Universidad Nacional De Loja

Facultad agropecuaria y de recursos naturales renovables.

Carrera de Ingeniería Agronómica.

Uso potencial de aceites esenciales como una alternativa de control contra *Bactericera cockerelli*

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo

AUTOR:

Santiago David Macas Medina

DIRECTOR:

Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 10 de febrero del 2023

Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo PhD.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de la elaboración del trabajo de titulación denominado: **Uso potencial de aceites esenciales como una alternativa de control contra *Bactericera cockerelli***, de la autoría del estudiante **Santiago David Macas Medina**, con cédula de identidad Nro. **1150029427**, el misma que **Culmino Dentro Del Cronograma Aprobado**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo su presentación para los tramites de titulación.

Firmado electrónicamente por:
LUIS OSWALDO VITERI JUMBO

Ing. Luis Viteri Jumbo PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Santiago David Macas Medina**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

Cédula: 1150029427

Fecha: 20/03/2023

E-mail: santiago.macas@unl.edu.ec

Celular: 0980093263

Carta de autorización para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto competo, del trabajo de titulación

Yo, **Santiago David Macas Medina**, declaro ser autor de la tesis que lleva por título **Uso potencial de aceites esenciales como una alternativa de control contra *Bactericera cockerelli***, como requisito para obtener el grado de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular o de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los trece días del mes de marzo de dos mil veintitrés.

Firma:

Autor: Santiago David Macas Medina
Cédula: 1150029427
Dirección: Loja
Correo electrónico: santiago.macas@unl.edu.ec
Celular: 0980093263

DATOS COMPLEMENTARIOS
Director del trabajo de titulación: Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo PhD.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo investigativo principalmente a Dios y a mis padres: Naime Macas y Judith Medina, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y a sus consejos por hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos Kevin M., Andrea M., Luis M., y sobrinas Allisom, Emily. por el apoyo y comprensión en toda mi carrera universitaria.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante cinco años estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad.

Santiago David Macas Medina

Agradecimiento

Dentro de mi recorrido por la vida me pude dar cuenta que hay muchas cosas para las que soy bueno, encontré destrezas y habilidades que jamás pensé, se desarrollasen en mí; pero lo realmente importante que pude descubrir que por más que disfrute trabajar solo, siempre obtendré un mejor resultado si lo realizó con la ayuda y la compañía perfecta. Dentro del desarrollo de esta tesis se presentaron muchos momentos de dificultad, sin embargo, entendí que la ayuda idónea, siempre llega justo a tiempo.

Por esto mismo quiero agradecer a Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera, a mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y a sus consejos por hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos y sobrinas por sus palabras y compañía. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

Agradecer al Prof. Luis Oswaldo Viteri Jumbo por compartir su conocimiento y ofreciéndome su ayuda durante todo el proceso investigativo de esta tesis.

Agradezco a mis compañeros del laboratorio y amigos que estuvieron en todo este proceso.

Agradezco a las autoridades de la Universidad Nacional de Loja, al personal docente, por permitirme dar un paso frente en mi formación profesional.

Santiago David Macas Medina

Índice de contenidos

Portada…….....i
Certificación ii
Autoría…. iii
Carta de autorización iv
Dedicatoria.....v
Agradecimiento vi
Índice de contenidos.....vii
Índice de figuras**.....ix**
Índice de tablas **.....x**
Índice de anexos**.....xi**
1. Título.....1
2. Resumen 2
2.1. Abstract..... 3
3. Introducción.....4
4. Marco teórico 7
4.1. Psílido *Bactericera cockerelli.* 7
4.1.1. Ecología de *B. cockerelli*..... 7
4.1.2. Ciclo biológico..... 7
4.1.3. Síntomas y daños..... 8
4.1.4. Rango de hospederos..... 9
4.2. Aceites esenciales..... 9
4.2.1. Características de los aceites esenciales 9
4.2.2. Composición de aceites esenciales 10
4.2.3. Modo de acción de los aceites esenciales 10
4.2.4. Toxicidad y repelencia de los aceites esenciales 10
5. Metodología.....12
5.1. Cría masiva de *Bactericera cockerelli*..... 12
5.2. Extracción de aceites esenciales..... 12
5.3. *Screening* toxicológico de los aceites esenciales 12
5.5. Análisis químico de los aceites esenciales..... 13
5.6. Bioensayos de repelencia 14
5.7. Análisis estadístico..... 14
6. Resultados.....15
6.1. *Screening* toxicológico de aceites esenciales..... 15

6.2. Bioensayos de tocixidad de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* para *Bactericera cockerelli*.15
6.3. Análisis químico de los aceites esenciales..... 16
6.4. Evaluación de repelencia..... 17
7. Discusión.....19
8. Conclusiones.....22
9. Recomendaciones.....22
10. Bibliografía.....23
11. Anexos.....34

Índice de figuras

Figura 1. *Screening* de aceites esenciales para el psilido del tomate *Bactericera cockerelli*. Las barras representan el porcentaje de mortalidad que obtuvo el aceite esencial cuando se fue expuesto a una concentracion de 2%. Las líneas en cada barra representan la desviación estándar **……..15**

Figura 2. Toxicidad por contacto de los aceites de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* para el psílido del tomate *Bactericera cockerelli*. Las líneas representan los valores estimados de concentración letal (CL) obtenidos en los resultados de concentración—mortalidad sometidos a un análisis probit**……....…16**

Figura 3. Porcentaje de adultos de *Bactericera cockerelli* que se desplazaron en plantas de tomate no tratados y tratados con aceite esencial de *Ruta graveolens* (A) y *Ocotea quixus* (B). Cada barra representa el resultado de diez réplicas de la CL_{25}, CL_{50}, CL_{75} y CL_{95} obtenidas para cada aceite esencial. Las concentraciones se expresan en µl de aceite esencial/cm^2**.....18**

Índice de tablas

Tabla 1. Concentraciones letales y subletales encontradas para adultos de *Bactericera cockerelli*. **……16**

Tabla 2. Composición química de los aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos*. **……17**

Índice de anexos

Anexo 1. Psílido del tomate *Bactericera cockerelli*.....**34**
Anexo 2. Ciclo Biológico de *Bactericera cockerelli*. Huevos (A), Ninfas (B), Adulto (C). **34**
Anexo 3. Daños causados por *Bactericera cockerelli*.....**35**
Anexo 4. Cría masiva de *Bactericera cockerelli*.....**35**
Anexo 5. Evaluación de bioensayos de repelencia **36**
Anexo 6. Certificado de traducción del Abstract **37**

