

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Proporción de Resistencia de *Bactericera cockerelli* (Sulc) en la Zona Papera de Coahuila y
Nuevo León a Tres Insecticidas Convencionales

Por:

ELIUD ABDIEL GARCÍA SOLÍS

Tesis

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2012

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA

Proporción de resistencia de *Bactericera cockerelli* (sulc) en la zona papera de Coahuila y
Nuevo León a tres insecticidas convencionales

Por

ELIUD ABDIEL GARCÍA SOLÍS

Tesis

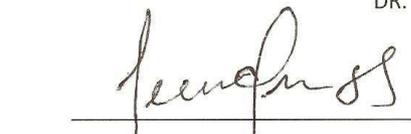
Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada



DR. ERNESTO CERNA CHÁVEZ



DR. JERÓNIMO LANDEROS FLORES



ING. OMEGAR HERNÁNDEZ BAUTISTA



DR. LEOBARDO BAÑUELOS HERRERA

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2012

RESUMEN

La región papera de Coahuila y Nuevo León es una de las más importantes a nivel nacional por registrar altos rendimientos, donde se presentan problemas fitosanitarios de las cuales sobresale el complejo punta morada, provocado por “*Candidatus Liberibacter Solanacearum*” donde *Bactericera cockerelli* es su principal vector y el insecto más abundante, el daño directo ocasionado por la alimentación provoca amarillentos foliares, por lo que se ha incrementado el uso de insecticidas para disminuir las altas densidades de este triozido. El uso irracional, mal manejo y otros factores que dificultan las aplicaciones traen consigo problemas de resistencia, por lo que este trabajo tiene como objetivo: determinar la proporción de resistencia a tres insecticidas convencionales (imidacloprid, endosulfan y abamectina) para el control eficiente de *Bactericera cockerelli*, en dos poblaciones, una de campo procedente de Coahuila y Nuevo León y la otra de invernadero.

Palabras clave: Paratrizoza, papa, imidacloprid, endosulfan y abamectina, resistencia

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por permitirme la vida y la salud para así llevar acabo mi sueño de concluir mi ingeniería.

A mi **Alma Mater**, por adoptarme y formarme como profesionista, y permitirme ejercer profesionalmente el oficio más antiguo del hombre: la Agricultura (*Génesis 2:15*)

Al **Dr. Ernesto Cerna Chávez**, por formar parte de este proyecto, por sus consejos, sugerencias y comprensión como asesor; por su confianza, apoyo, amistad y la dedicación a mi persona.

A mi padre **Eliud García Rosas**, por su apoyo, comprensión, paciencia y alentarme para seguir adelante.

A mi madre **Laura Luciana Solís Carmona**, por su apoyo y comprensión, me alienta y gracias por estar hay en los momentos difíciles.

A mis hermanas **Keila Berenice García Solís, Azenath Abigail García Solís, Damaris Roció García Solís**, porque a pesar de sus travesuras y regaños me ayudaron grandemente en mi formación como profesionista.

Al **Ing. Ortega Medina Francisco, Ing. García** por permitirme realizar mi semestre de prácticas profesionales en el Tecno-Parque Hortícola Fidesur Galeana, y por las facilidades otorgadas para llevarlas a cabo.

Al **Ing. Omegar Hernández Bautista** por su apoyo y comprensión en la realización de este trabajo.

A todos los profesores del Departamento de Fitomejoramiento, quienes mediante sus enseñanzas transmiten: conocimiento, experiencia y juicio, que han aportado en mi formación académica y personal.

ÍNDICE

RESUMEN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	2
HIPOTISIS.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Cultivo de la Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	3
Origen y distribución.....	3
Generalidades.....	3
Importancia.....	3
Descripción botánica.....	4
Plagas de la papa.....	5
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> y <i>Trialeurodes vaporariorum</i>).....	5
Mosca minadora (<i>Liriomiza huidobrensis</i>).....	6
Pulgón verde (<i>Myzus persicae</i> Sulz).....	6
Pulga saltona (<i>Epitrix argentinensis</i>).....	6
Gusano de alambre (<i>Melanotus</i> spp. y <i>Agriotes</i> spp.).....	6
Enfermedad Papa rayada “Zebra Chip”.....	7
Sintomatología.....	7
Etiología.....	8
Vector.....	8
<i>Bactericera cockerelli</i> (Sulc).....	9
Origen.....	9
Distribución.....	9
Ubicación taxonómica.....	10
Biología y hábitos.....	10
Descripción morfológica.....	12
Huevo.....	12
Ninfa.....	12
Primer instar.....	12
Segundo instar.....	13
Tercer instar.....	13
Cuarto instar.....	13
Quinto instar.....	13
Adulto.....	13
Hospederos.....	14

Daños e Importancia económica.....	14
Directo.....	15
Indirecto.....	15
Alternativas de control.....	15
Cultural.....	15
Usos de repelentes.....	16
Biológico.....	16
Químico.....	17
Resistencia.....	18
Generalidades.....	18
Clasificación.....	18
Resistencia por comportamiento.....	18
Resistencia morfológica.....	18
Resistencia fisiológica.....	18
Determinación de resistencia.....	19
Métodos bioquímicos.....	19
Electroforesis.....	19
Pruebas moleculares.....	20
Pruebas bioquímicas.....	20
Bioensayos.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Ubicación.....	21
Recolecta del material biológico.....	21
Cría del material biológico.....	22
Bioensayos.....	22
Determinación de la CL ₅₀	22
Proporción de resistencia.....	23
Análisis de resultados.....	23
RESULTADOS.....	23
CONCLUSIONES.....	31
LITERATURA CITADA.....	32
APÉNDICE.....	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Regresión probit y cinturones de confianza 95% de la línea susceptible.....	24
Figura 2. Regresión probit y cinturones de confianza 95% de la línea Invernadero.....	25
Figura 3. Regresión probit y cinturones de confianza 95% de la línea de campo.....	25
Figura 4. Líneas de respuesta Dosis-Mortalidad de abamectina en las tres poblaciones de <i>Bactericera cockerelli</i>	29
Figura 5. Líneas de respuesta Dosis-Mortalidad de endosulfan en las tres poblaciones de <i>Bactericera cockerelli</i>	29
Figura 6. Líneas de respuesta Dosis-Mortalidad de imidacloprid en las tres poblaciones de <i>Bactericera cockerelli</i>	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Concentración letal y límites fiduciales de tres insecticidas aplicados a la línea susceptible (Ls) de ninfas de cuarto estadio de <i>Bactericera cockerelli</i> .(sulc).....	26
Tabla 2. Concentración letal y límites fiduciales de tres insecticidas aplicados a ninfas de cuarto estadio de <i>Bactericera cockerelli</i> (sulc), de la línea de invernadero y su proporción de resistencia contra la línea susceptible.....	26
Tabla 3. Concentración letal y límites fiduciales de tres insecticidas aplicados a ninfas de cuarto estadio de <i>Bactericera cockerelli</i> (sulc) de la línea de campo y su proporción de resistencia contra la línea susceptible.	27

INTRODUCCION

La región noreste de la república mexicana, es una de las más importantes a nivel nacional en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) principalmente el sur de los estados de Coahuila y Nuevo León, en donde se siembra una superficie aproximada de 6 000 ha bajo condiciones de riego con un rendimiento promedio de 31 ton/ha (Almeyda *et al.*, 2008). Aportando el 15 % de la producción nacional (SAGARPA, 2008).

Existen diversos factores que limitan los rendimientos y su rentabilidad, donde destacan la incidencia de insectos plaga y enfermedades causadas por algas fitopatógenas, hongos, nematodos, bacterias, virus y viroides (Flores-Olivas *et al.*, 2004).

Entre ellos resalta una enfermedad complejo denominada “Zebra Chip” (Hojuela zebra) o papa rayada, en la industria, los tubérculos muestran defectos al freírse como, coloraciones oscuras que se asemejan a una necrosis radial (Munyanzeza *et al.*, 2007).

El agente causal está asociado a organismos tipo “*Candidatus* Liberibacter solanacearum” (Liefting *et al.*, 2009a, b). Donde *Bactericera cockerelli* es un insecto vector de dicho patógeno (Segonda *et al.*, 2010). Además, en monitoreos realizados en campo, es el insecto más común y abundante en cultivos afectados (Marín *et al.*, 2009), el cual está altamente distribuido en nuestro país en las principales zonas paperas (Garzón *et al.*, 2005).

También se han reportado daños mecánicos por la alimentación de este insecto, además de la inyección de toxinas al succionar la savia (Munyanzeza *et al.*, 2007), estos daños ha ocasionado la destrucción masiva de cultivos enteros, por lo que para el manejo de esta enfermedad debe ser prioritario el control de *Bactericera cockerelli* orientado a disminuir de sus elevadas poblaciones (Almeyda, 2008).

OBJETIVOS

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo determinar la proporción de resistencia a tres insecticidas en *Bactericera cockerelli* en la región papera de Coahuila y Nuevo León y una población de invernadero

HIPOTESIS

Al menos un insecticida tendrá una proporción de resistencia menor respecto a la población de referencia para un eficiente control del pulgón saltador.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cultivo de la Papa (*Solanum tuberosum* L.)

Origen y distribución

Vavilov en 1951 propone que el centro de origen de la papa está ubicado en la cordillera de los andes de Perú, extendiéndose por el sur de Bolivia, Argentina, Chile, norte de Ecuador y Colombia (Inés-Juárez, 2007); presenta más especies silvestres que cualquier otro cultivo, y están ampliamente distribuidas (Hawkes, 1990); fue introducida a Europa a finales del siglo XVI, extendiéndose por todo el mundo en pocos siglos (Huaman *et al.*, 1988).

