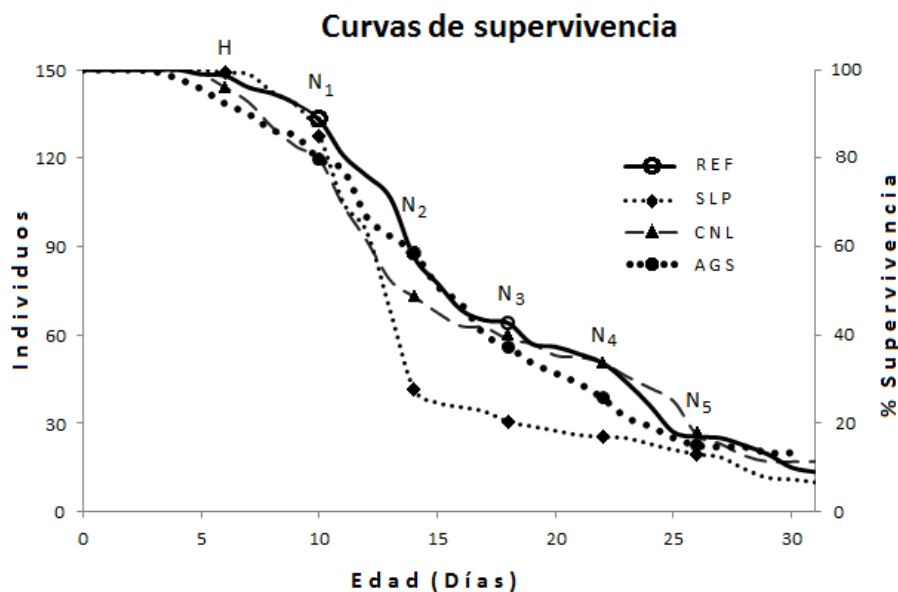


Figura 1. Curvas de supervivencia acumulada en estadios inmaduros de *B. cockerelli* de cuatro poblaciones distintas, bajo condiciones de laboratorio a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de H.R., y 14:10 h L:O.

En cuanto al periodo de pre-oviposición, las poblaciones AGS y CNL fueron las que requirieron mas tiempo pero las diferencias no fueron estadísticamente importantes (tabla 3), al igual que Yang y Liu (2009) y reportan que este periodo oscila entre los 8 y 9 días, no encontrando diferencias entre hospederos, por otra parte en la fecundidad se encontraron diferencias significativas, siendo la población SLP quien registro mayor numero de oviposturas, seguido de CNL y AGS con valores similares y por ultimo la población REF, que presento el menor numero de oviposturas.

Tabla 3. Parámetros reproductivos de hembras de *B. cockerelli*, bajo condiciones de laboratorio a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de H.R., y 14:10 h L:O.

| Parámetro | REF | SLP | CNL | AGS | F | P |
|-----------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------|--------|
| Pre-oviposición | 7.5 ± 0.57 a | 7.75 ± 0.5 a | 8.25 ± 0.95 a | 8.25 ± 0.5 a | 1.42 | 0.3049 |
| Fecundidad | 156 ± 12.2 b | 178.5 ± 14.36 a | 159 ± 11.40 ab | 162 ± 15.23 ab | 1.72 | 0.2224 |

Las medias en las mismas filas con diferente letra son estadísticamente diferentes ($P=0.05$) (prueba DMS; SAS Institute 2008).

En estudios similares las hembras de *B. cockerelli* alcanzan a poner de 196 a 267 huevos en tomate en condiciones controladas (Abdullah, 2008), fuertemente relacionados a nuestros resultados ya que en promedio las oviposturas fueron: 178.5, 162, 159, 156 para SLP, AGS, CNL y REF respectivamente. Wallis (1951) menciona que depositan alrededor de 300 huevecillos; también tienen la capacidad de elevar rápidamente sus poblaciones ovipositando hasta 1400 huevecillos por hembra (Liu *et al.*, 2006), estas diferencias en las oviposturas no están relacionadas con la resistencia de las plantas a estos triozidos, ya que Casteel *et al.* (2006) reporta mayor número de oviposturas en variedades susceptibles pero no son significativas. Comparando estos resultados con los de la tabla 2, podemos deducir que la elevada supervivencia de huevecillos (figura 1) probablemente este dado por la poca variación de la humedad relativa, ya que según Knowlton y Janes (1931) reportan que son puestos preferentemente sobre la yemas apicales mas jóvenes y según Cranshaw (1989) con frecuencia en hilera en los bordes marginales o distribuidos en la superficie de las hojas, en campo estas ubicaciones permite la rápida deshidratación de huevecillos reduciendo su viabilidad.