1. Título

Uso potencial de aceites esenciales como una alternativa de control contra *Bactericera cockerelli*

2. Resumen

El psílido *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae), es una plaga del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* que causa daño directo por la alimentación del floema de la planta. Para controlar y minimizar los perjuicios causado por este insecto plaga se usa insecticidas sintéticos, mismos que pueden resultar peligrosos para organismos no objetivos. Sin embargo, aceites esenciales de plantas y sus compuestos activos son reconocidos como herramientas sostenibles para el manejo de plagas. Aquí, se extrajo y evaluó la composición química del esencial de *Ruta graveolens* y de *Ocotea quixos*, y se evaluaron sus actividades contra *Bactericera cockerelli*. El análisis cromatógrafo reveló que el 2-Nonanona (42,23 %), 2-Undecanona (39,91 %), son los compuestos principales de *R. graveolens* y (E)-Acetato de cinamilo (16,59 %), trans-Cariofileno (10,47 %) y 1,8-Cineol (8,21 %) de *O. quixos*. El aceite esencial de *R. graveolens* no fue repelente para adultos de *B. cockerelli* cuando se expuso por 24h. Similarmente el aceite esencial de *O. quixos* no logro repeler al psílido, excepto en la concentración CL_{75} 0,051 µl/cm^2 (IR = 0,77) que presentó diferencia significativa cuando se comparó con el control. Los aceites esenciales de *R. graveolens* CL_{50} = 0,131 (0,123-0,139) µl/cm^2 y *O. quixos* CL_{50} = 0,131 (0,123-0,139) µl/cm^2 fueron tóxicos para adultos de *B. cockerelli*. En general, este estudio demuestra que estos aceites esenciales podrían integrase con éxito en los programas de manejo contra *B. cockerelli*.

Palabras clave: Biomolécula, Toxicidad, Repelencia, Psilido del tomate.

2.1. Abstract

The psyllid *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) is a pest of the tomato crop Solanum lycopersicum which causes direct damage by feeding on the phloem of the plant. To control and minimise the damage caused by this insect pest, synthetic insecticides are used, which can be hazardous to non-target organisms. However, essential plant oils and their active compounds are recognised as sustainable tools for pest management. Here, the chemical composition of the essential oil of *Ruta graveolens* and *Ocotea quixos* was extracted and evaluated, and their activities against *Bactericera cockerelli* were assessed. Chromatographic analysis revealed that 2-Nonanone (42.23 %), 2-Undecanone (39.91 %), are the main compounds from *R. graveolens* and (E)-Cinnamyl acetate (16.59 %), trans-Caryophyllene (10.47 %) and 1,8-Cineole (8.21 %) from *O. quixos*. The essential oil of *R. graveolens* was not repellent to adults of *B. cockerelli* when it was exposed for 24 hours. Similarly, the essential oil of *O. quixos* failed to repel the psyllid, except at the LC_{75} concentration 0.051 µl/cm^2 (IR = 0.77) which showed significant difference when compared to the control. The essential oils of *R. graveolens* LC_{50} = 0.131 (0.123-0.139) µl/cm^2 and *O. quixos* LC_{50} = 0.131 (0.123-0.139) µl/cm^2 were toxic to adults of *B. cockerelli*. Overall, this study demonstrates that these essential oils could be successfully integrated into management programmes against *B. cockerelli*.

Key words: Biomolecule, Toxicity, Repellency, Tomato psyllid.

3. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L), es una de las principales frutas frescas y procesadas del mundo y es el segundo cultivo hortícola con mayor distribución después de la papa (Agarwal et al., 2019; Rajan et al., 2022). La importancia del tomate radica en que además de ser una hortaliza con alto valor nutricional, por aportar a la dieta vitaminas, minerales, proteínas; es considerada la principal fuente de licopeno, un carotenoide que tiene efectos antioxidantes, anticancerígenos y antinflamatorios (Islam & Kabir, 2019; Opara et al., 2012). La producción de tomate fresco fue de 186 millones de toneladas en todo el mundo para el año 2020, destacándose como principales productores de tomate China, India, Pakistán y Estados Unidos de América que representan más del 60 % de la producción mundial; particularmente la producción de nuestro país para el mismo año fue de 38 mil toneladas (FAO, 2020). Para la zona 7 de la provincia de Loja la producción de tomate para el año 2021 fue de 49 toneladas (INEC, 2021). Aunque en la actualidad la producción nacional abastece la demanda del mercado local; a mediano o largo plazo esta oferta no siempre es garantizada debido a factores bióticos y abióticos.

Entre los factores bióticos, los insectos plagas son predominantes y se presentan en diferentes etapas del crecimiento del cultivo. Algunas de estas especies son conocidas por su importancia económica, como mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Hemiptera: Aleyrodidae) (Ramos et al., 2018), cogollero *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) (Khidr et al., 2013), minador de la hoja *Liriomyza trifolii* (Burgess)(Diptera: Aromyzidae) (Lopes et al., 2019). Además, existen otras especies de insectos poco conocidas y que en los últimos años han sido detectadas como potencialmente peligrosas, amenazando al cultivo de tomate y otras solanáceas (Munyaneza, 2012; Olaniyan et al., 2020). Entre estas potenciales plagas se destaca el psílido del tomate *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae), plaga que causa daño directo por alimentación del floema de la planta; y también se conoce que es vector del patógeno bacteriano *Candidatus* Liberibacter solanacearum (*Ca*.L.s.) (Butler & Trumble, 2012; Liefting et al., 2009). El psílido se ha propagado más allá de su área de distribución nativa en América del norte (EE. UU. México y Canadá), colonizando América central y recientemente ha sido reportada en Ecuador (Carrillo et al., 2019; EPPO, 2021). Además, se ha incluida en la lista de plagas cuarentenarias en la región EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization) (CABI, 2021).

Una forma habitual de controlar y minimizar los perjuicios causado por los insectos plaga es el uso de insecticidas sintéticos. Estos productos es conocido que pueden tener un amplio espectro de acción contra diversos grupos de insectos, provocando la eliminación casi total de las plagas en los cultivos (Chowański et al., 2014). Sin embargo, aplicaciones de insecticidas pueden resultar peligrosos para organismos no objetivos incluyendo a los humanos, para el medio ambiente y aplicaciones continuas contribuyen al surgimiento de poblaciones de insectos resistentes (Degrendele et al., 2022; Zhang et al., 2018). Frente a ello, nuevas alternativas para el control de plagas están siendo investigadas; , entre ellas se destacan los insecticidas a base de moléculas de origen vegetal como extractos y/o aceites esenciales (Isman, 2020a).