Generalidades

Es una planta dicotiledónea, anual, herbácea, de naturaleza perenne, capaz de reproducirse vía tubérculo (Campos y Villarreal, 1989); Sus raíces son adventicias, tallos aéreos herbáceos y subterráneos llamados tubérculos (Cepeda y Gallegos, 2003), el cual es el principal órgano adaptado para el almacenamiento de reservas empleadas en la respiración (Arce, 1996).

Importancia

En la región papera de Coahuila y Nuevo León se obtienen los rendimientos más altos por unidad de superficie a nivel nacional, llegando a obtener hasta 50 ton/ha (Inés-Juárez, 2007). Actualmente en México la superficie sembrada es de 54,141.36 ha, para semilla alrededor de 27,000 ha, obteniendo un rendimiento promedio de 27.74 Kg/ha (SIAP, 2010).

Descripción botánica

Es una planta suculenta, herbácea, vivaz, y anual por su parte aérea y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal y a veces de varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo (Montaldo, 1984).

La raíz: el sistema radical está formado por muchas ramificaciones, ya sea de planta originada de semillas o planta originada de tubérculo; La raíz es gruesa, pivotante y su mayor aérea de desarrollo se encuentra entre los 60 y 80 de profundidad (Montaldo, 1984).

Tallo: son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, siendo al principio erguido y con el tiempo se van extendiendo hacia el suelo; Los tallos se originan en la yema del tubérculo, siendo su altura variable entre 0.5 y 1 metro según la variedad; Son de color verde pardo debido a los pigmentos antociánicos asociados a la clorofila (Montaldo, 1984).

Rizomas: son tallos subterráneos de los que surgen las raíces adventicias; Los rizomas producen unos hinchamientos denominados tubérculos, siendo éstos ovales o redondeados (Montaldo, 1984).

Tubérculo: tallo engrosado, están formados por tejido parenquimatoso, donde se acumulan las reservas de almidón; En las axilas del tubérculo se sitúan las yemas de crecimiento llamadas “ojos”, dispuestas en espiral sobre la superficie del tubérculo (Montaldo, 1984).

Hojas: son compuestas, imparpinnadas y con folíolos primarios, secundarios e intercalares; La nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo; Cuando la planta empieza a producir tubérculos la producción de hojas se reduce ligeramente para concentrarse en los tubérculos que crecen

rápidamente, cuando los tubérculos alcanzan posteriormente su desarrollo las hojas se toman amarillentas (Montaldo, 1984).

Inflorescencias: son cimosas, están situadas en la extremidad del tallo y sostenidas por un escapo floral, es una planta autógama, las flores tienen la corola rotácea gamopétala de color blanco, rosado, violeta, etc (Montaldo, 1984).

Fruto: en forma de baya redondeada de color verde de 1 a 3 cm. de diámetro, que se tornan amarillos al madurar; El fruto contiene en sus lóculos abundantes semillas, las cuales son pequeñas, lenticulares y blancas, (Montaldo, 1984).

Plagas de la papa

Theodoracopoulos, (2008) menciona la susceptibilidad de la papa por su exposición a insectos y enfermedades en mayor proporción que muchos de los cultivos importantes, la mayor parte de ellas, pueden ocasionar perjuicios sino se les controla oportunamente, practicas como la desinfección de semillas, uso de semillas certificadas y rotaciones de cultivo logran atenuar su incidencia, Dentro de los principales insectos que atacan a este cultivo destacan:

Mosca blanca (*Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*.)

Este insecto pertenece a la orden Hemíptera, de la familia Aleyrodidae; Los adultos colonizan las partes jóvenes de la planta, realizando las posturas en el envés de la hoja, de donde emergen las primeras ninfas que son móviles; Los seis daños directos que ocasionan son amarillamiento y debilitamiento de la planta, al alimentarse de la sabia de las hojas los adultos y las ninfas; Los daños indirectos se deben a la formación de fumagina sobre la melaza que producen al alimentarse, manchando y dañando los frutos (Theodoracopoulos, 2008).

Mosca minadora (*Liriomiza huidobrensis*)

Este insecto pertenece a la orden Díptera, de la familia Agromyzidae; El daño que ocasiona este insecto es de dos maneras, el principal que es por las minas que hacen las larvas que pueden provocar defoliación y las lesiones por los hábitos de alimentación del adulto que pueden ser vía de infestación de enfermedades ([Theodoracopoulos, 2008](#)).

Pulgón verde (*Myzus persicae* Sulz)

Este insecto pertenece a la orden Hemíptera, de la familia Aphididae; El daño que ocasiona por su parasitismo es despreciable en comparación con la transmisión de virus; Perjudica a las plantas al succionar savia de los tejidos, provocando enchinamiento, por otro lado excreta una mielecilla que es apta para la formación de colonias de hongos ([CIP, 1985](#))

Pulga saltona (*Epitrix argentinensis*)

Este insecto pertenece a la orden Coleóptera, de la familia Chrysomelidae; El daño que ocasiona este insecto es que se alimenta de diferentes partes de la planta, haciendo pequeños agujeros redondeados o irregulares que atraviesan las hojas; Estos agujeros proporcionan una oportunidad a la entrada de enfermedades destructivas a las plantas como el tizón temprano de la papa *Alternaria solani* la cual este insecto es su medio de dispersión, ya que las larvas generalmente se alimentan de las raíces de las mismas plantas, perforando con túneles las raíces y tallos ([Davidson, 1992](#)).

Gusano de alambre (*Melanotus* spp. y *Agriotes* spp.)

Este insecto pertenece a la orden Coleóptera, de la familia Elateridae; El daño a la semilla ocurre poco después de la siembra y este puede ser lo suficientemente grave como

para reducir la cantidad y calidad de la cosecha; Después el gusano de alambre roe cavidades profundas y barrena galerías en los tubérculos de desarrollo, reduciendo de esta manera el valor comercial del cultivo; Este daño también favorece la dispersión de *Rhizoctonia* spp. y otras enfermedades que afectan al tubérculo (Davidson, 1992).

Enfermedad Papa rayada “Zebra Chip”

Importancia

Descrita alrededor de 1994 en Saltillo, México., e identificada hasta el 2000 en Texas, USA (Munyanza *et al.*, 2007). los defectos en las plantas, fueron económicamente importantes alrededor de 2004, 2005 y 2006 en zonas productoras, causando pérdidas millonarias a productores y procesadores en numerosas localidades tanto de Estados Unidos como en México (Salas *et al.*, 2006). La incidencia de ésta enfermedad se incrementó considerablemente, llegando al 100 % en algunas áreas productoras de la región Sur de Coahuila y Nuevo León, los rendimientos se redujeron hasta en un 90% y las pérdidas registradas fueron del 100 % (Flores-Olivas *et al.*, 2004).

Sintomatología

Se le denomina Punta Morada de la Papa a un conjunto de síntomas de los cuales se incluyen: la disminución en el crecimiento, enrollamiento apical, abultamiento del tallo en la inserción de las hojas y coloración purpúrea en los folíolos; los tubérculos dañados muestran un oscurecimiento en el interior imposibilitando la brotación o los brotes resultan de forma hilada (Cadena *et al.*, 2003). En Estados Unidos se presentan sintomatologías similares, pero dicha enfermedad se conoce como “Zebra Chip” debido a que al freír las papas, las hojuelas desarrollaban una necrosis radial (Feng *et al.*, 2009).

La presencia de los síntomas demeritan drásticamente su calidad, se reduce el consumo en fresco, disminuyen el rendimiento, dificultan la comercialización e imposibilitan el uso como semilla (Cadena *et al.*, 2003).

Etiología

Las sintomatologías descritas, se debe a la interferencia que tienen los patógenos con el transporte de nutrientes, a las toxinas inyectadas por *Bactericera cockerelli* al alimentarse, así como los daños mecánicos ocasionados al succionar la savia (Munyanenza *et al.*, 2007).

Liefting *et al.* (2009) Mediante técnicas moleculares modernas basado en la caracterización genética y ecológica, proponen como agente causal a “*Candidatus Liberibacter solanacearum*”.

Vector

B. cockerelli muestra una fuerte relación con la enfermedad punta morada, ya que es el insecto más común y abundante en cultivos afectados (Marín *et al.*, 2009), entre el 53 y 57% de cultivos expuestos a este triozido presentaron síntomas típicos (Munyanenza *et al.*, 2007)

Bactericera cockerelli (Sulc)

Origen

Históricamente se describió por primera vez en 1909 por T. D. Cockerell en el estado de Colorado (Richards, 1928). Como reconocimiento, el Dr. Sulc lo denomina científicamente como *Trioza cockerelli* (Sulc 1909). Posteriormente en 1911 se le asigna a la especie al género *Paratrioza* (Crawford, 1911); recientemente mediante procesos de revisión se ha asignado al género de esta especie como *Bactericera* (Burckhardt y Lauterer, 1997; Abdullah, 2008).

Distribución

En Norteamérica, dicha especie se han identificado dos biotipos, el nativo e invasor (Liu *et al.*, 2006), el nativo inverna en México y Texas, migra en primavera y verano hacia el norte (Wallis, 1955). El invasor está asociado a las regiones occidentales California y Baja California (México) (Liu *et al.*, 2006). El invasor presenta elevados valores de CL₅₀, son menos susceptibles hacia algunos insecticidas que el biotipo nativo.

