

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Dos Técnicas de Aplicación del Extracto Metanólico de *Crotalaria longirostrata* en *Bactericera cockerelli*

Por:

LUIS ÁNGEL ZAMUDIO LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de Dos Técnicas de Aplicación del Extracto Metanólico de *Crotalaria longirostrata* en *Bactericera cockerelli*

Por:

LUIS ÁNGEL ZAMUDIO LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Agustín Hernández Juárez
Asesor Principal



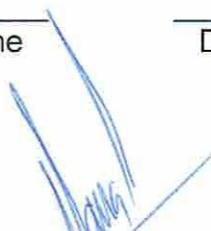
Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz
Asesor Principal Externo



Dra. Mariana Beltrán Beache
Coasesor



Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2025

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Atentamente:



Luis Angel Zamudio López

Tesista de Licenciatura/UAAAN

AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Quien con su apoyo incondicional me motivaron a terminar mi carrera profesional y que día a día me motivan a ser mejor persona a superar mis límites.

A mis hermanos

Por siempre apoyarme en mis peores momentos y recordarme lo orgullosos que están de mi.

A mis tíos

Porque no dejaron que me rindiera en el camino y porque sus palabras de aliento fueron clave para que yo culminara la carrera de manera satisfactoria.

A mis amigos

Porque siempre estuvieron en las buenas, en las malas y en las peores, por ser mi segunda familia en estos años en los que estuve lejos de casa.

A mis maestros

Porque cada uno de ellos aportó algo a mi desarrollo como persona y como futuro profesionalista.

DEDICATORIA

Quiero dedica este trabajo a las personas que toda mi vida han estado presentes apoyando a mi desarrollo personal, motivándome a ser mejor cada día, diciendo que puedo cumplir todo lo que me proponga, porque gracias a ellos soy lo que soy, porque si algún día alguien piensa que soy una gran persona es gracias a ellos. Por eso y mucho más este trabajo se lo dedico a las personas más importantes de mi vida, a mis padres, Rosalinda López Torres y Sergio Zamudio López por que no existen palabras para agradecerles por todo lo que me han, este trabajo es una pequeña muestra de su excelente enseñanza como padres.

Se la dedico también a mis hermanos porque siempre fueron una motivación para mí, pues me presionaban a ser mejor para demostrarles que podemos lograr cosas grandes. A mi hermana Sarahi porque cuando éramos niños siempre pude contar con ella como una gran amiga. A mi hermano Sergio porque siempre se comportado como un gran amigo, sus palabras de aliento cuando me sentía cansado me motivaban a no rendirme, porque él es consciente de todo lo que me ha costado estar lejos de casa. Por eso les dedico este trabajo para que les sirva de recordatorio que todo en la vida se puede lograr.

A mis amigos Frida, Brian, Bryan y Robin porque ellos fueron mi segunda familia en el tiempo en el que estuve lejos de mi casa. Por qué en ellos siempre tuve a una persona que escuchaba mis problemas, me aconsejaba y no me juzgaban. Porque sé que son personas que siempre me desean lo mejor en la vida, de todo corazón les agradezco por estar en los peores momentos y por qué también los quiero en los mejores es que les dedico este trabajo.

Al doctor Juan Carlos Delgado por ser un excelente profesor y mejor amigo, porque siempre quiso lo mejor para nosotros durante la carrera y ahora que la hemos culminado. También le dedico este trabajo porque forma parte de las personas que ha influido en mi desarrollo como persona.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
HIPOTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Descripción de la plaga <i>Bactericera cockerelli</i> Sulc.....	4
Importancia como plaga	4
Daño directo.....	5
Daño indirecto	6
Distribución de la plaga	6
Ubicación taxonómica.....	7
Características morfológicas de <i>Bactericera cockerelli</i> Sulc.....	8
Huevo.....	8
Ninfa.....	8
Primer instar	8
Segundo instar	9
Tercer instar	9
Cuarto instar	9
Quinto instar	10
Adulto.....	10
Ciclo de vida de <i>Bactericera cockerelli</i> Sulc	10
Principales estrategias de manejo	12
Control cultural	12
Control etológico	12
Control biológico	12

Control biorracional	13
Control químico	14
Resistencia a insecticidas en <i>Bactericera cockerelli</i> Sulc.....	17
<i>Crotalaria longirostrata</i>	18
Descripción taxonómica	19
Descripción botánica de <i>Crotalaria longirostrata</i>	19
<i>Crotalaria longirostrata</i> en el control de plagas y enfermedades	20
METODOLOGÌA	23
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
CONCLUSIÓN	30
BIBLIOGRAFIA	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Insecticidas implementados en el control de paratrioza	15
Tabla 2. Comparación de la mortalidad según la técnica evaluada	26
Tabla 3. Registro de la mortalidad en los tratamientos.....	26
Tabla 4. mortalidad de extracto metanólico de chipilín sobre <i>B. cockerelli</i> según el método de suministro	28
Tabla 5. Concentraciones letales del extracto metanólico de chipilín sobre <i>B.</i> <i>cockerelli</i>	28

RESUMEN

La inducción de resistencia en el psílido *Bactericera cockerelli* por los plaguicidas químicos, resaltan la necesidad del uso de productos alternativo garanticen un mejor control y que reduzcan la resistencia. La especie *Crotalaria longirostrata* es una fuente de metabolitos secundarios, que presentan posible actividad contra insectos plaga. El objetivo de la investigación fue evaluar la actividad biológica del extracto metanólico de hojas de *C. longirostrata* sobre ninfas de *B. cockerelli*. Se prepararon concentraciones desde 2 a 30 mg/mL para el ensayo de inmersión de la hoja y de 5 a 50 mg/mL para el ensayo de alimentación en dietas líquidas del extracto metanólico para evaluar sobre ninfas de *B. cockerelli*. Observándose que a las 48 h se presentó una mortalidad de 73.2%-100% en los tratamientos de 8 a 30 mg/mL; mientras que la mortalidad alcanzada en las dietas líquidas fue de 69.8-78.1% en las concentraciones de 15 a 50 mg/mL. Las concentraciones letales medias (CL₅₀) en los ensayos fueron de 4.78 mg/mL y 3.77 mg/mL. Los resultados obtenidos en ambas técnicas de aplicación sugieren que el extracto metanólico de hojas de *C. longirostrata* para el control del insecto *B. cockerelli* puede ser empleado como un insecticida de origen botánico alternativo al manejo del insecto.

Palabras clave: Dietas líquidas, inmersión de la hoja, bioensayo de alimentación, psílido del tomate, chipilín

INTRODUCCIÒN

La plaga *Bactericera cockerelli* Sulc. también conocida como paratrioza, salerillo, psílido del tomate o pulgón saltador, es una plaga importante en cultivos de la familia Solanaceae a especies como la papa (*Solanum tuberosum*), el chile (*Capsicum annuum*), el tomate (*Solanum lycopersicum*), berenjena (*Solanum melongena*) y tomate de cascara (*Physalis philadelphica*), la importancia de dicha plaga radica en su capacidad como vector de fitoplasmas y de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Ramírez y Figueroa, 2013).

B. cockerelli tiene su origen en Norteamérica principalmente en estados como Arizona, Nuevo México Colorado y Nevada (Vereijssen, 2022), pero su distribución no solo se limita a los estados de Estados Unidos pues también se encuentra en países como Canadá, México, Canadá, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Colombia, Ecuador y Perú (Bextine, 2013; Toledo *et al.*, 2022). En México se encuentra distribuida en casi toda la república siendo los siguientes estados donde se tienen reportes para esta plaga: Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Aguascalientes, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Nayarit, Estado de México, Ciudad de México, Oaxaca y Zacatecas (López *et al.*, 2012; Cerna *et al.*, 2021; Beltrán *et al.*, 2022).

B. cockerelli es una especie polivoltina con metamorfosis incompleta que utiliza su estilete para alimentarse de la savia de las plantas a las que ataca (Percy, 2003; Hernández, 2011), cuenta con tres estadios para completar su ciclo huevo, ninfa y adulto; en el estadio de ninfa pasa por cinco instares antes de convertirse en un adulto (Hernández, 2011). La temperatura óptima para desarrollarse es entre 24-27 °C; y la humedad relativa es entre 60 y 70 %, requiere de 280 UC a una temperatura umbral para completar su desarrollo (Becerra, 1989, Olaniyan *et al.*, 2020).

Las estrategias utilizadas para el manejo de esta plaga van desde control cultural, etológico, biológico, biorracional y químico, siendo este último el más utilizado,

práctica que ha ocasionado que se desarrolle resistencia hacia algunos ingredientes activos (Dent, 2000). Tal es el caso de insecticidas como imidacloprid, pimetozina y buprofezin los cuales reportan un control inferior al 50% (Berry *et al* 2009), también se reporta resistencia a los insecticidas endosulfán y abamectina (Cerna *et al*, 2012; (Cerna *et al*, 2015).

A raíz de los problemas de resistencia que se han presentado se ha optado por buscar otras opciones de manejo, una de estas es el control biorracional el cual consiste en el uso de extractos de plantas, minerales, sustancias producidas por otros microorganismos o sustancias sintéticas similares a las que se encuentran en el medio ambiente (Ishaaya, 2009). Uno de los extractos utilizados para el control biorracional es el de la planta *Crotalaria longirostrata* o conocida como chipilín, dicha planta ha sido utilizada ampliamente en la gastronomía, medicina natural, forrajes y recientemente se ha implementado para el uso agronómico como controlador de plagas y enfermedades; siendo *B. cockerelli* una de ellas, demostrando un gran potencial para su uso como insecticida biorracional (López *et al*, 2022).