Los aceites esenciales contienen moléculas bioactivas con principios insecticidas que pueden causar toxicidad, repelencia, cambios en el comportamiento y otros efectos fisiológicos en los insectos (Haddi et al., 2020; Silva et al., 2017). Así como 2-nonanona y el acetato de cinamilo que pueden causar la mortalidad de artrópodos (Lee, 2016; Ntalli et al., 2011; Samarasekera et al., 2006). Además, estos productos son amigables con el ambiente y pueden dificultar la evolución de la resistencia de los organismos expuestos (Haider et al., 2015; Ikbal & Pavela, 2019; Isman, 2000; Viteri Jumbo et al., 2022). Por tanto, el presente estudio tiene como objetivo:

Objetivos

Objetivos general

Evaluar el potencial uso de aceites esenciales como alternativa al uso de químicos sintéticos contra *Bactericera cockerelli.*

Objetivos específicos

Determinar las dosis letales de al menos dos aceites esenciales en adultos de *Bactericera cockerelli*

Evaluar el efecto repelente de los aceites esenciales usados en los bioensayos de toxicidad contra *Bactericera cockerelli*

4. Marco teórico

4.1. Psílido *Bactericera cockerelli.*

El psílido del tomate, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) (ver anexo 1), es un insecto que se alimenta del floema con preferencia por las *solanáceas*; es una de las principales plagas de la papa y tomate en la mayoría de regiones donde se producen estos cultivos (Carrillo et al., 2019). La especie fue descrita por primera vez por Šulc (1909) a partir de especímenes recolectados en Colorado, Estados Unidos. Actualmente *B. cockerelli* ha sido reportada en los países de: Canadá, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Estados Unidos de América, Austria Nicaragua, Australia y Nueva Zelanda (EPPO, 2021), provocando grandes pérdidas en las producciones (Liu & Trumble, 2006).

4.1.1. Ecología de *B. cockerelli*

Las hembras pueden poner en promedio 500 huevos en un periodo de 21 días, sin embargo, pueden llegar a ovopositor hasta 1500 en todo su ciclo de vida. Por otro lado, las ninfas son muy susceptibles a la desecación por lo que se ubican por el envés de las hojas y en el interior de la planta donde el follaje es denso. Pero unas cuantas pueden ser encontradas por el haz (ver anexos 2). Su cuerpo es plano como escamas y su color verde dificulta observarlas; cuando están jóvenes se localizan cerca del sitio donde fueron depositados los huevecillos y permanecen inactivas durante los primeros instares (Bujanos Muñiz & Ramos Méndez, 2015; Garzón-Tiznado et al., 2009; Hodkinson, 1974).

La temperatura óptima para el desarrollo de *B. cockerelli* es de 27 °C y humedades relativas de 60 a 70 %, temperaturas inferiores a 15 °C o superiores a 32 °C afecta su desarrollo y supervivencia; en estas condiciones de temperatura el ciclo biológico de huevo a adulto puede durar entre 15 a 34 días (Abdullah, 2008; Vargas-Madriz et al., 2020). El fotoperiodo no influye en la maduración de los huevos ni en el apareamiento de *B. cockerelli*, sin embargo, los adultos pueden presentar ligeros alargamientos en la morfología de sus alas y tibias (Horton et al., 2014).

4.1.2. Ciclo biológico

El psilido *B. cockerelli* es un hemíptero y sigue un típico ciclo de vida hemimetábolo que pasa de huevo a ninfa y a adulto (ver anexo 2 A, B, C); este inicia cuando las hembras ovipositan sobre las hojas de las plantas hospederas (Prager & Trumble, 2018). Las hembras siguen normalmente un periodo de precocidad de 3 a 5 días y un periodo de preoviposición de 6 a 8

días, los huevos tardan de 3 a 9 días en eclosionar. Los huevecillos son de forma es ovoide, de coloración anaranjado-amarillo brillante, en uno de sus extremos presenta un pequeño filamento que le permite adherirse a la superficie de las hojas, estos se encuentran depositados por el borde de la hoja y en el envés de la misma (Bujanos Muñiz & Ramos Méndez, 2015; Wallis, 1955).

Después de la eclosión de *B. cockerelli* pasa por cinco estadíos ninfales hasta llegar a adulto (Marín Jarillo et al., 1995). Las ninfas de primer estadio son de color anaranjado, sus ojos notorios y su tórax presenta un paquete alares poco visibles y la división de cuerpo no está bien definida. Las ninfas de segundo estadío presentan una coloración más amarillenta sus ojos presentan una coloración anaranjado oscuro, el tórax es de color verde-amarillento y sus paquetes alares se hacen visibles; la segmentación en las patas es visible. Las ninfas de tercer estadío sus ojos presentan una coloración rojiza; el tórax, presenta un tono verde-amarillento y se observa con mucha facilidad los paquetes alares en mesotórax y metatórax. Las ninfas del cuarto estadío los paquetes alares están bien definidos; la coloración del abdomen es amarilla y cada uno de los cuatro primeros segmentos abdominales presenta un par de espiráculos (Bujanos Muñiz & Ramos Méndez, 2015).

Las ninfas de quinto estadío la cabeza como el abdomen presentan una coloración verde claro y el tórax una tonalidad un poco más oscura (Marín Jarillo et al., 1995). Los ojos adquieren un color rojo oscuro; los paquetes alares están claramente diferenciados, sobresaliendo del resto del cuerpo. Cuando emerge el adulto presenta una coloración verde-amarillento; sus alas blancas que al paso de 3 o 4 horas se tornan transparentes (Marín Jarillo et al., 1995). La coloración del cuerpo pasa de ligeramente ámbar a café oscuro o negro; este cambio se presenta en los primeros 7 a 10 días de alcanzar este estadio. Cabeza: 1/10 del largo del cuerpo, con una mancha de color café que marca la división con el tórax, ojos grandes de color café y antenas filiformes. Tórax: blanco amarillento con manchas café bien definidas, la longitud de las alas es aproximadamente 1.5 veces el largo del cuerpo, venación propia de la familia (Bujanos Muñiz & Ramos Méndez, 2015; Marín Jarillo et al., 1995).