En México, la incidencia de esta especie ha sido señalada desde 1947, cuando Pletsch reportó poblaciones en los estados de Durango, Tamaulipas, Estado de México, Guanajuato y Michoacán, extendiéndose a otros estados denominándolo comúnmente como pulgón saltador, encontrados también en climas cálidos como Morelos, Nayarit y Sinaloa (Garzón *et al.*, 2005),

En Nueva Zelanda, tubérculos con síntomas de “Zebra Chip” resultaron positivas a liberibacter (Anderson, 2008; Liefting *et al.*, 2008), vectoreado por *B. cockerelli*.

Ubicación taxonómica

Según Triplehorn y Johnson (2005) consideran a *Bactericera cockerelli* dentro de la familia Psyllidae, posteriormente Hudkingson (2009) la incluyen dentro de la familia Triozidae, quedando como clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Reyno:Animal
Phyllum:Artropoda
Clase:Hexapoda
Orden:Hemiptera
Suborden:Sternorrhyncha
Superfamilia: ...Psylloidea
Familia:Triozidae
Genero:*Bactericera*
Especie:*B. cockerelli*

Biología y hábitos

Estos insectos presentan metamorfosis incompleta, es decir que pasan por los estadios de huevo, ninfa y adulto (Wallis, 1951). Pertenece a la Superfamilia Psylloidea los cuales se alimentan introduciendo su estilete y succionando la savia de los conductos del floema de las plantas hospederas aprovechando azucares y aminoácidos (Percy, 2003).

Las hembras ovipositan los huevecillos en el envés de las hojas medias e inferiores de la planta (Castellanos, 2004), entre la primera a cuarta hojas verdaderas (Garzón *et al.*, 2005); sin embargo Knowlton y Janes (1931) reportan que son puestos preferentemente sobre la yemas apicales más jóvenes. Con frecuencia en hilera en los bordes marginales o distribuidos en la superficie de las hojas (Cranshaw, 2007).

La hembra vive 21 días, tres veces más que los machos (Garzón *et al.*, 2005), depositando alrededor de 300 huevecillos (Wallis, 1951). Puede incrementar la población

ovipositando hasta 1400 huevos (Liu *et al.*, 2006). Cada hembra deposita entre 1 y 11 huevecillos por día (Becerra, 1989), el promedio de oviposturas diarias es de 37.6 huevecillos, los cuales requerirán de 3 a 15 días para incubar y de 14 a 17 días para completar los instares ninfales (Knowlton y Janes, 1931), con un intervalo alrededor de 30 días desde la copula hasta la formación del nuevo adulto (Garza y Rivas, 2003), mientras que Abdullah (2008) reporta un ciclo completo en 34 días.

Como su velocidad de desarrollo depende en gran parte de la temperatura, Montero (1994) determina su edad fisiológica en unidades calor (U. C.) obteniendo de huevecillo a adulto 139.3 U. C. Sin embargo (Becerra, 1989) reporta un total de 356 U. C. con un umbral de desarrollo de 7 °C a 35 °C y un óptimo de 27 °C (List, 1939), a los 16 y 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 supervivencia de ninfas, a los 37 °C, resultan letales tanto para huevecillos y ninfas en un transcurso de dos horas (Pavlista, 2002).

Las ninfas se encuentran cerca de los huevecillos, adheridas en un solo lugar de la hoja, son casi inmóviles en los tres primeros estadios y van adquiriendo movilidad (Bravo *et al.*, 2006), a veces se desplazan buscando mayor ventilación y temperatura (Castellanos, 2004), las ninfas más viejas se encuentran en el tercer inferior de la planta, por esta razón se hace más difícil el control químico (Garzón *et al.*, 2005).

Los adultos se encuentran en cualquier parte de la planta, incluso en el haz de las hojas más altas (Castellanos, 2004). Estos vuelan alrededor de dos horas al día, son los responsables de la diseminación a corta y larga distancia, tienen hábitos migratorios llegando alcanzar hasta 1.5 km de altura, pudiendo ser arrastrados por los vientos dominantes, a su vez infestar cultivos vecinos (Garzón *et al.*, 2005).

Descripción morfológica

Huevo:

Los huevos de esta especie 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). La incubación varía de 3 a 9 días en donde la mayor eclosión se presenta durante el quinto o sexto día (Knowlton y Janes, 1931).

Ninfa

Presenta 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). Las antenas presentan sensilias placoides (estructuras circulares de función olfatoria) (Marín, 2004). Los cambios estructurales en los instares según Rowe y Knowlton (1935) son el aumento en el tamaño del cuerpo, desarrollo de las alas y la presencia de estructuras cilíndricas que contienen filamentos cerosos, los cuales forman un halo en el perímetro del cuerpo.

Primer instar.- son anaranjadas o amarillas (Garza y Rivas, 2003). Antenas con segmentos basales cortos y gruesos que se adelgazan en un pequeño segmento terminal con dos setas sensoriales, ojos anaranjados notorios en vista ventral y dorsal (Becerra, 1989). Cabeza y tórax fusionados, la división del cuerpo no está bien definida, paquetes alares poco notables y la segmentación en las patas es poco visible (Marín, 2004). Su estilete es casi del largo del cuerpo, el abdomen con segmentación poco visible, poros anales externos poco definidos y el margen del cuerpo con una hilera de setas truncadas (Vargas-Madríz, 2010).

Segundo instar.- Se aprecian notablemente las divisiones entre la cabeza, tórax y abdomen (Pletsch, 1949), la tonalidad de los ojos es naranja rojiza y el tórax amarillento con los paquetes alares visibles (Becerra, 1989). La segmentación en las patas es notoria, en el abdomen se aprecia un par de espiráculos en cada uno de los primeros segmentos (Marín, 2004).

Tercer instar.- las antenas se adelgazan en la parte media para terminar con dos setas sensoriales, se definen perfectamente las constricciones del cuerpo, se observan los paquetes alares en el mesotórax y metatórax (Becerra, 1989). El tórax comienza a tornarse de color verde amarillento (Pletsch, 1949). A partir de este instar las glándulas de cera son prominentes alrededor del cuerpo (Rojas, 2010).

Cuarto instar.- las antenas con tres sensilias, en los ojos se hacen evidentes las omatidias (Marín, 2004), las divisiones del cuerpo presentan las mismas características al instar anterior Garza y Rivas (2003), La diferencia está en la parte terminal de las tibias posteriores donde se aprecian dos espuelas, los segmentos tarsales y un par de uñas así como los paquetes alares bien definidos (Becerra, 1989), la separación entre el protórax es muy notoria, en cada uno de los cuatro primeros segmentos abdominales tienen un par de espiráculos (Marín, 2004).

Quinto instar.- Cabeza, tórax y abdomen se distinguen claramente, antenas de tres segmentos, con dos setas sensoriales y cuatro sensilias placoides diferenciadas (Marín, 2004), la base de la antena es gruesa y la apical filiforme divididas por una hendidura muy marcada, presenta tres espuelas en la parte terminal de las tibias posteriores y abdomen adquiere una forma semicircular (Becerra, 1989). Paquetes alares anteriores con ángulos humerales proyectados hacia la parte anterior (Burckhardt y Lauterer, 1997).

Adulto

Al emerger su coloración es verde (Wallis, 1951), posteriormente en tres días se tornan negros (García y Rivas, 2003), de 2 a 6 mm de longitud (Lorus y Margery, 1980).

Cabeza ligeramente inclinada respecto al eje longitudinal (Burckhardt y Lauterer, 1997), proporcionalmente equivale a una décima parte de su cuerpo, ojos grandes cafés, las antenas filiformes, tórax con manchas cafés bien definidas (Marín, 2004). 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). El abdomen de las hembras tiene cinco segmentos visibles mas el segmento genital que tiene forma cónica, los machos tienen seis segmentos visibles mas el genital que esta plegado sobre la parte media dorsal del abdomen (Marín, 2004). Las hembras termina con ovipositor corto, redondeado y más robusto, mientras que los genitales de los machos tienen aspecto mas obtuso en las extremidades (Pletsch, 1947).

Hospederos

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). De las cuales resaltan chile, tomate y papa, en berenjena (*Solanum melongena* L.) el tiempo de desarrollo es mas rápido (Martin, 2008). Puede invernar en otras solanaceas silvestres en regiones cálidas (Cranshaw, 2007; Hodkinson, 2009), consiguiendo sobrevivir en convolvuláceas y amarantáceas, incluyendo cultivos y malezas nativas (Pavlista, 2002).

Daños e Importancia económica

Dentro de la sintomatología provocada por *B. cockerelli*, Las plantas enfermas muestran una disminución en el crecimiento, desarrollo prematuro, clorosis o amarillamiento (List, 1935, 1939). Otros síntomas son la formación de tubérculos aéreos, entrenudos cortos, enrollamiento apical, coloración purpúrea en los folíolos y oscurecimiento en el interior de los tubérculos (Munyaneza *et al.*, 2007). Reduciendo la

longevidad del cultivo, el tamaño y la calidad, provocando pérdidas cuantiosas en el rendimiento (Al-Jabar, 1999).

Los daños provocados por *Bactericera cockerelli* se categorizan en dos tipos:

Directo

Primeramente se reportó a *Bactericera cockerelli* provocando amarillamientos foliares o “psyllid yellows”, dicho síntoma se asoció con la alimentación de los instares ninfales (Blood *et al.*, 1933), al succionar la savia en los conductos de floema (Munyanza *et al.*, 2007). Por su parte Carter (1950) descubrió que no todas las ninfas tiene la habilidad para producir una reacción toxica. Sin embargo, el desorden metabólico pudiera ser por la presencia de metabolitos producidos e inyectado por las ninfas, ya que dicha toxina no ha sido aislada. Mientras que en tomate Garzón *et al.* (2009) elimina la posibilidad de que los síntomas se deban a toxinas inyectadas por ninfas.