JUSTIFICACIÓN

Derivado de las pérdidas económicas generadas y de la relevancia con la que cuenta el insecto (*B. cockerelli*) y su gran capacidad de diseminar enfermedades (fitoplasmas y bacterias); el enfoque de las anteriores se ha enfocado al control del insecto vector; por lo que una de las principales estrategias de manejo ha sido el uso de ingredientes activos, lo cual ha promovido el desarrollo de resistencia en *B. cockerelli*. Por lo que el control biorracional resulta en una opción de manejo para el insecto. *Crotalaria longirostrata* conocida como chipilín se ha implementado para el uso agronómico como controlador de plagas y enfermedades; derivado del contenido de compuestos tóxicos para los insectos por lo que el evaluar el extracto metanólico de chipilín por diversas fuentes de administración se vuelve estratégico para su establecimiento como una opción viable en el manejo integrado de plagas.

OBJETIVOS GENERAL

Evaluar la actividad biológica del extracto metanólico de hojas de *C. longirostrata* sobre ninfas de *B. cockerelli*.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Evaluar la actividad biológica del extracto metanólico de hojas de *C. longirostrata* sobre ninfas de *B. cockerelli* mediante la técnica de inmersión de la hoja.

Evaluar la actividad biológica del extracto metanólico de hojas de *C. longirostrata* sobre ninfas de mediante biensayos de alimentación en dietas líquidas.

Determinar la concentración letal media (CL₅₀) del extracto metanólico de hojas de *C. longirostrata* en ambos métodos de aplicación.

HIPOTESIS

Se espera encontrar diferencias significativas en la mortalidad de *B. cockerelli*, así como en la concentración letal media (CL₅₀) del extracto metanólico de hojas de *C. longirostrata* en ambos métodos de aplicación.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción de la plaga *Bactericera cockerelli* Sulc.

Bactericera cockerelli Sulc. también conocida como paratrioza, psílido del tomate/papa, pulgón saltador y salerillo; es un insecto plaga, especie polivoltina lo que quiere decir que tiene más de una generación por año (Burckhardt y Lauterer, 1997) pertenece a la familia Triozidae que afecta en su mayoría a plantas de la familia Solanaceae como los son la papa (*Solanum tuberosum*), el chile (*Capsicum annum*), el tomate (*Solanum lycopersicum*), berenjena (*Solanum melongena*) y tomate de cascara (*Physalis philadelphica*). La importancia de esta plaga no solo radica en el daño directo que esta pueda ocasionar sobre la planta, sino que además es la responsable de transmitir el fitopatógeno *Candidatus Liberibacter solanacearum* y fitoplasmas, lo cual da como resultado que esta plaga tenga efecto de manera indirecta al ser vector de dichos patógenos (Dávila & Figueroa, 2013).

Importancia como plaga

La primera vez que se reportó un brote de esta plaga fue en California en el año de 1940, para este punto los brotes no eran un problema, no fue hasta el año 2001 que los brotes comenzaron a tomar relevancia por la frecuencia en que aparecían en los cultivos de papa y tomate (López, 2012).

En México, la primera vez que se detectó la presencia del insecto fue en el año de 1947 en cultivos de la familia solanáceas (Pletsch, 1947). *B. cockerelli* se comenzó a considerar como una plaga primaria en los cultivos de tomate, papa y chile de México a partir del 1970. En el año de 1990 en el estado de Guanajuato redujo la producción de tomate en un 60%, en el estado de San Luis Potosí se calcularon daños de hasta un 65% en la producción en los cultivos de chile y tomate (Garzón, 2003).

En el Noreste de México, a finales de los años 90 se obtuvieron pérdidas de hasta 35% en lo que respecta a la calidad del tubérculo de la papa (Díaz *et al*, 2005; Rubio *et al*, 2011; López, 2012). Para el cultivo de papa, se ha encontrado que puede llegar a afectar hasta el 70% de la siembra total, lo cual resulta en pérdidas considerables en el rendimiento del cultivo (Martínez & Martínez, 2019). Para el caso del tomate de cascara se han registrado pérdidas económicas de hasta el 80%, esto debido principalmente al aborto floral y deformación de los frutos (Castañeda *et al*, 2017)

Esta plaga por si sola y en pequeñas poblaciones no representa un riesgo significativo en los cultivos, como daño directo puede causar marchitamiento en las plantas o amarillamiento debido a que se alimenta de la savia de la planta. Además del daño directo esta plaga actúa como vector de fitoplasmas y de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum*, lo cual ocasiona daños de manera indirecta dentro de la planta (Vereijssen, 2022).

La importancia de la plaga radica en el impacto económico que esta puede causar a los cultivos, principalmente infectando plantas con *Candidatus Liberibacter solanacearum* la cual causa clorosis, vuelve las hojas de un color púrpura, producción de frutos pequeños o de mala calidad, retraso en el crecimiento de las plantas e incluso la muerte (Vereijssen, 2022).

Daño directo

Este ocurre cuando el insecto introduce su estilete para poder succionar la savia y generar toxinas las cuales afectan la planta (Munyanza *et al.*, 2007), sin embargo, no se sabe con certeza que sea a causa de esa toxina ya que esta no ha sido aislada de modo que el daño ocasionado podría deberse a la producción de metabolitos por parte de las ninfas del insecto que a su vez son introducidos por estos mismos (Rubio *et al*, 2006; López, 2012).

Daño indirecto

Se ha encontrado que además de causar daño al alimentarse de la planta, también puede actuar como vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum* y fitoplasmas, los cuales son responsables de causar las enfermedades de “zebra chip” y punta morada de la papa (López,2012).

Refiriéndose a la punta morada de la papa (PMP), causada por fitoplasmas, entre los síntomas que esta presenta una disminución en el tamaño de la planta, abultamientos en la parte del tallo donde se insertan las hojas, formación de tubérculos aéreos y por las hojas sufren una decoloración la cual en algunas variedades pueden presentar una coloración morada (López,2012).

En estudios mediante el uso de técnicas moleculares se ha permitido encontrar que, para Estados Unidos, Malasia y Japón, se han detectado siete tipos de fitoplasmas asociados a la enfermedad de punta morada de la papa, mientras que para México solo se han encontrado dos tipos de fitoplasmas (Rubio *et al*, 2011).

Por otro lado “zebra chip” la cual es causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* y cuyos síntomas son similares a los de la punta morada de la papa, siendo una característica principal la formación de rayas similares las de una cebrá en el tubérculo al momento de freírse. Estos síntomas no tienen ninguna consecuencia en la salud humana, sin embargo, estos síntomas le bajan el atractivo al producto lo que ocasiona que su comercialización disminuya (Munyanenza *et al*, 2007; López,2012).

Distribución de la plaga

B. cockerelli Sulc es originaria de Norteamérica principalmente en los estados de Colorado, Nuevo México, Arizona y Nevada. Para los años 1920 y 1930 ya se le consideraba una plaga destructiva en los países de Estados Unidos y México (Vereijssen, 2022).

En el continente americano además de Estados Unidos y México se tienen reportes en toda la zona fronteriza al sur de Canadá; en Centroamérica en los países de

Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua; en Sudamérica en los países de Colombia, Ecuador y Perú (Bextine, 2013; Toledo *et al*, 2022).

En México se han encontrado registros de origen y distribución en el norte del país especialmente en los estados que tienen frontera con Estados Unidos. Los registros de *B. cockerelli* demuestra que se encuentra ampliamente distribuido en el país siendo los siguientes estados donde está presente: Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Aguascalientes, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz, Nayarit, Estado de México, Ciudad de México, Oaxaca y Zacatecas (López *et al.*, 2012; Cerna *et al.*, 2021; Beltrán *et al.*, 2022).

Ubicación taxonómica

En el año 2005 era considerado por Triplehorn y Johnson como un psílido es decir pertenecía a la familia Psyllidae, después paso a ser de la familia Triozidae (Hodkinson 2009), dicho esto la clasificación taxonómica es la siguiente:

Reino: Animal

Phyllum: Artrópoda

Clase: Hexápoda

Orden: Hemíptera

Suborden: Sternorrhyncha

Familia: Triozidae

Género: *Bactericera*

Especie: *B. cockerelli*

(Hudkinson,2009)

Características morfológicas de *B. cockerelli* Sulc

B. cockerelli Sulc es un hemíptero de metamorfosis incompleta, se caracteriza por alimentarse de las plantas introduciendo su estilete para alimentarse de la savia de las plantas hospederas (Percy, 2003; Hernández, 2011). Los insectos constan de tres estadios huevo, ninfa y el adulto.

Huevo

Los huevos en un inicio son de un color amarillo claro y se va oscureciendo conforme avanza el tiempo pudiendo llegar a ser incluso de color naranja; las medidas del huevo varían de entre 0.32-0.34 mm de largo y 0.13-0.15 mm de ancho (Vereijssen, 2022), además en uno de los extremos presentan un pedicelo el cual les ayuda a adherirse a las hojas de la planta hospedero (Garza y Rivas, 2003; Hernández, 2011).

Ninfa

Las ninfas se encuentran ubicadas en el envés de la hoja esto debido a que prefieren los lugares protegidos y sombreados. El desarrollo de las ninfas se compone de 5 instares, generalmente son sedentarias al menos hasta el tercer instar de su desarrollo, siendo el cuatro y cinco en los que se encuentra más activo (Marín, 1995)

Primer instar

En cuanto a color se pueden encontrar anaranjadas o amarillas (Hernández, 2011), otra característica es que están aplanadas dorso-ventralmente, con forma ovalada, cabeza y tórax fusionado, no se distingue la división del cuerpo, antenas basales cortas y gruesas con una seta en el último segmento (Marín, 1995), ojos notorios de color anaranjado (Becerra, 1989), estilete casi del largo del cuerpo, patas bien

desarrolladas con segmentación poco visible, paquetes alares poco notables, margen del cuerpo cubierto por una hilera de setas truncadas (Marín, 1995)

Segundo instar

De igual manera es aplanado dorsoventralmente, cabeza, tórax y abdomen con divisiones visibles, antenas con segmentación no diferenciada, clípeo, labio y estilete bien diferenciados, paquetes alares bien desarrollados, patas con segmentación diferenciada, abdomen con segmentación poco marcada y con los espiráculos de los primeros segmentos diferenciados (Marín, 1995).