Los parámetros de tablas de vida están resumidos en la tabla 4, para la tasa de reproducción bruta (Σm_x) fueron: 391.25, 446.25, 397.5 y 405 para las poblaciones REF, SLP, CNL y AGS respectivamente, por su parte la tasa reproductiva neta (R_0) la población AGS fue significativamente diferente con 10.53, seguido por las poblaciones CNL y REF quienes presentan un R_0 similar con 7.95 y 7.04, por ultimo la población SLP con 5.3; mientras que para la tasa intrínseca de incremento natural (R_m) registraron diferencias importantes con: 0.089, 0.081, 0.072, 0.056 para AGS, CNL, REF y SLP respectivamente, por su parte el tiempo generacional (T) sobresale SLP con 30, seguido por REF y AGS con 26.6 y 26.2 respectivamente, por ultimo CNL con 25.57 completando un ciclo en poco tiempo, mientras que en el tiempo de duplicación (TD) fue la población AGS la que menor tiempo requiere y la población SLP que fue la que mayor tiempo necesita para duplicar su población, en cuanto a la capacidad finita de crecimiento (λ), AGS fue la población que registró mayor tasa, seguido de CNL, REF y SLP con 1.09, 1.08, 1.07 y 1.05 respectivamente.

Tabla 4. Parámetros de tabla de vida de cuatro poblaciones *B. cockerelli* bajo condiciones de laboratorio a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de H.R., y 14:10 h L:O.

| Parámetro | REF | | SLP | |
|--------------|--------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|
| | Calculo real | Estimación Jackknife (LF 95%) | Calculo real | Estimación Jackknife (LF 95%) |
| Σm_x | 391.25 | --- | 446.25 | --- |
| R_o | 7.04 | 7.0425 (6.1665-7.9185)b | 5.36 | 5.3550 (4.6693-6.0407)c |
| R_m | 0.07 | 0.0732 (0.0666-0.0781)b | 0.06 | 0.0559 (0.0557-0.0693)c |
| T (d) | 27 | 26.6667 (25.7217-28.2265)b | 26.8 | 30.00 (30.00-30.00)a |
| TD (d) | 9.58 | 9.4618 (8.7993-10.3424)b | 11.1 | 12.3791 (9.8785-12.2634)a |
| Λ | 1.08 | 1.0759 (1.0689-1.0812)b | 1.06 | 1.0575 (1.0573-1.0717)c |
| Parámetro | CNL | | AGS | |
| | Calculo real | Estimación Jackknife (LF 95%) | Calculo real | Estimación Jackknife (LF 95%) |
| Σm_x | 397.5 | --- | 405 | --- |
| R_o | 7.95 | 7.95 (7.0428-8.8571)b | 10.5 | 10.53 (8.9546-12.1054)a |
| R_m | 0.08 | 0.081 (0.0727-0.0893)ab | 0.09 | 0.0897 (0.0810-0.0984)a |
| T (d) | 25.6 | 25.5727 (24.3322-26.8132)c | 26.2 | 26.2280 (24.5858-27.8703)b |
| TD (d) | 8.55 | 8.54267 (7.6717-9.4136)bc | 7.72 | 7.7149 (6.9776-8.4524)c |
| Λ | 1.08 | 1.0844 (1.0754-1.0933)ab | 1.09 | 1.0939 (1.0844-1.1034)a |

Todos los parámetros fueron calculados usando el programa SAS escrito por Maia *et al.*, (2000), los parámetros de estimación Jackknife en la misma fila con diferente letra son estadísticamente diferentes a $P=0.05$ y sus límites Fiduciales a 95%.

En investigaciones similares se han registrado una tasa bruta de crecimiento de 68.3 en poblaciones de campo, siendo las condiciones de laboratorio las mas favorables, ya que su Σm_x incremento en 246.8 (Yang *et al.*, 2010), en comparación con nuestros resultados, estos se encuentran por encima de este rango de este rango, por lo que dichas tasas presentan un comportamiento similar, para el caso de R_o y T , en diferentes hospederos como berenjena y chile no presentaron diferencia significativa, en cuanto al tiempo de duplicación sus valores fueron muy similares a los nuestros de 6.3 a 7.8. (Yang y Liu 2009).