Indirecto

Como vector, incubador y transmisor del patógeno “*Candidatus Liberibacter solanacearum*”, los cuales están asociados con el manchado de tubérculos “Zebra chip” (ZC) así como oscurecimiento del tejido vascular, rayos medulares decoloración y manchado necrótico que elevan el contenido de Zn, P, K y Ca Munyanza *et al.* (2007b); Feng *et al.* (2009), a su vez disminuyen considerablemente las concentraciones de Mg, Cu y B (Miles *et al.*, 2009).

Alternativas de control

Cultural

En su mayoría, las prácticas culturales empleadas en el manejo de los insectos vectores es la destrucción de focos de infestación, eliminando plantas viejas después de la cosecha; la destrucción de plantas hospederas, al menos en los márgenes del cultivo y lotes

adyacentes, así una buena nutrición para ayudar a reducir el efecto de las altas densidades (Avilés *et al.*, 2003). Dichas estrategias están establecidas en la norma oficial mexicana NOM-081-FITO-2001, que se refiere al manejo y eliminación de focos de infestación con establecimiento y reordenamiento de fechas de siembra y destrucción de residuos de cosecha (SAGARPA, 2001).

Usos de los Repelentes

La aplicación de repelentes es una alternativa para el combate de plagas y como medida para ser incorporada dentro de un Manejo Integrado de plagas, ofreciendo seguridad para el medio ambiente y una eficiente opción agronómica (Borembaum, 1989). Un repelente es una sustancia que provoca reacciones de alejamiento en el insecto, aunque este no haya hecho contacto con la planta que lo emite, por lo que debe hacer sustancias volátiles, una vez que el insecto ha sido atraído (Matthews, 1978).

En los tejidos vegetales hay ciertas sustancias que constituyen un sistema de defensa; Esas sustancias son compuestos moleculares que actúan como señales anti-alimentarias, tóxicas, alterados de la fisiología y/o comportamiento sexual o poblacional de los insectos (Borembaum, 1989).

Las plantas repelentes son de mantienen alejados a los insectos de los cultivos; Este tipo de plantas protegen los cultivos hasta 10 m de distancia; Generalmente, las plantas repelentes se siembran bordeando los extremos de cada surco del cultivo o alrededor del cultivo para ejercer una función protectora (Loubet, 1997).

Control biológico

Dentro de los enemigos naturales de *B. cockerelli* se incluyen hongos entomopatógenos como: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Verticilium lecanii*. Depredadores como: *Aphis lion*, *Chrysoperla* spp., *Geocoris* sp. e *Hippodamia convergens* (Guer), parasitoides de ninfas: *Metaphycus psyllidis* (Comp.) (Bujanós *et al.*, 2005; Bravo y López, 2007).

Por su parte [Rojas \(2010\)](#) recomienda la inclusión de *Tamarixia triozae* (Burks) (Hemíptera: Eulophidae) como un agente de control biológico dentro de un manejo integrado. Pero debido a la poca presencia de enemigos naturales, no presentan un eficiente control, ya que al alimentarse un grupo relativamente pequeño de estos insectos pueden provocar daños a la planta antes que los insectos benéficos efectúen su acción de control.

Control químico

En cuanto a las recientes irrupciones, a las elevadas poblaciones y al incremento de daños, el control de *B. cockerelli* principalmente se efectúa con el uso de insecticidas organosintéticos ([Liu y Trumble, 2007](#)). La toxicidad dependerá de la especie, insecticida, estado biológico, dosis y forma de exposición ([Luna, 2010](#)).

En campo [Avilés et al. \(2003\)](#) reporta que abamectina, spinosad, imidacloprid y thiamethoxam son efectivos. Espinosad es muy persistente durando hasta 29 días, de igual forma azadiractina ([Luna, 2010](#)), aplicándose cuando existan alrededor de 30 ninfas por planta ([Liu y Trumble, 2005](#)); siendo una de las dificultades en las aplicaciones por la disposición de las ninfas en el envés de las hojas ([Pavlista, 2002](#)).

Por su parte [Vega et al. \(2008\)](#) mencionan que la falta de control se puede deber a factores como una baja cobertura de aspersion, mala calibración y equipo en mal estado. Un mal manejo provoca contaminación ambiental, desequilibrio ecológico y surgimiento de insectos resistentes en corto plazo ([Luna, 2010](#)).

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, incrementando los costos de producción y representando un riesgo de contaminación ambiental y de daño directo al hombre ([Rubio et al., 2006](#)). Al observar poblaciones altas en lotes comerciales de papa a pesar del elevado número de aplicaciones de insecticidas en Arteaga, Coahuila, [Vargas \(2005\)](#) señala que *B. cockerelli* es tolerante a altas dosis de plaguicidas.

Resistencia

Generalidades

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).

El desarrollo de la resistencia es subsiguiente a aplicaciones intensivas y repetidas, por lo que es preciso utilizar dosis cada vez mayores que normalmente eran eficaces, las poblaciones resistentes se distinguen por el efecto de tolerancia, en tanto las susceptibles siguen sucumbiendo al insecticida en sus dosis normales (Barbera, 1989).

Clasificación

Resistencia por comportamiento.- Se presenta en especies muy hiperactivas, un indicador es la preferencia para descansar en áreas no tratadas, o bien la tendencia de detectar el insecticida y tratar de evitarlo (Carrillo, 1984).

Resistencia morfológica.- mecanismo físico dado por la formación de estructuras cuticulares, no permiten que el tóxico penetre la cutícula del insecto, la velocidad de penetración dependerá de las características moleculares del insecticida y de las propiedades del integumento del insecto, la cual varía considerablemente entre los estadios de vida (Barbera, 1989).

Resistencia fisiológica.- Esta puede ser de dos formas: No metabólico, por la insensibilidad en el sitio de acción, resistencia al derribo, Acetilcolinesterasa Insensible, penetración reducida, mayor almacenamiento y Excreción (Vais *et al.*, 1997).

Resistencia metabólica, por la adición de 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; Oakeshott, 1993).

La mayoría de los organismos poseen múltiples Glutation S-Transferasas (Hayes, *et al.*, 1995). Las GST implicadas en la resistencia al DDT están presentes como grupos de genes que han sido mezclados a través del genoma por recombinación (Zhou *et al.*, 1997).

Determinación de resistencia

Como consecuencia, la resistencia profiere cambios genéticos alterando procesos bioquímicos a nivel individual, se hace notable en una población cuando la proporción de resistencia sea tal, que se refleje en una falla en el control (Devonshire, 1990), convencionalmente se puede detectar la resistencia mediante:

Métodos bioquímicos

Técnicas sensitivas y precisas que proporcionan información de los mecanismos involucrados, pudiendo ser adaptados para detectar y monitorear la resistencia de muchas especies (Brown y Brogdon, 1987); generalmente correlacionan niveles de una enzima o una reacción enzimática específica, pueden ser cualitativos o cuantitativos, generalista o altamente específicos (Lagunes y Villanueva, 1994).

Electroforesis.- separa moléculas en dependencia fundamental de su carga, desplazando proteínas bajo influencia de un campo eléctrico (Bisset, 2001), se emplean

geles de acrilamida que se polimeriza y forma redes que permiten el paso de proteínas de diferentes pesos moleculares (Ibel *et al.*, 1990).

Pruebas moleculares.- incrementa la precisión y reduce la variabilidad asociada a los bioensayos (Devonshire, 1990), se obtienen patrones de banda de ADN que son utilizado como marcadores genéticos para una especie (French *et al.*, 1994).

Pruebas bioquímicas.- son ensayos múltiples que permiten analizar a una población de insectos cuantifican los niveles de de una reacción enzimática (Brown y Brodon, 1987). Desarrollados para cuantificar niveles de Esterasas, Acetilcolinesterasa (Devonshire y Moores, 1984), Glutation S-Transferasas (Brogdon y Barber, 1990) y oxidasas (Brogdon *et al.*, 1997).

Bioensayos

Conocidos también como pruebas de susceptibilidad, son técnicas de laboratorio basado en la dosis-mortalidad (Lagunes y Villanueva, 1994), donde se pretende por medio de un proceso experimental conocer la efectividad biológica del pesticida, determinando la magnitud del estímulo mediante la respuesta del insecto (Hubert, 1980), generalmente involucran comparaciones de la DL₅₀, DL₉₀ o de la concentración letal (Twine y Reynolds, 1980).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Toxicología de insectos del departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Recolecta del material biológico

Se recolectó adultos y ninfas de *Bactericera cockerelli* en lotes de Coahuila (Huachichil), Nuevo León (Navidad, San Rafael, La Hediondilla), así como una población recolectada en el invernadero del departamento de parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, sobre plantas de chile y papa.

Para cada sitio, se recolectaron en hojas infestadas en cultivos de papa, papa mostrenca en pivotes abandonados de un ciclo anterior y maleza alledaña a los cultivos las cuales son reservorio de *B. cockerelli* durante el invierno como: jarilla (*Senecio salignus*), cilindrillo (*lycium berlandlen*) y trompillo (*Solanum elagnipholium*).

Se tiraron redazos entomológicos para la captura de adultos de *B. cockerelli*, en el caso de papa mostrenca, debido a su tamaño, se colocaba una bolsa de plástico sobre las primeras ramas y se sacudían, en ambos casos hasta obtener una suficiente cantidad de adultos.