Tercer instar

Divisiones en el cuerpo bien definidas, antenas con tres sensilias, se adelgazan a partir de la parte media y terminan en setas sensoriales, paquetes alares notorios en la parte del mesotórax y metatórax (Hernández, 2011), abdomen con los primeros cuatro pares de espiráculos diferenciados, de igual manera los cirulos de poros anales y el ano diferenciados (Marín, 1995), el tórax en este instar comienza a tornarse de color verde amarillento (Pletsch, 1947).

Cuarto instar

Las divisiones en el cuerpo al igual que en el instar anterior, al igual que las antenas la única diferencia es que cuenta con una sensilia más, en los ojos se hacen evidentes las omatidias, patas segmentadas con un par de uñas, la constricción entre el abdomen y el tórax se hace más notoria (Marín, 1995).

Quinto instar

Antenas de tres segmentos con cuatro sensilias y dos setas sensoriales los paquetes alares anteriores presentan los ángulos humerales proyectados hacia la parte anterior del cuerpo, patas bien definidas con un par de uñas y un solo tarso (Marín, 1995)

Adulto

El color que tienen al emerger es verde amarillento, al pasar alrededor de 7 días comienza a cambiar su coloración de ámbar a café oscuro y por último se torna de color negro, alas de color blanca que al cabo de unas horas se vuelven transparentes, ojos grandes color café, antenas filiformes, tórax amarillento con manchas café bien definidas, en las hembras el abdomen con forma cónica que está dividido en cinco segmentos más un segmento genital, en el caso de los machos el abdomen tiene seis segmentos más el segmento genital (Marin, 1995)

Ciclo de vida de *B. cockerelli* Sulc

Los huevecillos de *B. cockerelli* Sulc generalmente se encuentran en el envés de las hojas, aunque también se pueden llegar a encontrar en la parte posterior de las hojas y rara vez en los peciolo y tallos de la planta (Knowlton y James, 1933; Olaniyan, 2020). Los huevos miden 0.3 mm de largo y 0.1 mm de ancho, son de color amarillo y de forma ovalada; en uno de sus extremos cuenta con un pedúnculo el cual les ayuda a adherirse a la superficie de las hojas (Olaniyan *et al*, 2020).

Las hembras viven alrededor de 21 días y pueden depositar de 1 a 11 huevecillos e incluso existen hembras que pueden llegar a ovipositar alrededor de 300 huevos durante su periodo de vida (Hernández, 2011). Las oviposiciones necesitan alrededor de 15 días para poder incubarse (Olaniyan *et al*, 2020), alrededor de 17 días para poder completar los instares en el estadio de ninfa y alrededor de 30 días en

total desde la cúpula hasta la formación del nuevo adulto (Garza y Rivas, 2003; Hernandez,2011).

El desarrollo de *B. cockerelli* Sulc está fuertemente influenciado por la temperatura; la temperatura óptima para que alcance su desarrollo se encuentra entre 24 y 27° C, y arriba de los 31° C siendo perjudicial e incluso pudiendo causarle la muerte al insecto (Lewis *et al*, 2015; Olaniyan *et al*, 2020). Para el caso de la humedad relativa óptima para que se desarrolle la plaga se encuentra en el rango de 60-70% (Abdullah,2008). Las unidades calor requeridas para completar su desarrollo de huevo a adulto, tomando en cuenta una temperatura umbral de 10° C, son 280 UC; para pasar de huevo a ninfa requiere de 56 UC, alrededor de 40 UC en los primeros cuatro instares del estadio de ninfa y por último requiere de 61 UC para pasar del quinto instar a adulto (Becerra, 1989)

Las ninfas en los primeros instares se encuentran adheridas a las hojas pertenecen casi inmóviles, se les puede encontrar cerca de las oviposturas y en ciertas ocasiones se mueven solo para conseguir mejor ventilación y temperatura (Castellanos, 2004; Hernández, 2011).

Para el caso de los adultos se pueden encontrar en toda la planta e incluso volando de una planta a otra, también presenta hábitos migratorios lo cual ocurre en el momento en que las temperaturas se elevan por encima del rango que esto pueden soportar (Hernández, 2011). Las hembras alcanzan la madurez sexual dentro de las primeras 24h después de la eclosión mientras que los machos la alcanzan dentro de las 24 a 48h posterior a la eclosión (Guedot *et al*, 2012). El apareamiento ocurre entre el segundo y tercer días después de la eclosión, pero se han encontrado hembras apareándose después de la primera hora posterior a la eclosión (Davis, 1937).

Principales estrategias de manejo

Control cultural

Otra alternativa dentro del control cultural es la eliminación de las plantas después de la cosecha para evitar los focos de infestación (Avilés *et al.*, 2003). En el control encontramos la eliminación de plantas que puedan funcionar como hospederos alternos como puede ser la correhuela (*Convolvulus arvensis*), el estramonio (*Datura stramonium*) o el tomatillo de virginia (*Physalis virginiana*) por mencionar algunos, estos hospedantes también actúan como maleza, por lo que estas al estar cerca del cultivo se convierten en una amenaza (Delgado-Ortiz *et al.*, 2019; EPPO, 2024).

Control etológico

Cuando se habla de control etológico se refiere a realizar control en base al comportamiento del insecto por medio de feromonas, cebos o trampas de luz para el caso de *B. cockerelli* es común utilizar trampas pegajosas amarillas las cuales por el color resultan atractivas para el insecto, estas trampas se pueden imbuir con feromonas sexuales para hacerlo más atractivas para el insecto y que de esta manera quede adherido a la trampa, este tipo de trampas no solo sirve como control si no también nos ayuda en el monitoreo de las poblaciones del insecto; además de estas alternativas existe el uso de mayas que rodean al cultivo para evitar el acceso del insecto (Vereijssen *et al.*, 2018).

Control biológico

Debido a la creciente resistencia hacia los productos químicos por parte de los insectos se opta por buscar otras alternativas como lo es el caso del control biológico el cual consiste en utilizar organismo como lo pueden ser depredadores, parasitoides, enemigos naturales u hongos entomopatógenos; haciendo esto nos permite mantener la población de insectos plaga en niveles que no sean perjudiciales para nuestro cultivo (Caudillo, 2010)

Dentro de los organismos comúnmente utilizados dentro del control biológico tenemos los hongos entomopatógenos los cuales son conocidos por su gran efectividad en dicho control, como ejemplo tenemos los casos de *Metarhizum anisopliae* y *Beauveria bassiana* para los cuales se reporta un control sobre *B. cockerelli* Sulc de 66-91% (Quintero, 2025).

Continuando con los organismos utilizados para el control tenemos a los insectos depredadores entre los cuales tenemos distintas especies de catarinitas pertenecientes al género *Hippodamia*, especies del género *Chrysoperla* en el cual destaca *Chrysoperla carnea* teniendo un consumo diario de 24 ninfas por día (Catzim, 2011). Por otro lado, también existen chinches del género *Nabis*, chinches ojonas (*Geocoris decoratus*) (Knowlton, 1933), para el caso de los parasitoides se reporta *Tamarixia triozae* (Olaniyan *et al*, 2020).

Control biorracional

El control biorracional se refiere al uso de productos derivados de extractos vegetales, minerales, sustancias producidas por otros microorganismos o a sustancias sintéticas similares a las que hay en la naturaleza. El control biorracional presenta muchas ventajas pues esta nos permite disminuir el uso de insecticidas químicos, presenta alta selectividad contra plagas de interés, compatibilidad con el control biológico (no afecta a nuestros organismos de control biológico), baja o nula toxicidad, además de que esta no deja residuos en el ambiente ni en el cultivo (Ishaaya, 2009).

H. longipes es una planta de importancia dentro del control biorracional gracias al compuesto afinina el cual en diversos estudios se ha demostrado su efectividad como compuesto insecticida, este compuesto tiene similitudes con el piretro compuesto de actividad insecticida extraído de la planta *Chrysanthemum cinerariaefolium*; para el extracto de “chilcuas” (*Heliopsis longipes*) se reporta una mortalidad en ninfas del 30-100 % a 100 y 3000 ppm en ensayos de laboratorio con una CL₅₀ de 234 ppm (Casida, 1980; Beltrán *et al.*, 2015; Delgado *et al.*, 2019).

Para *Anopheles albimanus* existe reporte de DL₅₀ de 2.85 ppm de afinina (Hernández *et al.*, 2012).

Otro de los productos utilizado en el control biorracional es el caso de la menadiona el cual es un compuesto derivado de la vitamina K3 en uno de los estudios realizado para evaluar su actividad insecticida *in vitro* se obtuvo una CL₅₀ para *Bemisia tabaci* 521.72 ppm y una mortalidad superior al 60%; para *B. cockerelli* se obtuvo un CL₅₀ de 54.79 ppm con una mortalidad superior al 80% (Delgado Ortiz *et al*, 2022).

La planta chicalote (*Argemone mexicana*) ha mostrado propiedades insecticidas en la cual se identifican siete metabolitos secundarios involucrados con la actividad insecticida de la planta; se reporta una mortalidad de 83.9% a las 48 horas en ninfas de *B. cockerelli* a concentraciones de 20 y 30 mg/mL, también se reporta una CL₅₀ de 7.63 mg/mL (Delgado *et al*, 2023).