4.1.3. Síntomas y daños

El daño directo de *B. cockerelli* lo causan las ninfas y adultos, al momento de alimentarse pueden inyectar toxinas, induciendo en tomate clorosis en hojas, en zona apical de crecimiento presenta un aspecto espigado con una tonalidad purpura (ver anexo 3); en pimiento se presenta entrenudos cortos y hojas cloróticas o de verde pálido; en papa presenta tubérculos aéreos,

tonalidades púrpuras de las hojas senescencia prematura y muerte de la planta (Bujanos Muñiz & Ramos Méndez, 2015; Liefting et al., 2009; Munyaneza, 2010). Los daños indirectos se han relacionado con las enfermedades: punta morada de la papa, Zebra chip y permanente en tomate, como consecuencia de la trasmisión de la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Bujanos Muñiz & Ramos Méndez, 2015; Pineda et al., 2016; Vereijssen et al., 2018).

4.1.4. Rango de hospederos

Los hospedantes principales de *B. cockerelli* son de la familia de las solanáceas tanto cultivadas como silvestres, entre ellas están las especies cultivadas más importante como papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pimiento (*Capsicum annum* L.), tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), berenjena (S*olanum melongena* L.), en las silvestres se encuentra el toloache común (*Datura stramonium* L.), hierba mora (*Solanum nigrum* L.) (EPPO, s.f.).

4.2.Aceites esenciales

Algunas especies de plantas superiores representan alternativas naturales potenciales para el control de plagas. Las plantas pueden sintetizar una gran variedad de metabolitos secundarios que brindan protección contra patógenos, depredadores y plagas. Entre estos metabolitos se encuentran compuestos químicos como terpenos, fenilpropanoides, fenoles, alcaloides y compuestos azufrados (AlJabr et al., 2017; Mesa et al., 2019). Estudios han demostrado que estos compuestos contrarrestan las hormonas reguladoras del crecimiento, efectos antialimentación, inhibición de la eclosión de huevos, interrupción del apareamiento y la comunicación sexual e inhibición de la formación de quitina (Ahmed et al., 2019; Cabardo & Portugaliza, 2017; Rosado-Aguilar et al., 2017).

4.2.1. Características de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas complejas de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles sintetizados por las plantas, suelen ser incoloros o de color amarillo pálido y de aspecto liquido o semisólido; de baja densidad y altamente solubles en alcoholes y disolventes orgánicos. Se puede extraer de material fresco o parcialmente deshidratado de semillas, brotes, flores y hojas de la planta. Están compuestos principalmente por terpenoidess y fenilpropanoides (Irshad et al., 2020; Martinelli et al., 2017; Moghaddam & Mehdizadeh, 2017).

4.2.2. Composición de aceites esenciales

Los aceites esenciales pueden contener entre 20 y 60 componentes en concentraciones muy diferentes, sin embargo, la bioactividad está determinada por dos o tres de sus componentes principales debido a su elevada concentración en comparación con sus otros componentes (Bakkali et al., 2008). Por ejemplo, el aceite esencial de *Bursera graveolens* está compuesto principalmente por limoneno, felandreno, cimeno y mentofurano (Viteri Jumbo et al., 2022). El aceite esencial de *Anonna cherimola* los componentes predominantes son germacreno, sabineno, β-pineno, (E)-cariofileno y biciclogermacreno (Valarezo et al., 2022). El aceite esencial de *Ocotea quixos* está compuesto principalmente por cineol, sabineno, α-pineno, β-cariofileno y terpineno (Scalvenzi et al., 2019). El aceite de *Baccharis latifolia* está compuesto por limoneno, β-felandreno, sabineno, β-pineno, α-pineno, c-curcumeno y cubenol (Valarezo et al., 2013). A pesar de que en la misma especie vegetal que se extrae los aceites esenciales contienen similares componentes, existen diferencias significativas en las concentraciones de estos componentes. Esta variabilidad química de sus componentes puede deberse a factores genéticos, ecológicos y edafoclimaticos que influyen en la planta (Belabbes et al., 2017).

4.2.3. Modo de acción de los aceites esenciales

La bioquímica de los aceites esenciales los convierte en una alternativa potencial para el manejo de insectos plaga. La propiedad hidrofóbica permite que los aceites esenciales se dividan y alteren las estructuras de las membranas celulares lo que aumenta su permeable y son absorbidos por la piel de los insectos (Hanif et al., 2019). La rápida respuesta de los aceites esenciales sobre los insectos sugiere que actúan sobre el sistema nervioso del insecto. Por otro lado, se han identificado varios receptores putativos diferentes para los terpenoides de los aceites esenciales, incluidos los receptores de la octopamina, los canales de cloruro activados para el ácido gamma-aminobutirico (GABA) y la acetilcolina nicotínica, así como la acetilcolinsterasa. Sin embargo, la amplia gama de estructuras químicas entre los terpenoides de los aceites esenciales sugiere que pueden verse afectados simultáneamente múltiples sitios y mecanismos de acción (Isman, 2020a; Isman & Tak, 2017).

4.2.4. Toxicidad y repelencia de los aceites esenciales

Los aceites esenciales han demostrado su toxicidad fumigante larvicida y adulticida, sin embargo esto depende de la concentración y el tiempo de exposición, así mismo se puede mejorar la eficiencia con mezclas binarias simples de aceites (Benelli et al., 2017; Zahran et al., 2017). Así mismo se han reportado que las concentraciones subletales de aceites esenciales

pueden reducir la supervivencia, reproducción y retrasar el desarrollo de insectos (Han et al., 2012). Los efectos conductuales sobre las plagas también pueden desempeñar un papel en la protección de los cultivos hortícolas; cuando se pulverizan sobre las plantas, los aceites esenciales tienden a tener una acción residual mínima como insecticidas de contacto, pero hay pruebas en el campo de que las plagas pueden ser disuadidas o repelidas durante un tiempo mucho más largo después de la aplicación (Isman, 2020b). La principal diferencia entre estos dos es que el repelente no mata a los insectos, sino que solo los mantiene alejados liberando vapores picantes o exhibiendo un ligero efecto tóxico (Rajapakse & Ratnasekera, 2010)

Se han probado varios aceites esenciales constituidos por monoterpenos que se consideran repelentes extremadamente efectivos, incluyendo hierba de limón (*Cymbopogon flexuosus* (Nees) Will. Watson (Poaceae)), eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*. (Myrtaceae)), romero (*Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae)), vetiver (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash (Poaceae)), clavo (*Eugenia caryophyllus* (Spreng.) Bullock y SG Harrison (Myrtaceae)) y tomillo (*Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae)) (Tripathi et al., 2000). Así mismo se han probado varios aceites esenciales de *Satureja hortensis* L., *Ocimum basilicum* L. y *Thymus vulgaris* L. (Lamiacae) que fueron tóxicos para adultos y ninfas de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) y adultos de *Bemisia tabaci* Genn. (Homópteros: Aleyrodidae) (Aslan et al., 2004). De manera similar se han estudiado la toxicidad y repelencia de los aceites esenciales en plagas de granos almacenados (Haider et al., 2015; Viteri Jumbo et al., 2022).