Para cada localidad se obtuvo su ubicación geográfica mediante la ayuda de un GPS, arrojándonos las coordenadas vía satélite.

Cría del material biológico

El material biológico recolectado se trasladó al invernadero de Parasitología Agrícola de la UAAAN, donde se colocaron en dos camas de siembra para todas las localidades de 2.5 x 1 m, cubiertas con tela organza; cada cama contenía 50 plantas de papa variedad Phianas. La cría de esta especie se realizó bajo condiciones de invernadero con 26 ± 4 °C y una HR del 70% y 14:10 h luz: oscuridad en promedio.

Bioensayos

Se realizaron de acuerdo a la técnica de inmersión de hoja para el psílido del peral (*Psylla* spp) con ligeras modificaciones (IRAC, 2005; Vega *et al.*, 2008). Se colocaron 30 ninfas de cuarto instar en hojas de papa, las cuales se sumergieron en vasos de precipitados que contenían cierta concentración de insecticidas, se dejaron reposar durante cinco segundos, este proceso se repitió para cada concentración de los tres insecticidas evaluados y sus respectivas repeticiones, las hojas tratadas se dejaron secar en papel absorbente y posteriormente se colocaban en charolas de plástico con esponja húmedo.

Los insecticidas utilizados fueron: Abamectina (Abamectina 1.8 % C. E. 18 gr de i.a. L⁻¹, lactona macrocíclica), Imidacloprid (picador 70 PH, neonicotinoide 350 g i.a./L), Endosulfan (Agrosulfan 35 CE[®] 350 gr de i.a. L⁻¹, clorado).

Determinación de la CL₅₀

Para la preparación de las diferentes concentraciones se utilizó agua destilada y el producto bionex[®] como dispersante, en una proporción 1mL: 1L de agua. El intervalo de concentraciones utilizadas fue de 0.01 a 1000 ppm y un testigo sin tratar. Las lecturas de mortalidad se realizaron a las 24 h excepto para la abamectina que se obtuvo a las 48 h. Se consideró ninfa muerta aquella que presentaba los apéndices pegados al cuerpo, estaba deshidratada o no reaccionaba al estímulo del pincel. El máximo nivel de mortalidad

aceptable para el testigo absoluto fue 10% y se corrigió mediante la fórmula de Abbott (1925) cuando el testigo presentaba mortalidad.

Proporción de resistencia

Una vez determinados los niveles de CL_{50} para las líneas de campo y la línea susceptible, se determinó la proporción de resistencia dividiendo los valores de CL_{50} de las líneas de campo contra la CL_{50} de la línea susceptible (Georghiou 1962).

Análisis de resultados

Los datos obtenidos se analizaron por un análisis Probit, mediante el método de máxima verosimilitud (Finney, 1971). Utilizando el programa SAS system para Windows ver 9.2 (2008).

RESULTADOS

En las siguientes figuras se presentan la graficas de la regresión probit dicho análisis mediante el método de máxima verosimilitud (Finney, 1971) usando una modificación mediante el algoritmo Newton-Raphson, y sus limites fiduciales 95%, en SAS system para Windows versión 9.2 (2008). La línea representa los datos esperados, mientras que los círculos son los datos obtenidos, la línea delgada en la base de todas las regresiones paralelas al eje de las abscisas, representa el parámetro C, es la estimación inicial de la tasa de mortalidad (primera mortalidad a la dosis más baja).

Figura 1. Regresión probit y cinturones de confianza 95% de la línea susceptible.

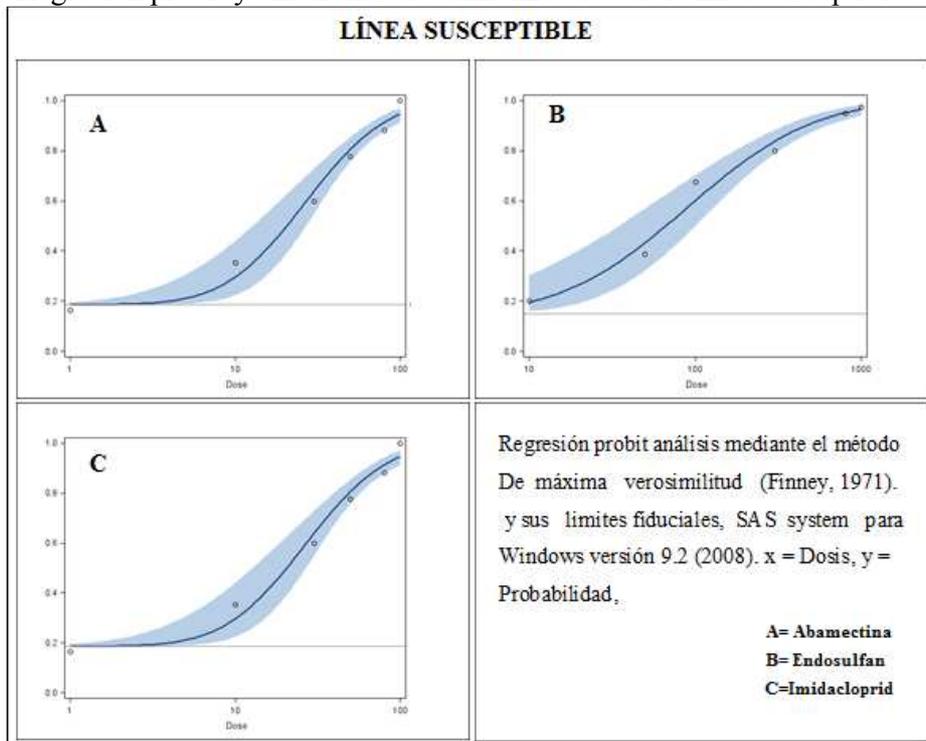


Figura2. Regresión probit y cinturones de confianza 95% de la línea Invernadero.

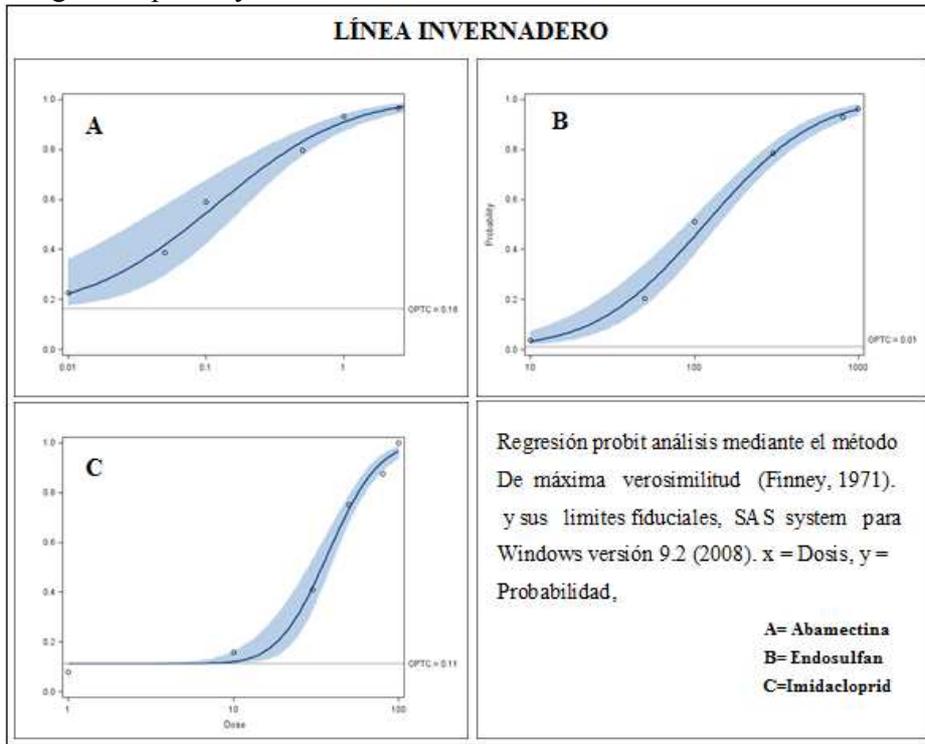
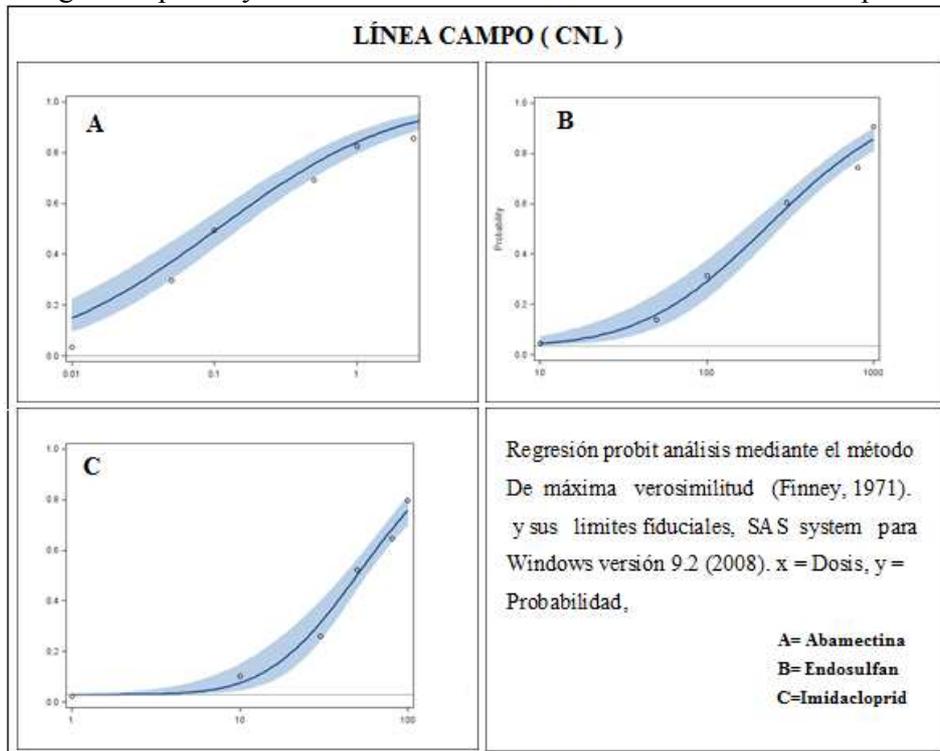


Figura3. Regresión probit y cinturones de confianza 95% de la línea de campo.