Por mencionar algunos otros extractos para el control de *B. cockerelli* tenemos aceite de neem (*Azadirachta indica*), extracto de ajo (*Allium sativum*) y chipilín (*Crotalaria longirostrata*) (Barrios *et al*, 2016).

Control químico

Como en la mayoría de los casos en el control de plagas el método químico también es el más utilizado para controlar a *B. cockerelli* Sulc siendo que se pueden realizar hasta 30 aplicaciones para el cultivo de papa (Cerna *et al*, 2012). Dentro de los grupos químicos utilizados para el control de la paratrioza encontramos productos sistémicos como lo son aldicarb, cianiliprol, abamectina, imidacloprid, espirotetramat, endosulfan, disulfoton, ditiofosfato, tiametoxam, thiacloprid y methamidophos; por otro lado, también existen productos de contacto utilizado para su control como puede ser cipermetrina, cyfluthrin, dimetoato, pyriproxifen, esfenvalerato y spiromesifen (López *et al*, 2022), Tabla 1 muestra algunos ingredientes activos usados en el control del insecto. El uso excesivo de productos químicos a ocasionado que este insecto desarrolle resistencia debido las

aplicaciones intensivas y repetitivas. Esto ocasiona que las poblaciones resistan dosis cada vez más altas haciendo casi inútiles las aplicaciones (Becerra, 1989).

Tabla 1. Insecticidas implementados en el control de paratirozoa

Grupo químico	Ingrediente activo	Nombre comercial	Modo de acción
1^a	Carbarilo	Servin	Contacto e ingestión
(Carbamatos)			
1^a	Metomilo	Lannate	Contacto e ingestión, sistémico
1^a	Oxamilo	Vydate	Contacto e ingestión, sistémico
1^a	Pirimicarb	Pirimor	Contacto, fumigante, translaminar
1B	Acefato	Orthene	Contacto e ingestión, sistémico
(Organofosforados)			
1B	Azinfos metilo	Gusathion metílico	Contacto e ingestión
1B	Diazinon	Diazinon	Contacto, ingestión y respiratoria
1B	Dimetoato	Rogor/Perfekthion	Contacto e ingestión, sistémico
1B	Malatión	Malatión	Contacto e ingestión
1B	Metamidofos	Tamaron	Contacto e ingestión, sistémico
1B	Forato	Thimet	Contacto y fumigante, sistémico
1B	Pirimifos metilo	Actellic	Contacto e ingestión, fumigante
3^a	Alfa cipermetrina	Fastac/concord	Contacto e ingestión
(piretroides)			
3^a	Esfenvalerato	Belmark/conquer	Contacto e ingestión
3^a	Delta metrina	Decis	Contacto e ingestión
3^a	Lambda cialotrina	Karate	Contacto e ingestión

4^a (neonicotenoïdes)	Imidacloprid	Confidor	Contacto e ingestión, sistémico
4^a	Thiacloprid	Calypso	Contacto e ingestión, sistémico
4^a	Thiamethoxam	Actara/cruiser	Contacto e ingestión, sistémico
5 (spinosinas)	Spinetoram	Exalt	Contacto e ingestión
6^a (avermectinas)	Avermectina	Agrimek/Abamectin	Contacto e ingestión
9^a (Piridinas)	Pimetrozina	Plenum	Inhibe la alimentaci3n
15 (benzoilfenilureas)	Novaluron	Rimon	Inhibidor de la sntesis de quitina
17^a (tiadizinas)	Thiadiazina	Buprofezin	Inhibidor de la sntesis de quitina
21^a (Pyrazoles)	fenpyroximate	Fenamite	Contacto e ingestión
21 (inhibidores de la sntesis de lípidos)	Spiromesifen	Oberon	Inhibe desarrollo y fecundidad, ovicida
23 (Ketoenoles)	Spirotetramat	Movento	Inhibe la producci3n de lípidos
28 (diamidas antranílicas)	Chlorantraniliprole	Coragen	Activador de los receptores de la rianodina de los insectos
Compuestos orgánicos	Azadirachtin	Neem	Regulador de crecimiento, antialimentario
Aceite mineral	Aceite mineral	Saf-T-side / Sunspray	Contacto, interfiere con los procesos metab3licos

Velázquez-Vega et al, 2015

Por otro, el uso de nanopartículas de grafito también se ha convertido en una opción para potencializar el efecto de insecticidas convencionales. Roque *et al.* (2025) en una reciente investigación donde se evaluaron los efectos de las nanopartículas de

grafito en combinación con los insecticidas imidacloprid, lambda cyalotrina y dimetoato; donde se obtuvieron las CL₅₀ de 1.96 mg/L (imidacloprid), 13.85 mg/L (lambda cyalotrina) y 57.31 mg/L (dimetoato) alcanzando mortalidades por encima del 90%. Por otro lado, los insecticidas por si solos obtuvieron una CL₅₀ de 103.7 mg/L, 285.52 mg/L y 492.35 mg/L, respectivamente.

Resistencia a insecticidas en *B. cockerelli* Sulc

Es constante uso y las excesivas aplicaciones de productos químicos para el control de *B. cockerelli* en el cultivo de papa, donde se han reportan de entre cinco y treinta aplicaciones de insecticidas (Rubio *et al*, 2006). El uso excesivo de estos productos trae consigo efectos negativos, entre estos la acumulación de estos compuestos en el ambiente, afecta poblaciones de insectos benéficos e incluso enemigos naturales que ayudan en el control del insecto plaga, y por último el desarrollo de resistencia por parte del insecto plaga (Dent, 2000). El uso irracional de estos productos genera poblaciones resistentes a las aplicaciones; por su parte Berry *et al* (2009), evaluaron 13 insecticidas (diclorvos, lambda-cyalotrina, methomyl, tauflualinato, metamidofos, azadirachtin, buprofezin, spiromesifen, pimeprozine, abamectina, spirotetramat, imidacloprid y thiacloprid) en Nueva Zelanda para los cultivos de papa y tomate se reporta un control inferior al 50% para los insecticidas imidacloprid, pimeprozine y buprofezin. La resistencia de tipo fisiológica es la más importante por la elevada cantidad de enzimas esterases y oxidasas encargadas de la resistencia como reporta Dávila *et al* (2011) para la región de Arteaga, Coahuila.

Cerna (2013) reporta que las β - esterases y oxidasas son las enzimas que se encuentran más relacionadas con la resistencia en *B. cockerelli* a los insecticidas pireroides, neonicotinoides, fosforados y carbámicos; al menos para la zona papera de Coahuila y Nuevo León. Por lo anterior proponen la reducción de las aplicaciones de productos organofosforado y carbamatos, así como también disminuir los intervalos en la aplicación de piretroides.

Cerna (2012) reporta problemas de resistencia para imidacloprid en la zona de Saltillo, Coahuila y Nuevo León obteniendo una PR (Proporción de Resistencia) de 20.4 y 29.3 respectivamente, tomando en cuenta que una proporción superior a las 10 unidades se consideró que presentaba problemas de resistencia. Por otro lado, el ingrediente activo endosulfan presento problemas de resistencia en la población proveniente de San Rafael, Nuevo León una PR de 11.7.

En otro estudio de resistencia, se colectaron poblaciones de *B. cockerelli* de los estado de Coahuila-Nuevo León, San Luis Potosí y Aguascalientes, teniendo como resultado la resistencia a razón de 2.57 de resistencia para la población procedente de Coahuila-Nuevo León, 1.69 para Aguascalientes y 10.72 para San Luis Potosí al insecticida abamectina, dicha diferencia tan notoria se debe al mal uso de este insecticida lo que provoca que después de un tiempo de aplicaciones excesivas aparezcan poblaciones resistentes (Cerna *et al*, 2015)

Crotalaria longirostrata

C. longirostrata pertenece a la familia Fabaceae, el género *Crotalaria* está ampliamente distribuido en el mundo, se puede encontrar en países africanos como lo son: Madagascar, Camerún, Nigeria y Senegal; en América en países como lo son Estados Unidos, México, Guatemala, Brasil, Argentina Colombia y Venezuela; también se han observado especies en los países de Sri Lanka, Haití, Tailandia y Australia (López *et al*, 2022). La especie *C. longirostrata* es una especie nativa de América Central y México, la cual es comúnmente utilizada en la gastronomía de estos países debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales entre los que podemos encontrar isoleucina, leucina, arginina, histidina, lisina, treonina y valina (Mateos *et al*, 2020, López *et al*, 2022); *C. longirostrata* ha demostrado su potencial como forraje para animales pues ayuda a la fermentación del rumen en el ganado, también es utilizado como abono verde en suelos ácidos ya que se ha demostrado su capacidad para fijar nitrógeno en suelo explotados por la agronomía (Wanapat *et al.*, 2021, Mosjidis & Wang, 2011); por otro lado, también ha sido utilizado en el ámbito fitosanitario como herbicida, insecticida y fungicida debido a su alto

contenido de metabolitos secundarios como flavonoides, alcaloides, ácidos orgánicos, y compuestos fenólicos (López *et al*, 2022).