En la tabla 5, se presentan los resultados de las medias de longitud de huevos y ninfas, la población SLP registro mayor longitud en huevecillos con 0.2896 mm, seguido por las poblaciones CNL, REF y AGS con 0.283, 0.279 y 0.269 mm respectivamente; para el caso del primer instar las poblaciones CNL y REF presentaron medidas similares con 0.371 y 0.364 mm, de igual forma para segundo y tercer instar en donde REF, CNL y AGS estadísticamente no presentaron diferencias con 0.612, 0.591 y 0.397; 1.173, 1.181 y 1.168 mm para cada población en 2do. y 3er instar respectivamente; por ultimo, en el

quinto instar REF y AGS con 1.771 y 1.773 para cada población son estadísticamente iguales, diferentes a CNL y SLP quienes también presentaron medidas semejantes entre ellos con 1.765 y 1.750 para cada población respectivamente, en los instares ninfales del 2do. al 4to. la población SLP presentó menor longitud siendo significativamente diferente al resto de las demás poblaciones.

Tabla 5. Morfometría de largo de huevo y ninfas de cuatro poblaciones *B. cockerelli* bajo condiciones de laboratorio a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de H.R., y 14:10 h L:O. sobre pimienta.

| Estadio | Medidas de Largo (mm) \pm D. E. | | | | F | P |
|----------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------|--------|
| | REF | SLP | CNL | AGS | | |
| Huevo | 0.279 \pm 0.024ab | 0.289 \pm 0.025a | 0.283 \pm 0.017ab | 0.269 \pm 0.031b | 1.46 | 0.081 |
| N ₁ | 0.371 \pm 0.037b | 0.318 \pm 0.033c | 0.364 \pm 0.034b | 0.397 \pm 0.048a | 2.71 | <.0001 |
| N ₂ | 0.612 \pm 0.031a | 0.555 \pm 0.043b | 0.591 \pm 0.030a | 0.606 \pm 0.031a | 2.54 | 0.0002 |
| N ₃ | 1.173 \pm 0.020 ^a | 1.152 \pm 0.024b | 1.181 \pm 0.24a | 1.168 \pm 0.018a | 2.38 | 0.0006 |
| N ₄ | 1.663 \pm 0.029 ^a | 1.605 \pm 0.028c | 1.636 \pm 0.032b | 1.677 \pm 0.027a | 3.93 | <.0001 |
| N ₅ | 1.771 \pm 0.024 ^a | 1.750 \pm 0.032b | 1.765 \pm 0.044b | 1.773 \pm 0.022a | 1.53 | 0.0556 |

Las medias en las mismas filas con diferente letra son estadísticamente diferentes (P=0.05) (prueba Tukey; SAS Institute 2008).

La morfometría es una herramienta que ha demostrado ser muy efectiva para descomponer la variación resultante de la fisiología de los individuos (variación del tamaño), propia de la población y producto probablemente del componente genético (variación de la forma) (Jaramillo *et al.*, 2002); la variación morfométrica se puede utilizar para discriminar "poblaciones fenotípicas," definidas como grupos con un crecimiento, mortalidad, y tasas de reproducción similares (Cadrin, 2000) actualmente no existen reportes de la Morfometría de *B. cockerelli* y su relación con los parámetros de tablas de vida por lo que este estudio permite una mayor diferenciación y discriminación de poblaciones de la misma especie de diferentes localidades del noreste de México, ya que dentro de la investigación filogenética son muy común la discriminación de especies, basados en correlaciones morfométricas a eventos ontogenéticos (Alberch *et al.*, 1979).

Tabla 6. Morfometría de ancho de huevo y ninfas de cuatro poblaciones *B. cockerelli* bajo condiciones de laboratorio a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de H.R., y 14:10 h L:O. sobre pimienta.

| Estadio | Medidas de Ancho (mm) | | | | F | P |
|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|--------|
| | REF | SLP | CNL | AGS | | |
| Huevo | 0.114 ± 0.013b | 0.111 ± 0.010b | 0.127 ± 0.013ab | 0.138 ± 0.065a | 1.59 | 0.04 |
| N ₁ | 0.181 ± 0.050ab | 0.179 ± 0.047ab | 0.170 ± 0.32b | 0.202 ± 0.040a | 1.2 | 0.25 |
| N ₂ | 0.389 ± 0.025a | 0.356 ± 0.028a | 0.376 ± 0.025a | 0.387 ± 0.023b | 1.91 | 0.01 |
| N ₃ | 0.704 ± 0.037ab | 0.690 ± 0.041b | 0.717 ± 0.40a | 0.706 ± 0.042ab | 3.23 | <.0001 |
| N ₄ | 1.150 ± 0.029a | 1.113 ± 0.024b | 1.135 ± 0.027a | 1.140 ± 0.027a | 1.63 | 0.03 |
| N ₅ | 1.153 ± 0.024a | 1.143 ± 0.025 a | 1.159 ± 0.030 a | 1.157 ± 0.026a | 1.51 | 0.06 |

Las medias en las mismas filas con diferente letra son estadísticamente diferentes (P=0.05) (prueba Tukey; SAS Institute 2008).