A continuación se presentan los resultados obtenidos arrojados por los bioensayos que realizamos. Presentado en el siguiente orden CL₅₀, límites fiduciales 95%, CL₀₅, CL₉₅.

Tabla 1. Concentración letal y límites fiduciales de tres insecticidas aplicados a la línea susceptible (Ls) de ninfas de cuarto estadio de *Bactericera cockerelli*.(sulc).

Línea susceptible						
Plaguicida	n	g.l.	Ppm			
			CL ₅₀	Lim. Fiduciales 95%	CL ₀₅	CL ₉₅
Abamectina	180	5	0.06917	0.05306-0.08805	0.00276	1.73071
Endosulfan	180	5	55.54604	43.69395-68.88021	3.31022	932.07051
Imidacloprid	180	5	11.22921	2.36435-26.23809	0.57083	220.89788

n: Número de ninfas de cuarto estadio de *B. cockerelli*, g.l.: Grados de libertad y Límites fiduciales = cinturones de confianza.

En la determinación de concentraciones letales medias de las poblaciones de invernadero y de campo (Coahuila y Nuevo León) para abamectina endosulfan e imidacloprid, fueron: 0.065, 112.825 y 21.417; 0.167, 208.677 y 47.418 respectivamente (tabla 2 y 3), en donde se observa que para abamectina la población de invernadero presenta valores muy similares a la línea susceptible, cosa contraria a endosulfan e imidacloprid, En las comparaciones respecto a la línea susceptible, la proporción de resistencia según (Georghiou 1962 y Cerna *et al.*, 2009) fueron en la población de invernadero, para abamectina 0.0058, (tabla 2) por lo que la línea susceptible fue un poco mayor, fuentes directas mencionan que no se realizaron aplicaciones con este insecticida, para endosulfan e imidacloprid de 2.03 y 1.9 respectivamente.

Tabla 2. Concentración letal y límites fiduciales de tres insecticidas aplicados a ninfas de cuarto estadio de *Bactericera cockerelli* (sulc), de la línea de invernadero y su proporción de resistencia contra la línea susceptible.

Línea de invernadero							
Plaguicida	N	g.l.	ppm				X
			CL ₅₀	Lim. Fiduciales 95%	CL ₀₅	CL ₉₅	Ls Vs Inv
Abamectina	180	5	0.06536	0.04912-0.08451	0.00201	2.12167	0.00582053
Endosulfan	180	5	112.82531	95.02803-13284723	1.1551	890.65338	2.03120348
Imidacloprid	180	5	21.41733	0.12142-87.93127	2.30587	198.92825	1.90728733

n: Número de ninfas de cuarto estadio de *B. cockerelli*, g.l.: Grados de libertad y Límites fiduciales = cinturones de confianza.

En la tabla 2 se presentan los resultados de la línea de campo de *B. cockerelli* recolectada en invernadero. Como podemos ver la CL₅₀ para los productos abamectina, endosulfan, imidacloprid fue de 0.06536, 112.82531, 21.41733 ppm respectivamente.

En la población de campo (tabla 3), para abamectina presenta una proporción de 2.56X, respecto con otras investigaciones, [Bujanos y Marín \(2007\)](#) mencionan una CL₅₀ de 0.03 ppm poblaciones provenientes de San Luis Potosí, por su parte, [Vega et al. \(2008\)](#) reportan una CL₅₀ de 0.03 y 0.04 ppm en poblaciones de Nuevo León, por lo en nuestro estudio se observa una tendencia a l resistencia a este plaguicida ya que los valores obtenidos son más altos con un 2X de proporción de resistencia respecto a estos autores, mientras que reporta para una población de Huachichil, Coahuila y San Rafael, Nuevo León, unas CL₅₀ de 0.02 a 0.29 respectivamente, dichos valores por debajo y más altos a nuestros resultados, esto se debe a que las recolectas de adultos se llevaron a cabo en diferentes localidades de la zona papera la cual incluye ambos estados y se colocaron en una cama de siembra por lo que la población se estableció como una crusa de ambas localidades.

Tabla 3. Concentración letal y limites fiduciales de tres insecticidas aplicados a ninfas de cuarto estadio de *Bactericera cockerelli* (sulc) de la línea de campo y su proporción de resistencia contra la línea susceptible.

Línea de campo							
Plaguicida	N	g.l.	Ppm				
			CL ₅₀	Lim. Fiduciales 95%	CL ₀₅	CL ₉₅	Ls Vs CNL
Abamectina	180	5	0.16786	0.09195-0.29088	0.00549	5.13449	2.5673194
Endosulfan	180	5	208.67732	140.24767-310.66128	16.08359	952707	3.75683523
Imidacloprid	180	5	47.41886	22.24699-119.68061	5.12414	438.81464	4.22281354

n: Número de ninfas de cuarto estadio de *B. cockerelli*, g.l.: Grados de libertad y Límites fiduciales = cinturones de confianza.

Mientras que para la línea de campo (tabla 3) la CL₅₀ fue de 0.16786, 208.67732, 47.41886 ppm, para Abamectina, Endosulfan, Imidacloprid.

Para endosulfan en poblaciones de invernadero y campo, las proporciones de resistencia fueron de 2.031 y 3.75 respectivamente, estos valores son bajos comparado a lo mencionado por [Cerna et al., \(2010\)](#) los cuales reportan de una CL₅₀ de 732.62 ppm, dichos resultados comparados con nuestra línea susceptible muestran un 13.178X, por lo que se observa una reducción en la proporción de resistencia, probablemente a la baja frecuencia de este producto clorado; Mientras que para imidacloprid, en ambas poblaciones, la

proporción fue de: 1.907 X y 4.22X, según *Cerna et al., (2010)* reporta una línea susceptible de 3.65, lo que daría un 5.86X y 12.65X en relación a nuestros CL₅₀, observando así una tendencia al aumento de la resistencia.

Líneas de dosis-respuesta

Líneas de dosis-respuesta linearizadas en escala probit y % de mortalidad, como se puede observar en la línea susceptible en cuanto abamectina presentó un CL₅₀ mayor que la población de invernadero, respecto a la pendiente, la población de campo resultó ser la más heterogénea (figura 4), en los dos casos la población de invernadero resultó ser la más homogénea (figura 5 y 6) esto se deberá a que la limitación de su área no permite la cruza con poblaciones migrantes susceptibles; en todas las graficas la población de campo presento mayor CL₅₀ (4, 5 y 6) en el caso con imidacloprid aun siendo la que presentó mayor proporción de resistencia, resultó ser la más heterogénea (figura 6), esto permite pensar que los problemas de resistencia se puede mantener debido la variabilidad genética que presenta la población, cosa contraria a endosulfan, en donde presento la mayor proporción de resistencia y presento menor variabilidad genética.

Figura 4. Líneas de respuesta Dosis-Mortalidad de abamectina en las tres poblaciones de *Bactericera cockerelli*.

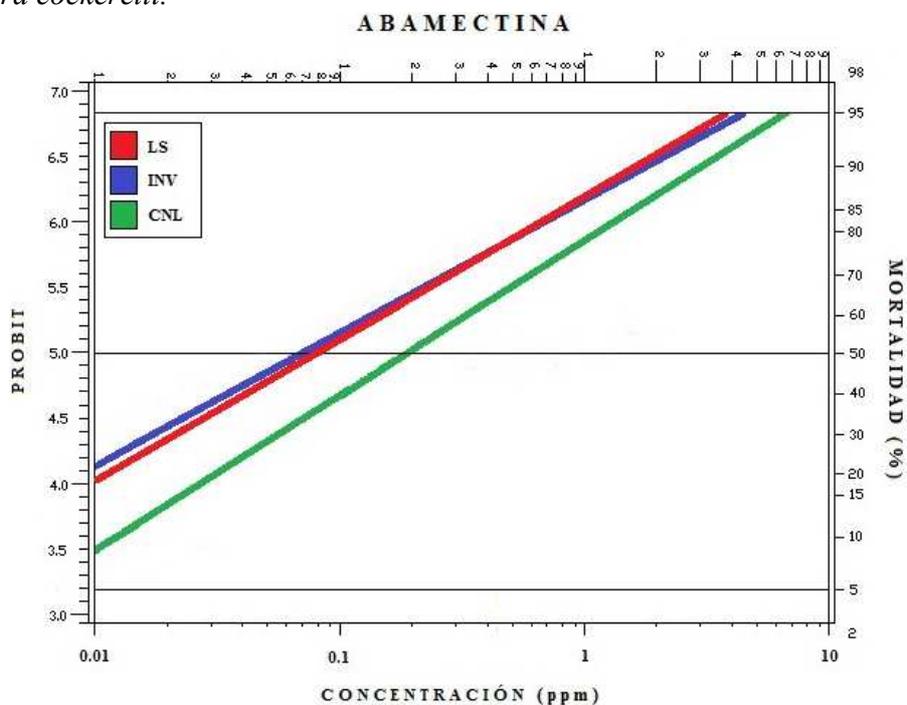


Figura 5. Líneas de respuesta Dosis-Mortalidad de endosulfan en las tres poblaciones de *Bactericera cockerelli*.