Descripción taxonómica

Crotalaria longirostrata también conocida como chipilín es una planta perteneciente a la familia Fabaceae, fue descrita por los botánicos William Jackson Hooker y George Arnott Walker Arnott en 1838. Su descripción taxonómica es la siguiente:

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Crotalaria*

Especie: *Crotalaria longirostrata* Hook. &
Arn

Descripción botánica de *Crotalaria longirostrata*

C. longirostrata es una planta de porte arbustivo o herbáceo, puede ser tipo anual o perenne (Guerra *et al*, 2016), la temperatura óptima para su desarrollo esta entre los 16 - 32 °C (Rovira *et al*, 2019), su altura varía desde los 0.34 m hasta los 2.65 m, con tallos rectos con base leñosa en algunos casos, los tallos son del tipo estriados, taretos, pubérulos, tormentosos, pilosos y pubescente. Las inflorescencias pueden ser simples, axilares, terminales u opuestas a la hoja, las flores pueden medir de entre 0.2 - 1.5 cm, con una a tres flores por inflorescencia, son zigomorfas, normalmente con cinco lóbulos florales, pétalos color amarillo con manchas rojo-violáceas o azul-violáceas; presenta hojas compuestas, alternas,

bordes del tipo enero. Las semillas son impermeables al agua, testa dura y lisa, de forma ovalada; los frutos que produce son legumbres, miden entre 1.8 - 1.9 cm de largo, dentro de las cuales se albergan una gran cantidad de semillas (Bussman *et al*, 2021, López *et al*, 2022).

Su reproducción, normalmente se da de manera sexual a partir de las semillas que se generan en los frutos, la planta aborta gran número de estas flores después de dos días de la apertura con el fin de generar solo frutos de buena calidad.

Además, la planta con un sistema de reproducción conocido como xenogamia facultativa lo que quiere decir que es capaz de realizar reproducción cruzada también puede reproducirse por sí misma según le convenga (López *et al*, 2022).

***Crotalaria longirostrata* en el control de plagas y enfermedades**

Como ya se mencionó anteriormente uno de los múltiples usos que se le da a *C. longirostrata* es el de sus extractos para el control biorracional de algunas de las plagas y enfermedades (López *et al*, 2022). Miranda *et al*. (2018) reporta el uso del extracto acuoso de *C. longirostrata* con acción fungistática en donde se obtuvo un control del 31% para *Fusarium* sp., 21% para *F. solani* y para *F. oxysporum* un control del 27% después de 96 h fueron las siguientes; para la fracción de eter etílico solo se obtuvo actividad bactericida del 27% para *Staphylococcus epidermidis*.

El extracto metanólico de las raíces ha demostrado tener efecto inhibitorio en el crecimiento micelial y la esporulación en el hongo *F. verticiloides* en un 71%, de igual manera el extracto obtenido de ramas, tallo y raíz inhibieron el crecimiento del micelio y la esporulación en un 90% para *Aspergillus flavus* (Cruz *et al*, 2020). Su uso en el control de nematodos también ha sido evaluado, mediante la implementación de residuos de *C. longirostrata* al 2%, para el manejo de las especies de *Meloidogyne incognita* y *M. arenaria*; demostrando una disminución del daño del 71% (Del Prado *et al*, 2018).

Por otro lado, también tiene efectos insecticidas en ciertas especies, aunque los estudio sobre esto son limitados, se ha demostrado sus efectos en *Drosophila*

melanogaster en la cual se obtuvo una CL_{50} de 7.95 ppm; para el caso de *Callosobruchus maculatus* se obtuvo una mortalidad del 54% y 62% de reducción en la emergencia de adultos (López *et al*, 2022); también se ha evaluado su efecto en *Diabrotica speciosa* experimento en cual se obtuvo un alto potencial de mortalidad en larvas cuando estas eran expuestas a plantas aisladas de *Crotalaria*, una disminución en supervivencia de inmaduros y disminución de la longevidad en adultos cuando esta se encontraba asociada al cultivo de maíz palomero (Rech *et al*, 2024); para *Spodoptera litura* el extracto de acetato de etilo de *Crotalaria* a una concentración de 9% logro un fuerte efecto anti alimentario, una alta mortalidad en larvas aunado a una supresión completa en la emergencia de adultos (Venkatesh & Arivudainambi, 2024). En *B. cockerelli* Sulc. Se reporta una alta mortalidad en ninfas a las 48h de realizada la aplicación lo que demuestra su alto potencial como insecticida (López *et al*, 2022). Un estudio realizado en el pez zebra en el cual se evaluó la toxicidad del extracto de chipilín en el cual se encontró que a concentraciones por debajo de 125 $\mu\text{g/mL}$ no resulta toxico, sin embargo, a una concentración por encima de 250 $\mu\text{g/mL}$ el pez zebra presenta anomalías en su desarrollo (Hernández *et al*, 2024).

Un análisis fitoquímico en *C. longirostrata* mostro los compuestos responsables de la actividad biocida entre los cuales se encontraron flavonoides, isoflavonoides, alcaloides, triterpenoides, fenilpropanoides, antraquinonas, cumarina, glucósidos cianogénicos y proteasas inhibidoras (Cruz *et al*, 2017). En un ensayo realizado para el control de *Fusarium verticillioides* en el cultivo de maíz bajo un experimento *in vivo*, ensayo en el cual se identificaron y cuantificaron los metabolitos secundarios con mayor presencia en los que destacaron compuestos fenólicos (ácido gálico), ácidos cinámicos (ácido cafeico) y el alcaloide pirrolizidínico monocrotalina; compuestos a los cuales se les puede atribuir la acción fungistática (Cruz *et al*, 2020, López *et al*, 2022). Una reciente investigación sobre el extracto metanólico de *C. longirostrata*, demostró que el compuesto 1β , 2β -Epoxi- 1α -metoximetil- 8α -pirrolizidina (un alcaloide de pirrolizidina) es el responsable de la actividad insecticida sobre *B. cockerelli* (López *et al*, 2022). Además, en la especie *Crotalaria pallida* se encontró el compuesto de la usaramina el cual está presente en las

semillas de la planta, dicho compuesto ha demostrado tener un alto potencial biocida en *D. melanogaster* (Peñaloza & Peláez, 2014). De igual manera a partir de las semillas de *C. juncea* se obtuvo un extracto de éter de petróleo en el cual se encontró el metabolito estigmasterol el cual también tuvo un efecto biocida en pupas de *D. melanogaster* (Peñaloza & Peláez, 2014). Por su parte *C. retusa* a través de un análisis fitoquímico se demostró la presencia de esteroides, alcaloides, saponinas y taninos, dichos compuestos están involucrados en la actividad antimicrobiana de *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Aspergillus niger* (Dhole *et al.*, 2011).

METODOLOGÍA

Colonia de *B. cockerelli*.

Los insectos fueron recolectados en la Universidad Autónoma Aguascalientes en marzo de 2024, por el Dr. Juan Carlos Delgado Ortiz. Para el mantenimiento, desarrollo e incremento de la colonia de insectos se llevó a cabo en jaulas entomológicas con plantas de tomate variedad Río Grande, con un fotoperiodo de 14:10 h (luz/oscuridad) y 25 ± 1 °C (Roque Enriquez *et al.*, 2021).

Recolección y elaboración del extracto de *C. longirostrata*.

La recolección del material vegetal y elaboración del extracto de *C. longirostrata* se realizó en Chiapa de Corzo, Chiapas, México; según lo descrito por López-López *et al.* (2022). Donde se recolectarán los tallos con hojas para posteriormente secarlas a la sombra por siete días, una vez deshidratado el tejido solo se extrajeron las hojas para la elaboración del extracto. El proceso de pulverizados se realizó con una licuadora (Waring Commercial, modelo 7011s), el tejido se trituro hasta que el material vegetal quedara como un polvo fino. El pulverizado se macero en metanol al 96% (200 g de material seco por 1 L de solvente) durante 30 días. El extracto crudo fue filtrado en un matraz Kitasato con ayuda de una bomba de vacío y papel Whatman N° 1, para posteriormente ser almacenado a 4 °C hasta su uso.

Densidad del extracto.

La densidad relativa del extracto fue estimada con un picnómetro Gay-Lussac (Brand 16038, Alemania) fue realizada según lo descrito por Solihah *et al.* (2018, con modificaciones), implementado la siguiente fórmula y expresada en mg/mL:

$$Densidad\ relativa = \left(\frac{m_1 - m}{m_2 - m} \right) * d_{24}^t$$

Donde, m= masa del picnómetro (g), m_1 = masa del picnómetro con la muestra (g), m_2 = masa del picnómetro con agua (g) y d_{24}^t = es la densidad del agua a 24 °C (0,997299 g/cm³).

Bioensayo de inmersión de la hoja

El ensayo de inmersión de la hoja se realizó siguiendo la metodología del método de prueba de susceptibilidad del IRAC 002 para psílicos, versión 3 (IRAC, 2024). Las hojas con 15 ninfas del tercero al quinto estadio de *B. cockerelli* fueron sumergidas durante 5 s en las diferentes concentraciones (0, 5, 10,15, 20, 30, 40 y 50 mg/mL) del extracto de chipilín. Donde cada uno de los tratamientos contó con tres repeticiones. Todas las hojas de cada tratamiento se dejaron secar sobre papel papel destreza durante 30 s, posteriormente se colocaron con papel húmedo en cajas Petri. La mortalidad fue evaluada cada 24 h con la ayuda de un microscopio estereoscopio binocular (Motic SMZ-171), donde se consideró como ninfas muertas aquellas ninfas con cambio de coloración a café marrón, consistencia lechosa, deshidratadas y que no respondieron al estímulo de un pincel. Los de mortalidad fueron ajustado con la fórmula de Henderson & Tilton (1955).

$$Mort. corregida = \left(\frac{\% \text{ mortalidad del tratamiento} - \% \text{ mortalidad trat.}}{100 - \% \text{ mortalidad del control}} \right) * 100$$

Bioensayos de alimentación suplementado con extracto de chipilín

Para los bioensayos de alimentación en dietas líquidas fue realizado según la dieta descrita por Oh & Tamborindeguy (2023), donde la dieta se constituía de la siguiente manera: PBS 1x , fuente de calóricas al 15 %; dicha dieta fue suplementada con 5, 10,15, 20, 30, 40 y 50 mg/mL del extracto de chipilín según lo reportado por López et al. (2022), también se incluyó en el experimento un control (sin alcaloides o extracto). Para el desarrollo de dicho bioensayo se recolectaron de las colonias de psílicos, ≈ 25 hembras adultas jóvenes; las cuales se colocaron en cámaras de alimentación de plástico (Altura = 5 cm, diámetro = 3 cm). La cámara interna fue cubierta con una lámina de Parafilm en la cuales se colocarán 30 mL de la dieta líquida (la dieta fue reemplazará según fue requerido). La supervivencia del insecto se contabilizó cada 24 h. Los bioensayos de alimentación se realizaron por triplicado por tratamiento. Los de mortalidad fueron ajustado con la fórmula de Henderson & Tilton (1955).

$$M. corregida = \left(1 - \frac{n \text{ en Co antes del trat.} * n \text{ en T después del trat.}}{n \text{ en Co después del trat.} * n \text{ en T antes del trat.}} \right) * 100$$

Donde: n: número de individuos, Co: control, T: concentración o número de tratamiento.