Los patrones de medidas en cuanto a los estadios ninfales se comportó diferentemente a los reportados en la tabla 5, ya que en las medidas de anchura de los cuerpos para N5 no presentaron significancia estadística siendo as medidas 1.153, 1.143, 1.159 y 1.157 para REF, SLP, CNL y AGS respectivamente; por otra parte, para N2 fue la población AGS quien registro la menor longitud de ancho del cuerpo con 0.387 mm. y para la N3 la población SLP fue la de menor longitud con 0.690 mm, por lo que no se puede identificar un patrón de crecimiento definido en cuanto al desarrollo de los estadios inmaduros respecto a su longitud en lo ancho de sus cuerpos; por su parte Carvalho y Hauser (1994) mencionan que los grupos con diferencias intraespecíficas en su ciclo de vida y morfometría deben ser identificados para modelar con precisión la dinámica poblacional, la evaluación de la población y manejo, independientemente de las diferencias o similitudes genéticas; ya que en algunas especies de peces en donde se han realizado estudios en Morfometría, se ha encontrado que las diferencias fenotípicas no siempre es el resultado de la divergencia genética, y los grupos definidos por las diferencias morfológicas no pueden indicar poblaciones reproductivamente aisladas (Swain y Foote, 1999), estos autores también señalan que las diferencias morfométricas también pueden indicar que los grupos tenían diferentes ambientes o hábitats en una etapa crítica de su desarrollo.

Literatura citada

Abdullah, N.M.M. 2008. Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. *Afr. J. Agric. Res.* 3: 60-67.

Cadrin, S. X. 2000. Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10: 91-112.

Carvalho, G.R. and Hauser, L. (1994) Molecular genetics and the stock concept in fisheries. *Rev. Fish. Bio. Fish.* 4, 326–350.

Casteel, C. L., Walling, L. L. & Timothy D. Paine 2006. Behavior and biology of the tomato psyllid, *Bactericera cockerelli*, in response to the Mi 1.2 gene. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 121: 67-72, 2006

Cranshaw, W. S. 1989. The potato/tomato psyllid as a vegetable insect pest, pp. 69-76. *In* Proceedings of the 18th annual meeting of the Crop Protection Institute, Colorado State University, Fort Collins, CO.

Crosslin, J. M., J. E. Munyaneza, J. K. Brown, and L.W.Liefting. 2010. A history in the making: potato zebra chip disease associated with a new psyllid-borne bacterium a tale of striped potatoes. (<http://www.apsnet.org/online/feature/zebra/>).

Davidson, M. M., D.A.J. Teulon, I.A.W. Scott, and P. Workman. 2008. A review of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*); a new pest of potato in New Zealand., pp. 14. Crop & Food Research Confidential Report No. 2231.

Davis, A. C. 1937. Observations on the life history of *Paratrioza cockerelli* (Sulc) in southern California. *J. Econ. Entomol.* 30: 377-378.

Garzón, T. J. A.; Garzón, C. J. A.; Velarde, F. S.; Marín J. A.; Cárdenas V. O. G. 2005. Ensayos de transmisión del fitoplasma asociado al “Permanente del tomate” por el psílido *Bactericera cockerelli* Sulc., en México. *Entomología Mex.* (4). México. p.: 672-675.

Hansen, A. K.; Trumble, J. T.; Stouthamer, T. and Paine, T. D. 2008. A new huanglongbing species, “*Candidatus Liberibacter psyllaurosus*”, found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* Sulc. *Appl. Environ. Microbiol.* 74(18):5862-5865.

Jaramillo, O. N., Calle, D., Caro-Riaño, H., Calle, J. y Ortega, B. E. 2002 Diferencias morfológicas asociadas a la distribución geográfica de *Rhodnius pallescens* provenientes de siete localidades de Colombia y Panamá. Organización Panamericana de la Salud OPS/DPC/CD/273/03. En memorias: Taller Técnico de Estudio sobre *Rhodnius pallescens*, su Vigilancia y Control. Panamá, Panamá, 16 y 17 de septiembre 2002. pp 15-23.

Knowlton, G. F. and Janes, M. J. 1931. Studies on the biology of *Paratrioza cockerelli* (Sulc). *Entomol. Soc. Am. Ann.* 24: 283-291.