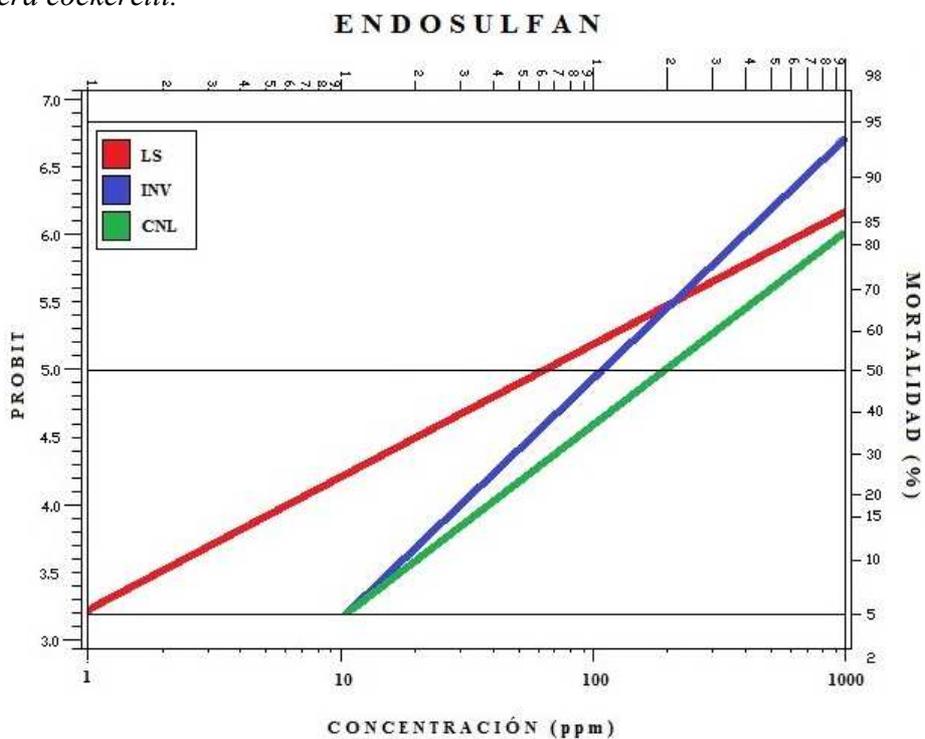
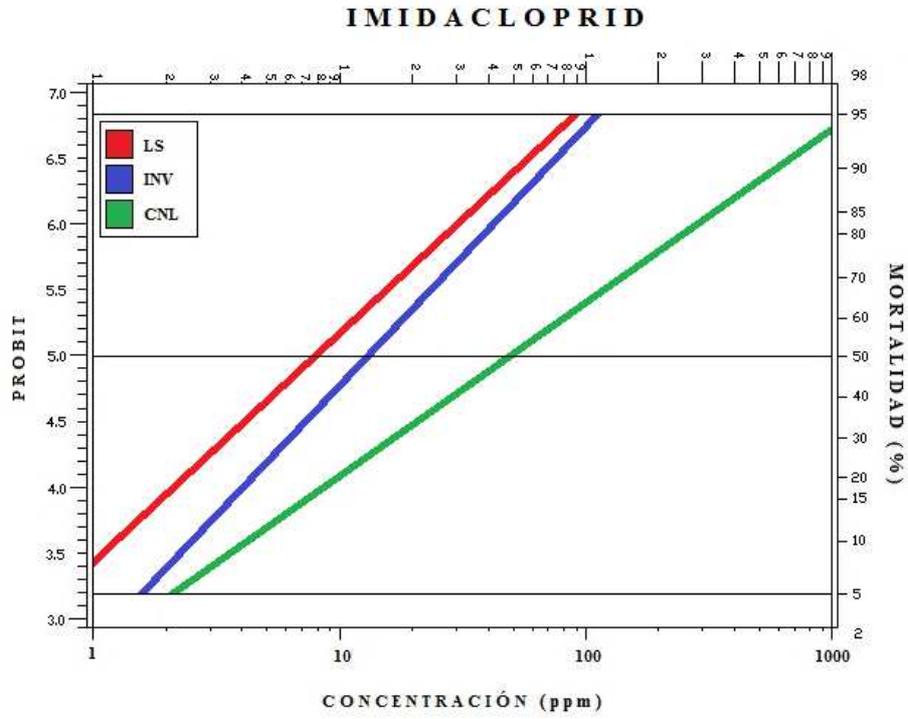


Figura 6. Líneas de respuesta Dosis-Mortalidad de imidacloprid en las tres poblaciones de *Bactericera cockerelli*.



CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados con este trabajo de investigación, concluimos lo siguiente:

La línea susceptible para el caso de Endosulfan e Imidacloprid, presentó los menores valores de CL50, por lo que se utilizó como línea de referencia, contrario al caso de Abamectina, en donde la línea susceptible fue escasamente superior a este.

Para el caso de la línea de invernadero, Endosulfan e Imidacloprid, mostraron una proporción de resistencia similares: 2.03 y 1.9 respectivamente, siendo esta población la más homogénea, debido a la limitación del invernadero al arribo de individuos susceptibles

En la población de campo recolectadas en la zona papera de Coahuila y Nuevo León fueron los que registraron mayor tolerancia a insecticidas, ninguno de los valores supera el umbral de 10 X, debido a la heterogeneidad de la población en cuanto a individuos tolerantes, pero si se observa una tendencia a tolerar dosis elevadas de insecticidas.

LITARATURA CITADA

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.

Arce, F. A. 1996. El cultivo de la papa. Editorial Mundi-prensa. Madrid España. 179 p.

Anderson, J. 2008. Observations on the effect of the potato/tomato psyllid on potato breeding trials at Pukekohe and comments on the possible consequences for the New Zealand potato industry. Crop & Food Research Confidential Report No. 2146, Crop & Food Research, Lincoln, New Zealand. P 7.

Al-Jabar, A. 1999. Integrated pest management of tomato/potato psyllid, *Paratrioza cockerelli* (SULC) (*Homoptera, psyllidae*) with emphasis on its importance in greenhouse grown tomatoes. Ph.D. Dissertation. Colorado State University, Fort. Collins, CO. p.89.

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.

Becerra, A. F. 1989. Biología de *Paratrioza 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.

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

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.

Blood, H. L.; Richards, B. L.; Wann, F. B. 1933. Studies of psyllid yellows of tomato. Phytopathology 23: 930.

Berenbaum, M. R. y Zangerl, A. R. 1998. Population-level adaptation to host-plant chemicals: the role of cytochrome P450 monooxygenases. En: *Genetic structure and local adaptation in natural insect populations*. Eds: Mopper, S. and Strauss, S. Y. (Chapman and Hall), 91-112.

- Barbera C. 1989. Pesticidas agrícolas. Cuarta edición. Ediciones Omega S.A. Pp 506-507.
- Brown, T. M. and Brogdon, W. G. 1987. Improved detection of insecticide resistance through conventional and molecular techniques. *Ann. Rev. Entomol.* 32: 145-162.
- Bisset, J. A.; Rodríguez, M. M.; Díaz, C. and Ortiz, E. 1990. The mechanisms of organophosphate and carbamate resistance in *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) from Cuba. *Bull Entomol Res* 80:245-50.
- Bisset, J. A.; Rodríguez, M. M.; Molina, D.; Díaz, C.; y Soca, L. A. 2001. Esterasas elevadas como mecanismo de resistencia a insecticidas organofosforados en cepas de *Aedes aegypti*. *REV CUBANA MED TROP* 53(1): 37-43.
- Campos, C. A. y Villarreal J. H. 1989. El cultivo de la papa. Monografía. Trabajo final del curso intensivo. ITESM. Monterrey, Nuevo León. México. 132 p.
- Cepeda, S. M. y Gallegos, M. G. 2003. La papa. El fruto de la tierra. Editorial Trillas. Primera Edición. Octubre. 15-35.
- 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.
- Crawford, D. L. 1911. American Psyllidae III. (Triozinae). *Pom. J. Entomol.* 3: 422-453.
- Castellanos, J. M. 2004. Para una agricultura orgánica sustentables e inocua; paratriozafin. Boletín informativo, Organic. S. A. de C. V. P 6.
- Cranshaw, W. S. 2007. Potato or tomato psyllids. *Insect Series Home & Garden.* No. 5:540.
- Carrillo, R. H. 1984. Análisis de acción conjunta de insecticidas en larvas del gusano cogollero del maíz (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Tesis de maestría en ciencias. Centro de entomología y acarología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México, 82 pp.
- Devonshire, A. L. 1990. Biochemical and molecular genetic analysis of insects populations resistant to insecticides. Brighton crop protection conference. Pest and Diseases. Pp 889-896

Devonshire, A. L. and Moores G. D. 1984. Characterization insecticide-insensitive acetylcholinesterase: microcomputer based analysis of enzyme inhibition in homogenates to individual house fly (*Musca domestica*) heads. Pestic. Biochem. Physiol. 21: 341-34

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

Feng-Gao, J. J.; Xiangbing, Y. and Tong-Xian Liu. 2009. Zebra chip disease incidence on potato is influenced by timing of potato psyllid infestation, but not by the host plants on which they were reared. Insect Science 16: 399-408

FAO 1957. Technical report, No. 125

Ffrench, C. R. H.; steinchen J. C. and Brun, L. O. 1994. A molecular diagnostic for ndosulfan insecticide resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) Bull. Entomol. Res.84:11-16.