Análisis de datos

Los datos de mortalidad fueron analizados bajo un diseño de dos factores AxB donde el factor A fue el tipo de ensayo y el Factor B fue la concentración donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de las medias a través de la prueba de Tukey ($p = 0,05$), mediante el programa estadístico SAS versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los bioensayos al analizar únicamente el factor A (técnica de aplicación) del extracto metanólico de chipilín muestras que no existe diferencia significativa en la mortalidad registrada ambos bioensayos; sin embargo, se puede observar una mayor mortalidad en el ensayo de inmersión de la hoja (ver tabla 2).

Tabla 2. Comparación de la mortalidad según la técnica evaluada

Técnica	Mortalidad \pm desviación estándar
Inmersión	64.01 \pm 40.32 a
Dieta líquida	61.81 \pm 17.72 a
<i>p</i> -valor	0.0182

Mientras que al hacer el análisis del factor B (concentraciones) que analiza las mortalidades obtenidas independientemente de la técnica de aplicación; podemos observar que no existe diferencia significativa en la mortalidad obtenida en las concentraciones 12, 16, 20 y 30 mg/mL, las cuales oscilan en un rango de 81.6-89.1 % (ver tabla 3). Lo cual concuerda con lo reportado por López López *et al.* (2022).

Tabla 3. Registro de la mortalidad en los tratamientos

Concentración (mg/mL)	Mortalidad \pm desviación estándar	
0	14.76 \pm 16.23	D
2	23.48 \pm 21.92	D
4	54.46 \pm 8.71	C
8	71.51 \pm 16.38	B
12	81.67 \pm 10.57	a b
16	86.77 \pm 14.91	a b
20	81.54 \pm 13.37	a b
30	89.08 \pm 12.96	a
<i>p</i> -valor	0.0001	

Rech et al. (2025) determinaron una reducción en la supervivencia de *Diabrotica speciosa* a 17.92 % al ser alimentadas con hojas de maíz y hojas de *C. juncea*; mientras que los individuos de *Diabrotica speciosa* que se alimentaron de hojas de maíz con mulch de *C. juncea* (porciones de hoja, tallo y raíz deshidratados) redujeron en un 27.08 % la supervivencia, mientras que los insectos alimentados con hojas de *C. juncea* mostraron un 100 % de mortalidad. Lo cual concuerda con lo obtenido en esta investigación, cabe destacar que la evaluación de Rech et al. (2025) fue con tejido vegetal (raíz).

Mientras que nuestros resultados son similares a los obtenidos por Hernández-Reyes et al. (2024) reporta mortalidades del 100% en el pez cebra (*Danio rerio*) en diversas concentraciones del varios extractos de chipilín con diversos solventes; los peces expuestos a concentraciones de 50 mg/mL extracto acuoso de chipilín murieron, mientras que para el extracto etanólicos con solo 10 mg/mL murió el 100 % de los individuos expuestos, mientras que el extracto acuoso-etanólicos de chipilín con tan solo 1 mg/mL obtuvo un 100 % de mortalidad.

Analizando las mortalidades obtenidas por cada técnica de aplicación (Tabla 4), se puede notar que la aplicación del extracto metanólico de chipilín por técnica de inmersión de la hoja fue la registra las mayores mortalidades (hasta el 100 %) en comparación con la técnica de dietas líquidas. Siendo los resultados similares a los obtenidos por López López et al. (2022) quienes reportaron una mortalidad desde 24-100 % con la aplicación de extracto metanólico de chipilín mediante en ensayos de inmersión de la hoja a concentraciones de 2-30 mg/mL a las 72 h posteriores a la aplicación. Si bien la dieta líquida no mostro la misma eficiencia que el método de inmersión de la hoja, mostró datos más compactos sin mostrar diferencia significativa en las concentraciones de 4-30 mg/mL.

Tabla 4. mortalidad de extracto metanólico de chipilín sobre *B. cockerelli* según el método de suministro

Tratamientos (mg/mL)	Mortalidad \pm desviación estándar	
	Inmersión de la hoja	Dieta líquida
Testigo	0 \pm 0d	29.52 \pm 2.16 c
2	4.8 \pm 5.52d	42.17 \pm 11.33 bc
4	50.9 \pm 15.08c	58.02 \pm 11.21 ab
8	73.2 \pm 20.55b	69.85 \pm 4.17 a
12	90.2 \pm 0.45ab	73.15 \pm 7.82 a
16	100 \pm 0a	73.54 \pm 5.50 a
20	95.2 \pm 5.52ab	70.9 \pm 4.07 a
30	100 \pm 0a	78.16 \pm 7.89 a
p-valor	0.0001	0.0001

Las concentraciones letales medias (CL₅₀) del extracto metanólico de *C. longirostrata* según el método de suministro en *B. cockerelli* se muestran en la tabla 5, donde se puede observar que la menor CL₅₀ se registró en el método de inmersión de la hoja.

Tabla 5. Concentraciones letales del extracto metanólico de chipilín sobre *B. cockerelli*

Técnica	CL ₅₀ (mg/mL)	Limites fiduciales	Ec. de predicción	Coef. de determi.
		LFI-LFS		
Inmersión	4.78	3.52-6.05	y=-2.3180x + 3.4102	0.623
Dieta líquida	5.96	3.09-8.56	y = -0.6746x + 0.8705	0.649

Hernández-Reyes *et al.* (2024), reportan que la CL₅₀ es variable según el solvente con el que se realizó el extracto de chipilín, donde el extracto acuoso de chipilín mostró ser el más tóxico para el pez cebra con una CL₅₀ de 2.41 µg/mL, posteriormente el extracto acuosos/etanólicos de chipilín con una CL₅₀ de 2.49 µg/mL, y el extracto etanólicos con CL₅₀ de 3.41 µg/mL para el modelo *in vivo* (*Danio rerio*); quienes mencionan que la mortalidad registrada podría atribuirse al efecto sinérgico de los metabolitos presentes en los extractos donde el alcaloide pirrolizidínico más abundante fue trachelanthamidina. Mientras que CL₅₀ obtenida en esta investigación (CL₅₀ = 4.78) concuerda con la obtenida por López López *et al.* (2022); quienes reportan que el alcaloide pirrolizidínico con mayor abundancia en el extracto metanólico de chipilín es 1β,2β-Epoxy-1α-methoxymethyl-8α-pyrrolizidine.

El compuesto 1β,2β-epoxy-1α-metoximetil-8α-pirrolizidina es considerado como una iminoazúcar, es un compuesto hidrofílico, administración vía oral; que inhiben las enzimas modificadoras de carbohidratos en la absorción y asimilación en el tracto digestivo (glucosidasas), inhibidores de la síntesis de polisacáridos (glucosiltransferasas) (Esposito *et al.*, 2020). Estos inhibidores intervienen en la hidrólisis de enlaces glicosídicos de los procesos biológicos en humanos e insectos, por lo que su potencial en la aplicación como insecticida (Ramesh, 2020).

De manera general, los alcaloides afectan las conexiones nerviosas de los insectos, alteraciones de la membrana celular y cambios en el citoesqueleto; los alcaloides pirrolizidínicos interactúan con el tracto digestivo generando una toxicidad (Fürstenberg-Hägg *et al.*, 2013; Tlak Gajger & Dar, 2021) y la inhibición de la enzima trehalasa en los insectos presente en el intestino delgado (la enzima genera la energía a través de la hidrólisis del disacárido trehalosa para el crecimiento, síntesis de quitina, metamorfosis y energía para el vuelo del insecto), por lo que los iminoazúcares naturales podrían funcionar como insecticidas o larvicidas (Shukla *et al.*, 2015).