Estudios han reportado que el aceite esencial de *Bursera graveolens* es toxico y repelente contra el gorgojo (*Tribolium castaneum*); además puede ejercer acciones insecticidas al interrumpir las funciones de los canales de acetilcolinesterasa y los canales de potencial receptor transitorio en especies de gorgojos del frijol *Acanthoscelides obtectus* y *Zabrotes subfasciatus* (Jaramillo-Colorado et al., 2019; Viteri Jumbo et al., 2022). Así mismo el aceite esencial de *Anonna cherimola* demostró ser toxico para larvas de *Aedes aegypti* (Ramírez et al., 2011). Por otro lado, el aceite esencial de *Ocotea quixos* ha demostrado ser repelente y tener acción termicidad contra *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) (Arteaga-Crespo et al., 2021). En cambio, el aceite esencial de *Baccharis latifolia* resulto ser antagonista para hongos como *Trichophyton rubrum* (ATCC 28188) y *Trichophyton mentagrophytes* (ATCC 28185) (Valarezo et al., 2013).

5. Metodología

5.1.Cría masiva de *Bactericera cockerelli*

La cría del *psílido Bactericera cockerelli* fue iniciada partiendo de una captura inicial en campo, específicamente en cultivos de pimiento (*Capsicun annum*) ubicados en el sector Oña – Cuenca (3°27’27.43"S, 79° 9’35.42"O). Cerca de 1200 adultos no sexados de *B. cockerelli* se colectaron con un aspirador entomológico y se depositaron en frascos de vidrio con capacidad de 1000 ml y con hojas frescas de plantas de pimiento. Los especímenes colectados fueron trasladados para su identificación en el laboratorio de entomología de la Universidad Nacional de Loja (4° 1’58.58"S, 79°12’9.17"O), Loja-Ecuador con las claves taxonómicas elaboradas por Yen and Burckhardt (2012).

Una vez identificados se realizó la cría masiva de los insectos utilizando la metodología descrita por Luna-Cruz et al. (2011). Los adultos de *B. cockerelli* fueron colocados sobre plantas de tomate *Solanum lycopersicum* de 45 días de edad para la oviposición dentro de jaulas entomológicas de 50 x 50 x 75 cm cubiertas con organza (ver anexo 4). Las plantas se cultivaron en macetas plásticas con sustrato (arena + turba en proporciones 1:1), mismas que fueron irrigadas con solución nutritiva y mantenidas bajo condiciones de invernadero a 20 ± 4°C con 60% Humedad relativa y 12 horas de oscuridad. Durante 15 días se dejó que los adultos ovipositen sobre las plantas y luego se retiraran con un aspirador entomológico. Durante el desarrollo de los bioensayos se incorporaron plantas de tomate sanas para lograr nuevas generaciones. Los insectos utilizados en los bioensayos fueron a partir de la tercera generación desde que se inició la cría en el laboratorio.

5.2.Extracción de aceites esenciales

Inicialmente fueron seleccionados varias especies de plantas para extraer el aceite esencial, algunas de estas plantas ya reportadas con principios activos para otras plagas, siendo *Ruta graveolens, Bursera graveolens, Anonna cherimola, Ocotea quixos, Baccharis latifolia, Thymus vulgaris, Bixus Orellana, Morellia pubensis, Luma apiculata, Cymbopongon citratus, Citrus x limon*. El método de extracción fue por hidrodestilación utilizando un aparato tipo Clevenger durante 3 horas; cada aceite se secó sobre sulfato de sodio anhídrido y se almaceno en viales sellados y protegidos de la luz a 4 °C (Rey-Valeirón et al., 2017; Viteri Jumbo et al., 2022).

5.3. *Screening* toxicológico de los aceites esenciales

Los ensayos de toxicidad se realizaron siguiendo la metodología descrita por Zapata et al. (2010) con algunas modificaciones. Se colocaron discos de papel filtro (Whatman n° 1) en la base de las cajas Petri (60 mm x 15 mm) y sobre las paredes internas de las cajas PTFE (Politetrafluoroetileno) para evitar el contacto con los insectos. Cada solución fue preparada con aceite esencial (2 %), agua destilada, Dimetilsulfóxido (DMSO) (2 %) y Tween 20 (1 %). Cada tratamiento se replicó seis veces y el control solo se trató únicamente con DMSO y Tween. Con una pipeta se aplicó 200 µl de las soluciones acuosas al 2%, sobre el papel filtro y se dejó secar por 20 minutos. Posteriormente se trasfirió 20 adultos no sexados menores a 72 h de edad a la caja Petri y se cubrió con Parafilm perforado para facilitar el intercambio gaseoso. Durante el bioensayo las arenas fueron mantenidas en condiciones de laboratorio (14L:10D h, 20°C ± 2°C y 55 ± 5% de HR). La mortalidad fue registrada después de 24 horas de exposición y solo se consideraron muertos los que no respondieron al toque de un pincel fino (Toledo et al., 2019; Toledo et al., 2020).

5.4.Toxicidad de aceites esenciales con potencial insecticida

Los ensayos de toxicidad con los aceites esenciales promisorios fueron similares a lo descrito anteriormente (ver sección 5.4). Aquí fueron seleccionados los aceites esenciales que dieron mejores resultados en el *screening* toxicológico. Varias concentraciones fueron evaluadas (0,001; 0,027; 0,053; 0.080; 0,106; 0,133; 0,159 y 0,212 µl/cm^2) y en cada una se realizó 6 réplicas.