Liefting, L. W.; Sutherland, P.W.; Ward, L. I.; Paice, K. L.; Weir, B. S.; Clover, G. R. G. 2009. A new, ‘*Candidatus Liberibacter*’ species associated with diseases of solanaceous crops. *Plant Disease* 93 (3): 208-214.

Liu, D. G.; Trumble, J. T. and Stouthamer, R. 2006. Genetic differentiation between Eastern populations and recent introductions of potato psyllid (*Bactericera cockerelli*) into western North America. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118(3): 177-183.

Liu, D. G. and Trumble, J. T. 2007. Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 123 (1):35-42.

Maia, A.H.N., A.J.B. Luiz, and C. Campanhola. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.

Munyanza, J. E., J. M. Crosslin, and J. E. Upton. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with “Zebra Chip,” a new potato disease in southwestern United States and Mexico. *J. Econ. Entomol.* 100: 656-663.

Munyanza, J. E., J. L. Buchman, J. E. Upton, J. A. Goolsby, J. M. Crosslin, G. Bester, G. P. Miles, and G. S. Venkatesan. 2008. Impact of different potato psyllid populations on zebra chip disease incidence, severity, and potato yield. *Subtrop. Plant Sci.* 60: 27-37.

Pavlista, A. D. 2002. Leafhoppers. U. Nebraska Panhandle Research and Extension Center. *Nebraska Potato Eyes* Vol. (14): 4

SAS Institute. 2008. SAS/STAT version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.

Secor, G. A., and V. V. Rivera-Varas. 2004. Emerging diseases of cultivated potato and their impact on Latin America. *Rev. Latino-Am. de la Papa (Suppl.)*. 1: 1-8.

Swain, D.P. and Holtby, L.B. (1989) Differences in morphology and behavior between juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) rearing in a lake or in its tributary stream. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46, 1406-1414.

Wallis, R. 1955. Ecological studies on the potato psyllid as a pest of potatoes. USDA Technical Bulletin No. 1107: 25 pp.

Yang, X., and T.-X. Liu. 2009. Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper. *Environ. Entomol.* 38: 1661-1667.

Yang, X. B., Yong M. Z., Lei H. and Xian L. 2010. Life History and Life Tables of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae) on Potato Under Laboratory and Field Conditions in the Lower Rio Grande Valley of Texas. *Journal of Economic Entomology*, 103(5):1729-1734.

Las correlaciones realizadas entre los valores de CL_{50} respecto a los parámetros evaluados encontramos lo siguiente.

Cuadro 1. Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y tiempo de desarrollo en cuatro poblaciones de *B. cockerelli*.

| Tiempo de desarrollo | |
|-----------------------------|----------------|
| Estadio | Pearson |
| Huevo | 0.99769 ** |
| Ninfa | 0.8223 |
| 1er instar | 0.67531 |
| 2do instar | 0.97162 ** |
| 3er instar | 0.733 |
| 4to instar | 0.75983 |
| 5to instar | 0.69564 |
| Huevo-Adulto | 0.88913 |

*, ** Significativo y altamente significativo (Prob>r)

Cuadro 2. Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y la supervivencia en cuatro poblaciones de *B. cockerelli*.

| Supervivencia | |
|----------------------|----------------|
| Estadio | Pearson |
| Huevo | - 0.93653 * |
| 1er instar | -0.02701 |
| 2do instar | -0.95217 ** |
| 3er instar | -0.99916 ** |
| 4to instar | -0.95976 ** |
| 5to instar | -0.95989 ** |
| Huevo-Adulto | -0.78483 |

*, ** Significativo y altamente significativo (Prob>r)

Cuadro 3. Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y los parámetros reproductivos en cuatro poblaciones de *B. cockerelli*.

| Reproducción | |
|---------------------|----------------|
| Parámetro | Pearson |
| pre-ovip | -0.22695 |
| Fecundidad | 0.97582 ** |

*, ** Significativo y altamente significativo (Prob>r)

Cuadro 4. Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y parámetros poblacionales en cuatro poblaciones de *B. cockerelli*.

| Tablas de vida | |
|-----------------------|----------------|
| Parámetro | Pearson |
| Σm_x | 0.97835 ** |
| Ro | -0.70318 |
| Rm | -0.83377 |
| T | 0.93658 * |
| TD | 0.90358 * |
| Lamda | -0.84488 |

*, ** Significativo y altamente significativo (Prob>r)

Cuadro 5. Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y largo de cuerpo de huevo e instares ninfales de *B. cockerelli* en cuatro poblaciones.