CONCLUSIÓN

El extracto metanólico de *C. longirostrata* logró una mortalidad superior al 75 % en ambas técnicas de aplicación, siendo la técnica de inmersión de la hoja donde se alcanzaron mortalidades del 100 %; siendo que la técnica de las dietas líquidas no alcanzó los niveles de mortandad que se lograron en técnica de inmersión, obteniendo una mayor concentración letal media en esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Abdullah, N. M. 2008. Life history of the Potato Psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in Controlled Environment agriculture in Arizona, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Sana'a University, Sana'a, Yemen. African Journal of Agricultural Research. 3(1): 1-2.
- Avilés, G. M. C.; Garzón, T. J. A.; Marín, J. A. y Caro, P. H. M. 2003. El Psilido del tomate: *Paratrioza cockerelli* (Sulc): Biología, ecología y su control. In: Taller sobre *Paratrioza cockerelli* como plaga y vector de fitoplasmas. Culiacán, México. Pp 2135.
- Barrios, B., Arellano, M. E., Vázquez, G., Barrios, J. M., Berdeja, R., & Hernández, M. D. (2016). Control Alternativo De Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) En Chile Serrano (*Capsicum annum* L.). Entomología Mexicana, 3 (2014), 146-152.
- Becerra, F., A. 1989. Biología de *Paratrioza cockerelli* (Sulc) y su relación con la enfermedad "permanente del tomate" en El Bajío. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química. Querétaro, Méx. 55 p.
- Beltrán Beache, M., Cerna Chávez, E., Delgado Ortiz, J. C., Ochoa Fuentes Y. M. 2015. Evaluación de la actividad insecticida de *Heliopsis longipes* (A. Gray Blake) sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* (sulc.) (Hemiptera: Triozidae). Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 66: 12-15.
- Beltrán Beache, M., Cerna Chávez, E., Delgado Ortiz, J. C., Ochoa Fuentes Y. M. (2015) Evaluación de la actividad insecticida de *Heliopsis longipes* (A. Gray Blake) sobre ninfas de *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número 66: 12-15
- Beltrán-Beache, M.; Delgado-Ortiz, J. C.; Ochoa-Fuentes, Y. M.; Cerna-Chávez E. 2022. Genetic variation of *Bactericera cockerelli* Šulc. (Hemiptera: Triozi-dae)

- suggests new haplotype in México. *Revista Colombiana de Entomología* 48 (2): e11094. <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i2.11094>.
- 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.
- Bextine B, Aguilar E, Sengoda VG, McCue KF, Munyaneza JE (2013) Primer informe de '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' en tomate en El Salvador. *Enfermedad de las plantas* 97(9), pág.1244.
- Breeding Resources. Springer, Berlín, Heidelberg. pp. 63–69.
- Burckhardt, D., Lauterer, P., 1997. Una reevaluación taxonómica del género triózido *Bactericera* (Hemiptera: Psylloidea). *Revista de Historia Natural* , 31(1) 99-153.
- Bussmann, R. W.; G. N. Njoroge & N.Y. Paniagua-zambrana (2021). *Crotalaria agatiflora* Schweinf. *Crotalaria fascicularis* Polhill *Crotalaria incana* L. *Crotalaria natalitia* Meisn. Fabaceae. En Bussmann R.W. (eds) *Ethnobotany of the Mountain Regions of Africa*. *Ethnobotany of Mountain Regions*. Springer, Cham. pp. 351–356.
- Casida, J. E. 1980. Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticides. *Environmental Health Perspectives*, 34: 189-202
- Castañeda-Vildózola, A., Valenzuela-González, J. E., & Cambero-Campos, O. J. (2017). Comportamiento de genotipos de tomate frente a *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Southwestern Entomologist*, 42(4), 1231–1241. <https://bioone.org/journals/southwestern-entomologist/volume-42/issue-4/059.042.0424/Distribución-Espacial-de-las-Poblaciones-de-Adultos-de-Bactericera-cockerelli/10.3958/059.042.0424.short>
- Castellanos, J. M. 2004. Para una agricultura orgánica sustentables e inocua; paratriozafin. Boletín informativo, Organic. S. A. de C. V. P 6.
- Catzim, A. E. (2011). Compatibilidad de *Chrysoperla carnea* con insecticidas para control de *Bactericera cockerelli*. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma

Agraria Antonio Narro. Recuperado de <https://repositorio.uaaan.mx/bitstream/handle/123456789/4037/T19479%20%20%20%20%20%20AIL%20CATZIM%2c%20CARLOS%20ENRIQUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Caudillo, K. (2010). Descripción Morfológica, Biológica Y Susceptibilidad De Tamarixia Triozae (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae), Parasitoide De *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae), A Diferentes Insecticidas [Tesis De Maestría]. Universidad Michoacana De San Nicolas De Hidalgo.

Cerna Chávez, E, Hernandez Bautista, O, Landeros Flores,J, Aguirre Uribe, L, Ochoa Fuentes Y. (2015) " Insecticide-Resistance Ratios of Three Populations of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae) in Regions of Northern Mexico", Florida Entomologist 98(3), 950-953, <https://doi.org/10.1653/024.098.0322>.

Cerna Chávez, E.; Beltrán Beache, M., Ochoa Fuentes, Y. M., Hernández Bautista, O. y Delgado Ortiz, J. C. 2021. *Bactericera cockerelli* vector de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, morfometría y haplotipos en poblaciones de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 26:81-94.

Cerna Chávez, Ernesto; Hernández Bautista, Omegar; Landeros Flores, Jerónimo; Ochoa Fuentes, Yisa María Cuantificación de enzimas asociadas a la resistencia de insecticidas en *Bactericera cockerelli* (Sulc)de la zona papera de Coahuila y Nuevo León, México Investigación y Ciencia, vol. 21, núm. 59, septiembre-diciembre, 2013, pp. 5-12

Cerna, E., Ail, C., Landeros, J., Sanchez, S., Badii, M., Aguirre, L., & Ochoa, Y. (2012). Comparison of toxicity and selectivity of the pest *Bactericera cockerelli* and its predator *Chrysoperla carnea*. *Agrociencia*, 46(8), 783–793.

Cruz-Rodríguez, R. I., Cruz, S. A., Ruiz, L. N., Pérez, V. J. I., Esquinca, A. H. A., & Meza, G. R. (2020). Potential Application of *Crotalaria longirostrata* Branch

- Extract to Reduce the Severity of Disease Caused by Fusarium. *Agronomy*, 10, 1-11.
- Cruz-Rodríguez, R. I., Meza, G. R., Rodríguez, M. M. A., Arias, C. C., Mancilla, M. N. A., et al. (2017). Antifungal activity of *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. extracts against phytopathogen fungi from maize. *Gayana Botanica*, 74(1), 167–175.
- Dávila, J. F. R., & Figueroa, D. K. F. (2013). Modelización y mapeo de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en papa en el Estado de México. *Centro Agrícola*, 40(3), 57-70.
- Dávila, J. F. R., & Figueroa, D. K. F. (2013). Modelización y mapeo de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae) en papa en el Estado de México. *Centro Agrícola*, 40(3), 57-70.
- Dávila, M.M.D.; Cerna, Ch. E.; Aguirre, U. L. A.;García M. O.; Ochoa F. Y M.; Gallegos, M. G.; Landeros, F. J. (2011). Susceptibilidad y mecanismos de resistencia a insecticidas en *Bactericera cockerelli* (sulc) en Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6): 1145-1155.
- Davis, A.C. (1937) Observations on the life history of *Paratrioza cockerelli* (Sulc) in southern California. *Journal of Economic Entomology*, 30, 377–378.
- DEL CASTILLO R., A. R. Efecto insecticida in vitro de la raíz de chilcúan (*Heliopsis logipes*) sobre las larvas de la mosca *Oestrus ovis*. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México, 27 pp., 1983.
- Del Prado-Vera, I. C., Franco-Navarro, F., & Godínez-Vidal, D. (2018). Plant Parasitic Nematodes and Management Strategies of Major Crops in Mexico. In S.S. & C.J. (Eds.), *Plant Parasitic Nematodes in Sustainable Agriculture of North América. Sustainability in Plant and Crop Protection*. Springer International Publishing. Pp. 31–68.

- Delgado Ortiz, J, Enriquez, A, Beache, M, Ochoa, Y, Chavez, E, Diaz, R, Landeros, J. (2022). Insecticidal Effect of Menadione on Whitefly, Bemisia tabaci, and Tomato Psyllid, *Bactericera cockerelli*. Southwestern Entomologist, 47(1) : 83-88.
- Delgado-Ortiz, J. C., Beltrán-Beache, M., Cerna-Chávez, E., Aguirre-Urbe, L. A., Landero-Flores, J., Rodríguez-Pagaza, Y., & Ochoa-Fuentes, Y. M. (2019). *Candidatus* Liberibacter solanacearum patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control. Revista Especializada en Ciencias QuímicoBiológicas, 22, 1–12.
- Delgado-Ortiz, J.C., López-López, H., Beltrán-Beache, M., Ochoa-Fuentes, Y.M., CernaChávez, E., Castro del Ángel, E. (2023). Insecticidal effect of the methanolic extract of Argemone mexicana for the control of *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae). Revista Bio Ciencias, 10 e1404. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1404>
- Delgado-Ortiz,J; Beltran-Beache, M; Cerna-Chávez, E; Aguirre-Urbe, L; Landeros-Flores, J; Rodríguez-Pagaza, Y; Ochoa-Fuentes, Y. 2019. *Candidatus* Liberibacter solanacearum patógeno vascular de solanáceas: Diagnóstico y control. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 22: 1-12. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Dent, D. (2000). Insect pest management. CABI Publishing, Wallingford, United Kingdom.
- Dhole, J. A.; S.S. Bodke; N.A. Dhole & K.D. Lone (2011). Journal of Research in Biology Preliminary Phytochemical Analysis and Antimicrobial Activity of Some Weeds collected from Marathwada Region. Journal of Research in Biology 1(2): 19–23.
- Díaz, G, Tejeda E, y Avalos A. 2005. Efecto de insecticidas biorracionales y mezclas de hongos sobre *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Homoptera: Psyllidae). Entomología Mexicana 5: 539-541.

- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2024). *Bactericera cockerelli* (PARZCO) – Host plants. EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/PARZCO/hosts>
- 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.
- Guedot, Christelle & Horton, David & Landolt, Peter. (2012). Age at reproductive maturity and effect of age and time of day on sex attraction in the potato psyllid *Bactericera cockerelli*. Insect Science. 19. 10.1111/j.1744-7917.2011.01498.x.
- Guerra-Centeno, D.; M. Díaz; H. Fuentes-Rousselin; L. Ríos; M. Rodenas; J.C. ValdezSandoval & F. Villatoro (2016). Crecimiento de la cría de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) utilizando hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) como sustituto parcial del alimento balanceado. Revista Electrónica de Veterinaria 17(10): 1–12.
- Henderson, C. F. and Tilton, E. (1955). Tests with acaricides against the brown wheat mite. Journal of Economic Entomology. 48(2):157-161. <https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>
- Henne, D.C., Workneh, F., Wen, A., Price, J.A., Pasche, J.S., Gudmestad, N.C. & Rush, C.M. (2010). Characterization and epidemiological significance of potato plants grown from seed tubers affected by Zebra Chip disease. Plant Disease, 94, 659-665. DOI: 10.1094/PDIS-94-6-0659
- Hernandez Morales, A. et al. Determinación de la actividad insecticida de *Heliopsis longipes* A. Gray Blake, una planta endémica del estado de Guanajuato. Ra Ximhai, 8(3): 111- 118, 2012.
- Hernandez, O. 2011. Determinación de Enzimas de Resistencia en Poblaciones de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) Procedentes de la Zona Papera de Coahuila y Nuevo León. [tesis licenciatura, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro]

- Hernández-Reyes, A, Guzmán-Albores, J, De León-Rodríguez, A, Ruíz-Valdiviezo, V, Rodríguez-Ortiz, L, Barba-de la Rosa, A (2024). Efectos toxicológicos y sedantes de extractos de hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) obtenidos por maceración y extracción con fluidos supercríticos. *ACS Omega* 9 (17), 18862-18871
- Hodkinson, I. D. 2009. Life cycle variation and adaptation in jumping lice (Insecta:Hemiptera: Psylloidea): a global synthesis. *J. Nat. Hist.* 43:65179.
- Hooker, W. J., & Arnott, G. A. W. (1833). *Crotalaria longirostrata*. En *The Botany of Captain Beechey's Voyage*. London: Henry G. Bohn.
- Ishaaya, I.; Horowitz, A.R. 2009. Biorational Control of Arthropod Pests. Application and Resistance Management. Springer. 412 p.
- Knowlton, G. F. (1933). Lady birds beetles as predators of the potato psyllid. *The Canadian Entomologist.* 65: 241: 243
- Lewis O M, Michels G J, Pierson E A, Heinz K M. 2015. A predictive degree day model for the development of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) infesting solanum tuberosum. *Environmental Entomology*, 44, 1201–1209.
- López López, H., & Beltrán Beache, M., & Ochoa Fuentes, Y.,M., & Castro del Ángel, E., & Cerna Chávez, E., & Delgado Ortiz, J. C. (2022). Potencial agroecológico de *Crotalaria* spp. como extracto vegetal en la agricultura. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 121(2). [fecha de Consulta 3 de Junio de 2025]. ISSN: 1669-9513. Disponible en: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/23/233665008/>
- López López. H., Beltrán, B. M., Ochoa, Y. M., Castro, E., Cerna, E. y Delgado, J. C. (2022). Extracto metanólico de *Crotalaria longirostrata*: identificación de metabolitos secundarios y su efecto insecticida. *Scientia Agropecuaria.* 13(1): 71-78. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.007>.
- Lopez, B, (2012). Variación genética de *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) en las zonas paperas de México [tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo Leon]

- López, H. Beltran, M. Ochoa, Y. Ángel, E. Cerna, E. Ortiz, J. (2022). Methanolic extract of *Crotalaria longirostrata*: Identification of secondary metabolites and insecticidal effect Extracto metanólico de *Crotalaria longirostrata*: Identificación de metabolitos secundarios y su efecto insecticida. *Scientia Agropecuaria*. 13. 71-78. 10.17268/sci.agropecu.2022.007.
- Marín Jarillo, A., Garzón Tiznado, J. A., Becerra Flora, A., Mejía Avila, C., Bujanos Muñiz, R., & Byerly Murphy, K. F. (1995). Ciclo biológico y morfología del salerillo *Paratrioza cockerelli* (Sulc.)(Homoptera: Psyllidae) vector de la enfermedad" permanente del jitomate" en el Bajío. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología Número 38 (Diciembre 1995)*.
- Martínez-González, L. D., & Martínez-González, M. Á. (2019). Comportamiento de genotipos frente al psílido de la papa *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae). 1Library.co. <https://1library.co/document/oy81w72z-comportamiento-genotipos-ps%C3%ADlido-tomate-bactericera-cockerelli-homoptera-psyllidae.html>
- Mateos-Maces, L., Chávez-Servia, J. L., Vera-Guzmán, A. M., Aquino-Bolaños, E. N., Alba-Jiménez, J. E., & Villagómez González, B. B. (2020). Edible Leafy Plants from Mexico as Sources of Antioxidant Compounds, and Their Nutritional, Nutraceutical and Antimicrobial Potential: A Review. *Antioxidants*, 9(541), 1–24.
- Miranda-Granados, J., Chacón, C., Ruiz-Lau, N., Vargas-Díaz, M. E., Zepeda, L. G., et al. (2018). Alternative use of extracts of Chipilín leaves (*Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn) as antimicrobial. *Sustainability*, 10(3), 1-7.
- Mosjidis, J.A. & M.L. Wang (2011). *Crotalaria*. En K.C. (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and*
- Munyaneza, J. E.; Crosslin, J. M.; Upton, J. E. 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.

- Oh, J. and Tamborindeguy, C. (2023). Treatment of rapamycin and evaluation of an autophagic response in the gut of *Bactericera cockerelli* (Sulč). *Insects*. 14(2): Article 142. <https://doi.org/10.3390/insects14020142>.
- Olaniyan, Oluwashola & Rodriguez Gasol, Neus & CAYLA, Nathalie & MICHAUD, Eleonor & WRATTEN, Steve. (2020). *Bactericera cockerelli* (Sulc), a potential threat to China's potato industry. *Journal of Integrative Agriculture*. 19. 338-349. 10.1016/S2095-3119(19)62754-1.
- Peñaloza, A. G. C., & Peláez, J. C. A. (2014). Evaluación de la actividad biológica de extractos de semillas de *Crotalaria pallida* (cascabelito) sobre el modelo *Drosophila melanogaster*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(3), 144–153.
- Percy, D. M. 2003. Legume-feeding psyllids (Hemiptera: Psylloidea) of the canary islands and madeira. *Journal of Natural History*. 37: 397461.
- Pletsch, D. J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc), its biology and control. *Montana Agric. Exp. Stn. Bull.* 446: 95.
- Quintero Segura, K. L. (2025). Compatibilidad de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* complementados con extractos de *Crotalaria longirostrata* para el manejo de *Bactericera cockerelli*. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado de <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/49957/Quintero%20Segura%2c%20Karen%20Letycia%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rech C, Ribeiro LP, Bento JMS et al (2024) Monocrotaline presence in the *Crotalaria* (Fabaceae) plant genus and its influence on arthropods in agroecosystems. *Braz J Biol.* <https://doi.org/10.1590/1519-6984.256916>
- Roque Enriquez, A., Delgado-Ortiz, J. C., Beltrán-Beache, M., Ochoa-Fuentes, Y. y Cerna-Chávez, E. (2021). Parámetros agronómicos del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) inoculado con “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” y tratados con fosfitos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 8(1):Artículo 2552. <https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2552>

- Roque-Enriquez, A., Díaz-Aguilar, R. de J., Ochoa-Fuentes, Y. M., & Cerna-Chávez, E. (2025). Mortalidad de ninfas de *Bactericera cockerelli* por ingredientes activos químicos potencializados con nanopartículas de grafito. *CienciaUAT*, 20(1). <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i1.1979>
- Rovira, D.; C. Alfaro; V. Martínez & I. Menjívar (2019). Respiration rate and shelf-life study of *Crotalaria longirostrata* (chipilín). *Journal of Food Measurement and Characterization* 13(4): 3025–3032.
- Rubio C, Almeyda L, Cadena H, and Lobato S. 2011. Relation between *Bactericera cockerelli* and presence of *Candidatus Liberibacter psyllae* in commercial fields of potato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(1): 17-28.
- Rubio C, Almeyda L, Ireta M, Sánchez S, Fernández S, Borbón S, Díaz H, Garzón T, Rocha R, y Cadena H. 2006. Distribución de la punta morada y *Bactericera cockerelli* Sulc., en las principales zonas productoras de papa en México. *Agricultura Técnica Mexicana* 32(2):161-171.
- Toledo-Perdomo CE, Rodas A (2022) Comportamiento poblacional y proporción sexual de *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae) en papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Científica de FAREM-Estelí* (42), 191-203. DOI: <https://doi.org/10.5377/farem.v11i42.14698>
- Velázquez-Valle, R, Reveles-Torres, L.R. y Mena-Covarrubias, J, 2015. Presencia de *Candidatus Liberibacter solanacearum* en chile para secado en Durango, México. Folleto Técnico Núm. 68. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 32 páginas.
- Vereijssen, J. (2022). *Bactericera cockerelli* (tomato/potato psyllid). CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.45643>
- Vereijssen, J., Smith, G. R., & Weintraub, P. G. (2018). *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) and *Candidatus liberibacter solanacearum* in potatoes in New Zealand: Biology, transmission, and implications for management. *Journal of Integrated Pest Management*, 9(1), 1–21.

Villegas-Rodríguez, F., Marín-Sánchez, J., Delgado-Sánchez, P., Torres-Castillo, J. A., & Alvarado-Gómez, O. G. (2014). Management of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) in greenhouses with entomopathogenic fungi (Hypocreales). *Southwestern Entomologist*, 39(3), 613-624. <https://doi.org/10.3958/059.039.0320>

Wanapat, M.; M. Matra; P. Totakul & B. Viennasay (2021). Sunnhemp (*Crotalaria juncea*, L.) silage can enrich rumen fermentation process, microbial protein synthesis, and nitrogen utilization efficiency in beef cattle crossbreeds. *Tropical Animal Health and Production* 53(187): 1- 7.