5.5.Análisis químico de los aceites esenciales

La caracterización química de los aceites esenciales se llevó a cabo en el laboratorio de Bioquímica Aplicada de la Universidad Particular de Loja, mediante espectrometría de masas por cromatografía de gases (GC-MS) utilizando un cromatógrafo de gases SHIMADZU GCMS-QP500, (*Shimadzu Corporation*, Kyoto, Japón) equipado con un detector de masas por ionización de impacto de electrones (70 eV) y un cromatógrafo de gases GC-2014 (SHIMADZU) equipado con un detector de ionización de llama (GC-FID). Se utilizó helio como gas portador y la temperatura creciente fue de 260 ◦C. La velocidad de flujo fue de 1 mL/min, y la inyección dividida utilizó una relación de división de 1:40. La temperatura del horno se inició a 60 ◦C, y se incrementó a un ritmo de 3 ◦C/min hasta los 260 ◦C. Se disolvió un microlitro de cada muestra en CH2Cl2 (1:100 mg/mL) y se inyectó en una columna DB-5 (id = 0,25 mm, longitud = 30 m, espesor = 0,25 mm). La espectrometría de masas se realizó a 70 eV y a una velocidad de barrido de 1 barrido/s. El índice aritmético (IA) se calculó

interpolando los tiempos de retención de una mezcla estándar de hidrocarburos alifáticos (C7-C40) y se analizó en las mismas condiciones. La identificación de las sustancias se realizó comparando el IA obtenido y los patrones de fragmentación del espectro de masas con los datos de la bibliografía (Adams, 2007).

5.6.Bioensayos de repelencia

En la evaluación de repelencia se utilizó la metodología descrita por Hafeez et al. (2021)con pequeños cambios. Dos plantas de 35 días de edad con 4 hojas verdaderas, fueron colocadas dentro de botes plásticos trasparentes separadas y conectadas por un tubo de 1,5 cm de diámetro y 15 cm de longitud. Posteriormente en una planta se aplicó con un atomizador las Concentraciones letales (25% [CL_{25}], 50% [CL_{50}], 75% [CL_{75}] y 95% [CL_{95}]) (tratada) y en la otra planta agua destilada más DMSO y Tween (control). Posteriormente en el centro de tubo se colocaron 50 adultos no sexados < 72 h de edad. Los bioensayos fueron mantenidos en las condiciones de laboratorio como he mencionado anteriormente. Trascurridas 24 horas se contabilizó el número de insectos en cada planta. Cada tratamiento fue replicado 10 veces. El índice de repelencia se determinó de acuerdo a ecuación:

$$Índice\ de\ repelencia = \frac{2G}{G + P}$$

Dónde: G= porcentaje de insectos en el tratamiento y P=porcentaje de insectos en el control; IR=1 neutros, IR<1 repelentes, IR> 1 atrayentes; como margen de seguridad para esta clasificación, la norma la desviación estándar (DE) de cada tratamiento se suma/resta del valor de 1 (indicativo de neutralidad) (Mazzonetto & Vendramim, 2003; Viteri Jumbo et al., 2014).

5.7.Análisis estadístico

Las curvas de dosis-mortalidad se estimaron usando un análisis probit con el procedimiento PROC PROBIT (Institute, 2004). La razón de toxicidad (RT50) de los aceites esenciales más promisorios fue calculada basada en la CL_{50} previamente estimados (Robertson et al., 2017) y en base a la siguiente fórmula:

$$RT_{50} = \frac{CL_{50}2}{CL_{50}1}$$

Dónde: $CL_{50}2$ = concentración letal muestra 2; $CL_{50}1$ = concentración letal muestra 1; RT_{50}= Razón de toxicidad

6. Resultados

6.1. *Screening* toxicológico de aceites esenciales

El screenig de aceites esenciales se evaluó 24 horas pos-aplicación. Los niveles de mortalidad más altos se obtuvieron con los aceites esenciales de *Ruta graveolens* (100 %) y *Ocotea quixos* (100 %) cuando se sometio a una concentracion maxima de 2 %. Por otro lado el aceite esencial de *Citrus limon* (1,52 %) fue menos tóxico para el psílido (Figura 1).

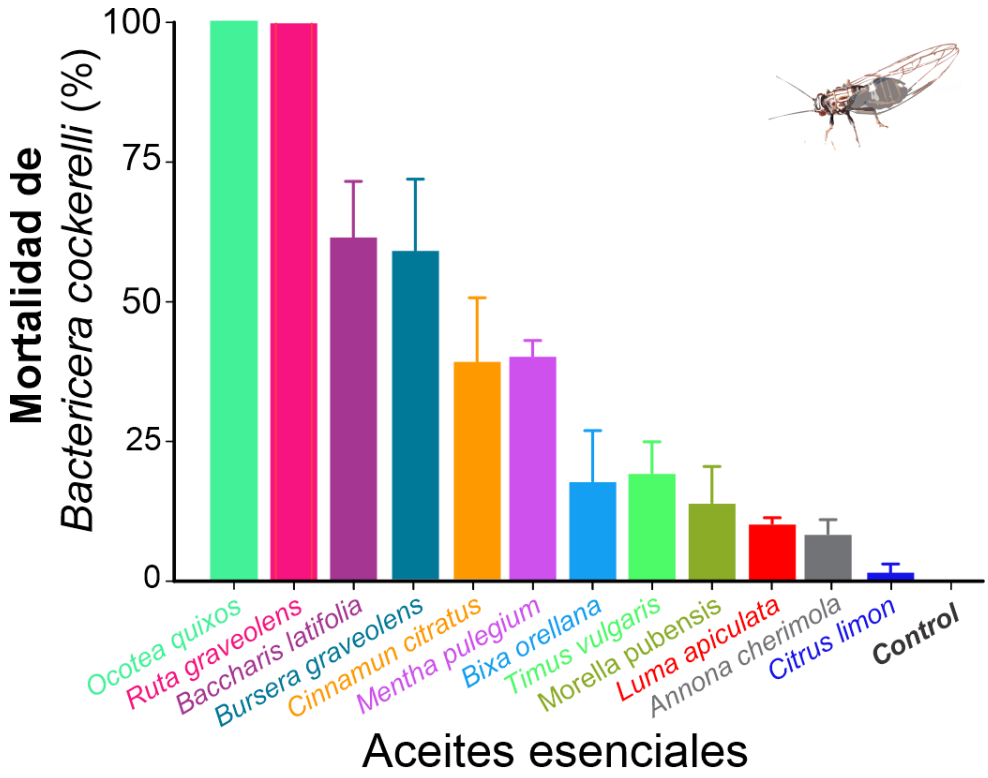


Figura 1. *Screening* de aceites esenciales para el psilido del tomate *Bactericera cockerelli*. Las barras representan el porcentaje de mortalidad que obtuvo el aceite esencial cuando se fue expuesto a una concentracion de 2%. Las líneas en cada barra representan la desviación estándar