| Morfometría (largo) | |
|----------------------------|----------------|
| Estadio | Pearson |
| Huevo | 0.74688 |
| N ₁ | -0.90122 * |
| N ₂ | -0.97677 ** |
| N ₃ | -0.84356 |
| N ₄ | -0.88329 |
| N ₅ | -0.96710 ** |

*, ** Significativo y altamente significativo (Prob>r)

Cuadro 6. Correlación Pearson entre las concentraciones letales medias de abamectina y ancho de cuerpo de huevo e instares ninfales de *B. cockerelli* en cuatro poblaciones.

| Morfometría (ancho) | |
|----------------------------|----------------|
| Estadio | Pearson |
| Huevo | -0.55972 |
| N ₁ | -0.23262 |
| N ₂ | -0.96589 ** |
| N ₃ | -0.77777 |
| N ₄ | -0.95973 ** |
| N ₅ | -0.87196 |

*, ** Significativo y altamente significativo (Prob>r)

CONCLUSIONES GENERALES

La población San Luis Potosí y Coahuila-Nuevo León, presentaron resistencia a abamectina, esta última población registró alto contenido de b-esterasas, por lo que proponemos reducir la aplicación de organofosforados y carbamatos, así como alargar los intervalos de aplicaciones de piretroides.

La población San Luis Potosí, necesitó mayor tiempo para completar un ciclo de huevo a la formación de adulto, también registró la menor supervivencia y mayor número de oviposturas comparadas con el resto de las poblaciones, estos parámetros alterados están altamente relacionados con la resistencia a abamectina, por lo que se propone realizar un buen control de *Bactericera cockerelli* y el manejo de su los individuos tolerantes.

En cuanto a los parámetros poblacionales sobresale la población Aguascalientes, así como en su morfometría, registrando los mayores tamaños muy similarmente a la población de referencia de invernadero.

Por ultimo proponemos realizar futuras investigaciones que correlacionen el desarrollo de la resistencia y sus respectivos cambios en los parámetros estudiados, basados en la constitución genética.

LITERATURA CITADA

Almeyda, L. I. H.; Sánchez, S. J. A. y T. J. A. Garzón. 2008. Vectores causantes de punta morada en Coahuila y Nuevo León, México. *Agricultura técnica en México*. 32 (2),141-150.

Abdullah, N. M. 2008. Life history of the Potato Psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in Controlled Environment agriculture in Arizona. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 3 (1), pp. 060-067.

Avilés, G. M. C.; Garzón, T. J. A.; Marín, J. A. y Caro, P. H. M. 2003. El Psilido del tomate: *Paratriza cockerelli* (Sulc): Biología, ecología y su control. *In: Taller sobre Paratriza cockerelli* como plaga y vector de fitoplasmas. Culiacán, México. Pp 21-35.

Bautista, M. N. 2006. Insectos plaga, una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco Edo. De Méx. No. 306. CANIEM. 103 pp.

Becerra, A. F. 1989. Biología de *Paratriza cockerelli* (Sulc) y su relación con la enfermedad del “Permanente del tomate” en el Bajío. Tesis de Licenciatura. Univ. Aut. De Qro., Ciencias Químicas. 55 p.

Bravo, L. G. A.; Galindo, G. G. y Amador, D. R. M. 2006. Tecnología de producción de chile seco. (INIFAP) Instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias-Centro de investigación regional norte centro, Campo experimental Zacatecas. 5:110.

Bravo, M. E. y López, L. P. 2007. principales plagas del chile de agua en los valles centrales de Oaxaca. Agroproduce, Fundación Produce A. C. Abril 7:12-15.

Burckhardt, D. and Lauterer, P. 1997. A taxonomic reassessment of the triozid genus *Bactericera* (Hemiptera: Psylloidea). *Journal of Natural History* 31: 99-153.

Cadena, H. M. A.; Guzmán, P. R.; Díaz, M.; Zavala, T. E.; Almeyda L. H.; López, H. D.; Rivera, A. P. y Rubio, C. O. 2003. Distribución, incidencia y severidad del pardeamiento y la brotación anormal en los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Valles altos y sierras de los estados de México, Tlaxcala y el Distrito Federal, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21: 248-258.

Carriere, Y., Deland, J. P., Roff, D. A. y C. Vincent. 1994. Life history costs associated with the evolution of insecticide resistance. *Proc. R. Soc. B*, 258, 35-40.

Carriere, Y., y D. A Roff. 1995. Change in genetic architecture resulting from the evolution of insecticide resistance: a theoretical and empirical analysis. *Heredity*, 75(6), 618-629.