Garzón, T. J. A. 1984. Enfermedad del "Permanente" del jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Celaya, Guanajuato XI Congreso Nacional de Fitopatología. San Luis Potosí, S. L. P. 1984. Resúmenes, Soc. Mex. Fitopatología 138 p.

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.

Hawkes, J. G. 1990. The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. Smithsonian Institution Press. Washington D. C. 50-59.

Huaman, Z.; Schmielliche, P. y Wissar, R. 1988. Los recursos genéticos de la papa y su conservación. Centro internacional de la papa Toluca Edo. De México Agosto. 65-73.

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

Hayes, J. D. and Pulford. D. J. 1995. The glutathione S-transferase supergene family: regulation of GST and the contribution of the isoenzymes to cancer chemoprotection and drug resistance. Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol. 30: 445-600.

Hubert, J. J. 1980. Bioassay. Kendall/Hunt Pub. Co. USA. 164 p.

Inés-Juárez, J. F. 2007. Crecimiento y producción de papa infestada con *Bactericera cockerelli* (Sulc) e inoculadas con *Verticillium dahliae* Kleb. y *Fusarium oxysporum* Schlecht, bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Univ. Aut. Agr. Antonio Narro. Buenavista, saltillo, Coahuila. 63 pp.

Ibel, K.; May, R. P.; Kirscheer, K.; Szadkowski, H.; Mascher, E. and Lundahl, P. 1990. Protein-decorated micelle structure of sodium-dodecyl-sulfate proyein complexes as determinadesd by neutrón scattering. Eur. J. Biochem. 190: 311-318.

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

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

Liefting, L. W.; Weir, B. S.; Pennycook, S. R.; Clover, G. R. G. 2009b. 'Candidatus Liberibacter solanacearum', a liberibacter associated with plants in the family Solanaceae. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. In press. In: New Zealand Plant Protection 62: 136-14

Liu, N. and Scott, J. G. 1997. Phenobarbital induction of Cyp6D1 is due to a *trans* acting factor on autosome 2 in house flies, *Musca domestica*. Insect. Mol. Biol. 6: 77-81

List, G. M. 1939b. The effect of the temperature upon egg the position, egg hatch and nymphal development of *Paratioza cockerelli* (Sulc). Colorado State College. Fort Collins. Jour. Econ. Ent. 32:30-36.

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

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.

Luna, C. A. 2010. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae). Tesis de maestria. Colegio de postgraduados. 36 p.

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.

Munyaneza, J. E. and Upton, J. E. 2005. Beet leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) transmits the Columbia Basin potato purple top phytoplasma to potato, beets, and weeds. *J. Economic Entomology*. 99:268-172.

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.

Montero, R. L. 1994. Ciclo de vida y factores de mortalidad del Psilido del tomate *Paratrioza cockerelli* (Sulc) (Homóptera: Psyllidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 50 p.

Miles, G. P.; Buchman, J. L. and Munyaneza, J. E. 2009. Impact of Zebra Chip Disease on the Mineral Content of Potato Tubers. *American Journal of Potato Research: an official publication of the Potato Association of America*. Nov., v. 86, no. 6: 481-489.

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

Oakeshott J.G., E.A. van Papeenrecht, T.M. Boyce, M.J. Healy and R. J. Russell. 1993. Evolutionary genetics of *Drosophila esterases*. *Genetica*. 90: 239-268

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

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

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.

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

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. Mayo-agosto. Año/vol. 32. Numero 02. Texcoco, México. Pp.: 201-211.

SIAP. 2010. Servicio de Información y estadística Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

Salas, M. M. A.; Flores O. A.; Sánchez A. A.; García, M. O.; Almeyda, L. I. H. y Garzón, T. J. A. 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. p. 0-1

SAGARPA. 2001. Secretaria de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2001. Dirección General de Sanidad Vegetal. Norma Oficial Mex. NOM-082-FITO-2001. <http://www.sagarpa.gob.mx>

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

Twine, P. H. and Reynolds H. T. 1980. Relative susceptibility and resistance of the tobacco budworm to methyl parathion and synthetic pyrethroids in southern California. *J. Econ. Entomol.* 73: 339-242.

Vargas-Madríz, H. 2010. Morfometría y tablas de vida de *Bactericera cockerelli* (sulc) en dos variedades de tomate en invernadero. Tesis de maestría en fitosanidad, Entomología y acarología. Colegio de postgraduados. Carretera México-Texcoco Edo. De Méx. 123 pp.

Vega, G.; Rodríguez, M.; Díaz, G.; Bujanos, M.; Mota, S.; Martínez, C.; Lagunes, T.; Garzón, T. 2008 Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (sulc) (Hemiptera: Triozidae) *Agrociencia*, Vol. 32. No. 4. Pp. 463-471.

Vargas, C. I. I. 2005. Especies y fluctuación poblacional de cicadelidos y psilidos positivos a fitoplasmas en el cultivo de la papa y maleza aleña 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. and 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.

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

Zhou, Z. H. and Syvanen, M. A. 1997. A complex glutathione transferase gene family in the housefly *Musca domestica*. Mol. Gen. Genet. 256: 187-194.

APENDICE

Tablas de mortalidad corregida

Tabla 4. Corrección de mortalidad de Abamectina en la línea susceptible.

Dosis	numero	muertos	% mort	mort correg
Testigo	90	6	6.66666667	0
0.01	90	21	23.33333333	17.8571429
0.05	90	36	40	35.7142857
0.1	90	60	66.66666667	64.2857143
0.5	90	75	83.33333333	82.1428571
1	90	84	93.33333333	92.8571429
2.5	90	87	96.66666667	96.4285714

Tabla 5. Corrección de mortalidad de Abamectina en línea de invernadero.

Dosis	Numero	muertos	% mort	mort correg
0.01	90	22	24.44444444	22.7272727
0.05	90	36	40	38.6363636
0.1	90	54	60	59.0909091
0.5	90	72	80	79.5454545
1	90	84	93.33333333	93.1818182
2.5	90	87	96.66666667	96.5909091

Tabla 6. Corrección de mortalidad de Abamectina en líneas de Coahuila y Nuevo León.

Dosis	Ind. Observ.	Muertos	% Mort.	Mort. Corr.
Testigo	100	9	9	0
0.01	100	12	12	3.2967033
0.05	100	36	36	29.6703297
0.1	100	54	54	49.4505495
0.5	100	72	72	69.2307692
1	100	84	84	82.4175824
2.5	100	87	87	85.7142857

Tabla 7. Corrección de mortalidad de Endosulfan en Línea susceptible.

Dosis	Ind. Observ.	Muertos	% Mort.	Mort. Corr.
Testigo	90	10	11.11111111	0
10	90	26	28.88888889	20
50	90	41	45.55555556	38.75
100	90	64	71.11111111	67.5
300	90	74	82.22222222	80
800	90	86	95.55555556	95
1000	90	88	97.77777778	97.5

Tabla 8. Corrección de mortalidad de Endosulfan en Línea de invernadero.

Dosis	Ind. Observ.	Muertos	% Mort.	Mort. Corr.
Testigo	90	6	6.66666667	0
10	90	9	10	3.57142857
50	90	23	25.55555556	20.2380952
100	90	49	54.44444444	51.1904762
300	90	72	80	78.5714286
800	90	84	93.33333333	92.8571429
1000	90	87	96.66666667	96.4285714

Tabla 9. Corrección de mortalidad de Endosulfan en líneas de Coahuila y Nuevo León.

Dosis	Ind. Observ.	Muertos	% Mort.	Mort. Corr.
Testigo	90	4	4.44444444	0
10	90	8	8.88888889	4.65116279
50	90	16	17.77777778	13.9534884
100	90	31	34.44444444	31.3953488
300	90	56	62.22222222	60.4651163
800	90	68	75.55555556	74.4186047
1000	90	82	91.11111111	90.6976744

Tabla 10. Corrección de mortalidad de Imidacloprid en Línea susceptible.

Dosis	Ind. Observ.	Muertos	% Mort.	Mort. Corr.
Testigo	90	5	5.55555556	3.40909091
1	90	19	21.11111111	19.3181818
10	90	35	38.8888889	37.5
30	90	56	62.2222222	61.3636364
50	90	71	78.8888889	78.4090909
80	90	80	88.8888889	88.6363636
100	90	90	100	100

Tabla 11. Corrección de mortalidad de Imidacloprid en Línea de invernadero.

Dosis	Ind. Observ.	Muertos	% Mort.	Mort. Corr.
Testigo	90	2	2.22222222	0
1	90	9	10	7.95454545
10	90	16	17.7777778	15.9090909
30	90	38	42.2222222	40.9090909
50	90	68	75.5555556	75
80	90	79	87.7777778	87.5
100	90	90	100	100

Tabla 12. Corrección de mortalidad de Imidacloprid en líneas de Coahuila y Nuevo León.

Dosis	Ind. Observ.	Muertos	% Mort.	Mort. Corr.
Testigo	90	2	2.22222222	0
1	90	4	4.44444444	2.27272727
10	90	11	12.2222222	10.27272727
30	90	25	27.7777778	26.1363636
50	90	48	53.3333333	52.2727273
80	90	59	65.5555556	64.7727273
100	90	72	80	79.5454545