6.2. Bioensayos de tocixidad de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* para *Bactericera cockerelli*.

Los niveles de mortalidad obtenidos en los bioensayos de dosis—respuesta para *B. cockerelli* se ajustaron satisfactoriamente al modelo probit (las pruebas de ajuste mostraron valores χ^2 bajos [< 3,9] para *O. quixos*, [< 1,96] *R. graveolens* y valores *P* altos [> 0.05]), lo que permitió estimar las concentraciones letales (CL) y subletales para psílidos adultos (Figura 2). La CL_{50} de *R. graveolens* para *B. cockerelli* fue de 0.131 [0,123 – 0,139] µg/cm^2 y, para *O. quixos* CL_{50}

= 0.028 [0,025 – 0,031] µg/cm^2, siendo tóxicos para adultos de *B. cockerelli* (Figura 1) (Tabla 1).

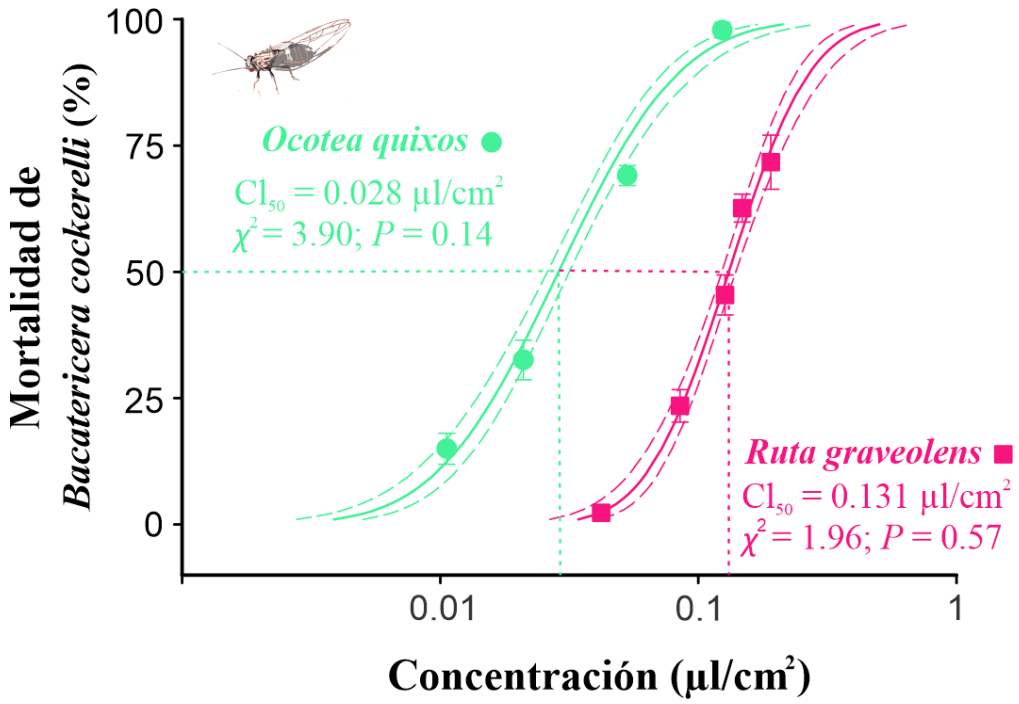


Figura 2. Toxicidad por contacto de los aceites de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* para el psílido del tomate *Bactericera cockerelli*. Las líneas representan los valores estimados de concentración letal (CL) obtenidos en los resultados de concentración—mortalidad sometidos a un análisis probit.

Tabla 1.

Concentraciones letales y subletales encontradas para adultos de *Bactericera cockerelli*.

Especie	CL	µg/cm^2 (95% IC)	χ^2	*P*	RT_{50}
Ruta graveolens	*CL_{25}	0,088 (0,810 – 0,957)	1,96	0,57	-
	*CL_{50}	0,131 (0,123 – 0,139)			
	CL_{75}	0,193 (0,178 – 0,215)			
	CL_{95}	0,338 (0,292 – 0,413)			
Ocotea quixus	*CL_{25}	0,0160 (0,013 – 0,018)	3,90	0,14	4,68
	*CL_{50}	0,028 (0,025 – 0,031)			
	CL_{75}	0,0512 (0,046 – 0,057)			
	CL_{95}	0,118 (0,099 – 0,148)			

CL = concentración letal; IC = Intervalo de confianza; RT = razón de toxicidad; * Dosis subletales

6.3.Análisis químico de los aceites esenciales

El analisis cromatográfico reveló que el aceite esenciale de *Ruta graveolens* esta compuesto principalmente por Nonanona <2-> (42,23%), Undecanona <2-> (39,91%), Nonanoato de metilo (2,26%) y Decanona <2-> (2,26%) (Tabla 2). Asi mismo el aceite esencial de *Ocotea quixos* esta compuestos principalmente por (E)-Acetato de cinamilo (16,59%), trans-Cariofileno (10,47%), (E)-Cinamato de metilo (9,64%), 1,8-Cineol (8,21%) y (E)-Cinamaldehído (6,38%) (Tabla 2).

Tabla 2.

Composición química de los aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos*.