Carriere, Y. y B. E. Tabashnik. 2001 Reversing insect adaptation to transgenic insecticidal plants. *Proc. Royal. Soc. Lond. Series B-Biol. Sci.* 268, 1475–1480.

Carriere, Y., Ellers-Kirk, C., Biggs, R., Higginson, D. M., Dennehy, T. J. y B.E. Tabashnik. 2004. Effects of gossypol on fitness costs associated with resistance to Bt cotton in pink bollworm, *J. Econ. Entomol.* 97, 1710-1718.

Carrillo, R. H. 1984. Análisis de acción conjunta de insecticidas en larvas del gusano cogollero del maíz (J.E. Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) Tesis de maestría en ciencias. Centro de entomología y acarología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México, 82 pp.

Comins, H. N. (1977). The management of pesticide resistance. *Journal of Theoretical Biology*, 65(3), 399-420.

Coustau, C., Chevillon, C., French-Constant, R., 2000. Resistance to xenobiotics and parasites: can we count the cost? *Trends in Ecology and Evolution* 15, 378-383.

Cranshaw, W. S. 2007. Potato or tomato psyllids. Insect Series Home & Garden. No. 5:540.

Crawford, D. L. 1911. American Psyllidae III. (Triozinae). Pom. J. Entomol. 3: 422-453.

Cygler, M.; Schrag, J. D.; Sussman, J. L.; Harel, M.; Silman, I. and Gentry, M. K. 1993. Relationship between sequence conservation and three-dimensional structure in a large family of esterases, lipases and related proteins. *Protein Sci.* 2: 366-382.

FAO 1957. Technical report, No. 125

Ffrench-Constant, R. H. 1994. The molecular and population genetics of cyclodiene insecticide resistance. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 4, 335-345.

Flores E. A.; Badii, M. H. y Ponce, G. G. 2001. Resistencia a insecticidas en insectos vectores de enfermedades con énfasis en mosquitos. Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición. Vol. 2 No.4 Octubre-Diciembre. 8 pp.

Garzón, T. J. A.; Garzón, C. J. A.; Velarde, F. S.; Marín J. A.; Cárdenas V. O. G. 2005. Ensayos de transmisión del fitoplasma asociado al “Permanente del tomate” por el psílido *Bactericera cockerelli* Sulc., en México. *Entomología Mex.* (4). México. p.: 672-675.

Garza, E. U. y Rivas A. M. 2003. Manejo integrado de las plagas del chile y jitomate en la zona de San Luís Potosí. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Ebano. Folleto para productores Num.5. San Luís Potosí, México. 47 p.

Gassmann, A. J., Carriere, Y. y B. E. Tabashnik. 2009 Fitness costs of insect resistance to *Bacillus thuringiensis*, *Annu. Rev. Entomol.* 54, 147–163.

Groeters, F. R., Tabashnik, B. E., Finson, N., y M. W. Johnson. 1994. Fitness costs of resistance to *Bacillus thuringiensis* in the diamondback moth (*Plutella xylostella*), *Evol.* 48, 197-201.

Hodkinson, I. D. 2009. Life cycle variation and adaptation in jumping lice (Insecta:Hemiptera: Psylloidea): a global synthesis. *J. Nat. Hist.* 43:65-179.

Kuyucu, A. C. y S. S. Çağlar. 2013. Effects of artificial migration of susceptible individuals on resistance and fitness of afenitrothion-resistant strain of *Musca domestica* (L.) Diptera. *Turkish Journal of Zoology.* 37: 601-609.

Lacey L. A., Liu, L. A. Buchman J. L., Munyaneza J. E., Goolsby J. A., y D.R. Horton. 2011. Entomopathogenic fungi (Hypocreales) for control of potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in an area endemic for zebra chip disease of potato. *Biological Control* 56 (2011) 271–278.

Lagunes, T. A. Y J. Villanueva, J.1994. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillos, Edo. de México. 264 pp.

Liefting, L. W.; Sutherland, P.W.; Ward, L. I.; Paice, K. L.; Weir, B. S.; Clover, G. R. G. 2009. A new, ‘*Candidatus Liberibacter*’ species associated with diseases of solanaceous crops. *Plant Disease* 93 (3): 208-214.

List, G. M. 1935. Psyllid yellows of tomatoes and control of the psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc.), by the use of sulfur. *Journal of Economic Entomology* 28: 431–436.

Liu, D. G. and Trumble, J. T. 2007. Comparative fitness of invasive and native populations of the potato psyllid (*Bactericera cockerelli*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 123 (1):35-42.

Lorus, M. and Marguery, M. 1980. Field guide to North American insects and spiders. National Audubon Society. Alfred A. Knopf, New Cork. p 499.

Marín J. A. 2004. Biología, ecología e identificación de insectos vectores en cultivo de papa. Memoria de la XXI Semana Internacional del Parasitólogo: Simposium Punta Morada de la Papa, Saltillo, Coahuila, México. Pp 84-96.

McKenzie, J. A., Whitten, M. J. and Adena, M. A. 1982. The effect of genetic background on the fitness of diazinon resistance genotypes of the Australian sheep blowfly, *Lucilia cuprina*. *Heredity*, 49, 1-9.

Metcalf, R. L. 1989. Insect Resistance to Insecticides. *Pestic. Sci.* 26:333-358.

Muggleton, J., 1983. Relative fitness of malathion-resistant phenotypes of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: Silvanidae). *Journal of Applied Ecology* 20, 245-254.

Munyaneza, J. E.; Crosslin, J. M. y Upton, J. E. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with “Zebra Chip,” a new potato disease in Southwestern United States and México. *J. Econ. Entomol.* 100: 656-663.

Pavlista, A. D. 2002. Potato (tomato) psyllids. *Nebraska Potato Eyes.* 4:1-4.

Percy, D. M. 2003. Legume-feeding psyllids (Hemiptera: Psylloidea) of the canary islands and madeira. *Journal of Natural History.* 37: 397-461.

Pletsch, D. J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc), its biology and control. *Montana Agric. Exp. Stn. Bull.* 446: 95.

Richards, B. L. 1928. A new and destructive disease of the potato in Utah and its relation to potato psylla. *Phytopathology* 18:140–141.

Rojas, R. P. 2010. Biología de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) parasitoide de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). Tesis de maestría en fitosanidad, Entomología y acarología. Colegio de postgraduados. Carretera México-Texcoco Edo. De Méx. 48 p.

Rubio, C. O. A; Almeyda, L. I. H.; Ireta, M. J.; Sánchez, S. J. A; Fernández, S. R.; Borbón, S. J. T.; Díaz, H. C.; Garzón, T. J. A.; Rocha, R. R. y Cadena, H. M. A. 2006. Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* sulc. En las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura técnica en México.* 32 (2):201-211.

Roush, R.T., McKenzie, J.A., 1987. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Annual Review of Entomology* 32, 361-380.

Rowe, J. A. and Knowlton, G. F. 1935. Studies upon the morphology of *Paratrioza cockerelli* (Sulc). *Utah Acad. Sci. Arts. Lett.* 12:223-239.

Sayyed, A.H. y D.J. Wright. 2001. Fitness costs and stability of resistance to *Bacillus thuringiensis* in a field population of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.), *Ecol. Entomol.* 26, 502-508.

Sayyed, A. H., Ahmad, M., y N. Crickmore. 2008 Fitness costs limit the development of resistance to indoxacarb and deltamethrin in *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), *J. Econ. Entomol.* 101,1927-1933.

Sulc, K. 1909. *Triozza cockerelli* n.sp., a novelty from North America, being also of economic importance. *Acta Society Entomologia Bohemiae* 6: 102-108.

Teulon, D.A.J., Workman, P.J., Thomas, K.L., Nielsen, M.C., 2009. *Bactericera cockerelli*: incursion, dispersal and current distribution on vegetable crops in New Zealand. *New Zealand Plant Protection* 62, 136-144.

Triplehorn, C. H. y Johnson, N. F. 2005. Borror and DeLong's introduction to the study of insects. Seventh edition. Thomson books/cole. pp. 268-332.

Vargas, C. I. 2005. Especies y fluctuación poblacional de cicadelidos y psilidos positivos a fitoplasmas en el cultivo de la papa y maleza aladaña en Arteaga Coahuila. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 89 p.

Vais, H., Williamson, M. S.; Hick, C. A.; Eldursi, N.; Devonshire, A. L. y Usherwood, P. N. 1997. Functional analysis of a rat sodium channel carrying a mutation for insect knock-down resistance (kdr) to pyrethroids. *FEBS Lett.* 413: 427-332.

Vega, G. M. T., J. C. Rodríguez, O. Díaz, R. Bujanos, D. Mota, J. L. Martínez, Á. Lagunes y J. A. Garzón. 2008. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Agrociencia.* 42, 463-471.

Wallis, R. 1955. Ecological studies on the potato psyllid as a pest of potatoes.
USDA Technical Bulletin No. 1107: 25 pp.