Aceite esencial	CN	Compuesto	RI	RI^{ref}	RT (min)	%
R. graveolens	1	**Nonanone <2->**	**1087**	**1100**	**17.2**	**42,23**
	2	Geijerene	1138	1147	19.5	1,18
	3	Decanone <2->	1190	1200	22.1	2,26
	4	Methyl nonanoate	1223	1239	23.9	2,29
	5	**Undecanone <2->**	**1293**	**1302**	**26.8**	**39,91**
	6	Nonadienol acetate <(3E,6Z)->	1296	1305	27.0	3,11
	7	Undecanal <2-methyl->	1365	1372	30.0	1,23
	8	Methyl decyl ketone (=2-dodecanone)	1388	1402	31.3	1,03
O. quixos	1	Pinene <α->	940	932	9.5	3,54
	2	Sabinene	977	969	11.3	2,14
	3	β-Pinene	982	974	11.5	2,35
	4	ρ-Cymene	1029	1020	13.8	2,89
	5	1,8-Cineole	1036	1026	14.2	8,21
	6	(E)-Cinnamaldehyde	1292	1267	26.4	6,38
	7	**(E)-Methyl cinnamate**	**1401**	**1376**	**31.3**	**9,64**
	8	**trans-Caryophyllene**	**1426**	**1417**	**32.3**	**10,47**
	9	6,9-Guaiadiene	1461	1442	33.8	4,71
	10	**(E)-Cinnamyl acetate**	**1462**	**1445**	**33.8**	**16,59**
	11	β-Selinene	1497	1489	35.3	2,99
	12	Bicyclogermacrene	1503	1500	35.6	1,79
	13	Anisyl propanoate	1512	1511	35.9	5,36
	14	(E)-γ-Bisabolene	1532	1529	36.7	1,30
	15	Caryophyllene oxide	1595	1582	39.2	3,71

RI= Indice de retencion calculados; RI^{ref}= Indice de retencion referenciados; RT= Tiempo de retencion.

6.4. Evaluación de repelencia

El aceite esencial de *R. graveolens* fue neutro para adultos de *B. cockerelli* cuando se expuso por 24h (Fig. 3A). Similarmente el aceite esencial de *O. quixos* no logro repeler al psílido, excepto en la concentración CL_{75} 0,051 = µl/cm^2; (IR= 0,77) que presentó diferencia significativa con el control (Fig. 3B).

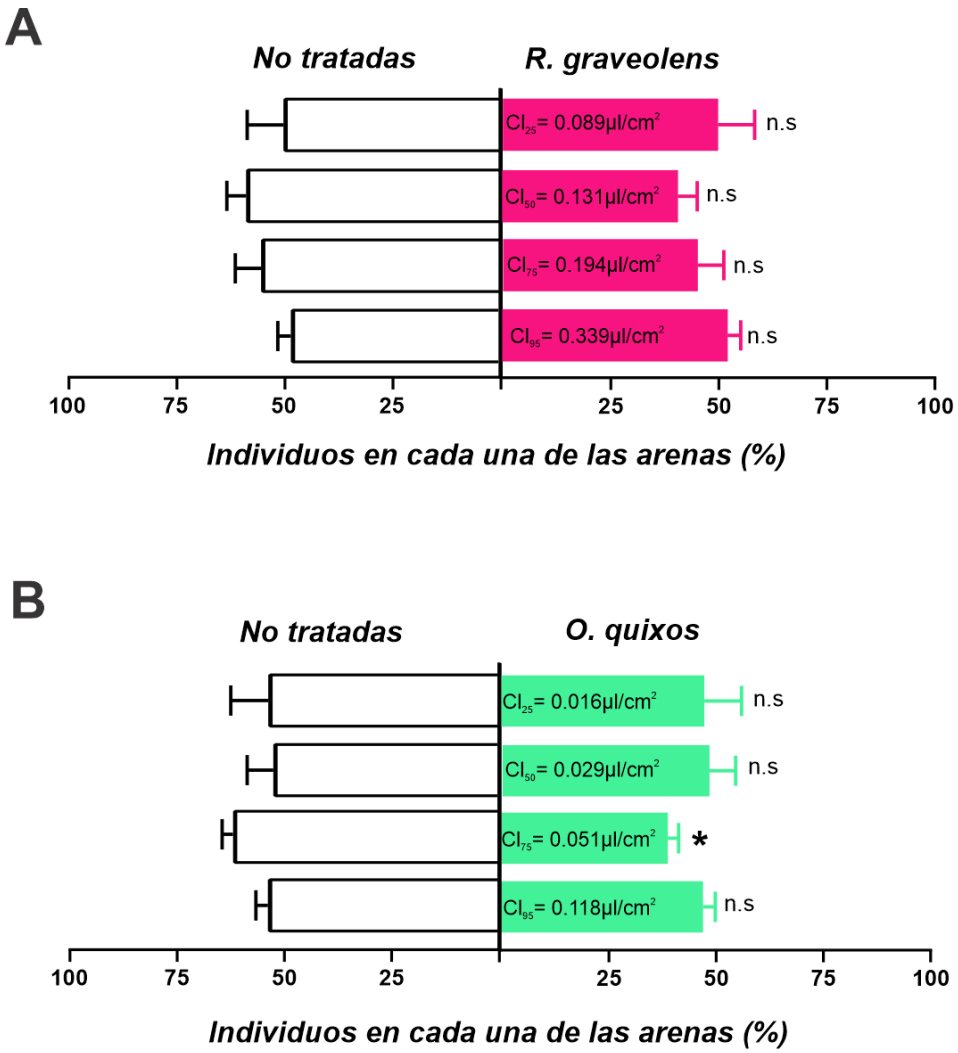


Figura 3. Porcentaje de adultos de *Bactericera cockerelli* que se desplazaron en plantas de tomate no tratados y tratados con aceite esencial de *Ruta graveolens* (**A**) y *Ocotea quixus* (**B**). Cada barra representa el resultado de diez réplicas de la CL_{25}, CL_{50}, CL_{75} y CL_{95} obtenidas para cada aceite esencial. Las concentraciones se expresan en µl de aceite esencial/cm^2

7. Discusión

Los aceites esenciales han demostrado ser una de las opciones más promisorias como sustitutos a los insecticidas sintéticos para el control de insectos plagas; al ser considerados seguros, ecológicos y potencialmente selectivos (Haider et al., 2015; Isman, 2020a). Además, su compleja constitución bioquímica los convierte en herramientas de control que retrasarían o dificutarían el desarrollo de resistencia en insectos (Ikbal & Pavela, 2019). Aquí, se demuestra la toxicidad de los aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* contra una de las principales plagas del tomate; el psílido *Bactericera cockerelli*.

Ambos aceites esenciales mostraron ser potencialmente tóxicos para adultos de B. cockerelli; esta toxicidad puede ser atribuida a sus principales compuestos, que en el caso de R. cockerelli fueron el Nonanona <2-> y Undecanona <2->, y (E)-Acetato de cinamilo, trans-Cariofileno y 1,8-Cineol para el aceite esencial de *O. quixos*. En estudios anteriores ha sido reportada una composicion quimica similar para el aceite esencial de *R. graveolesn* siendo Nonanona <2-> y Undecanona <2-> los compuestos mayoritarios (da Silva et al., 2014; França Orlanda & Nascimento, 2015; Reddy & Al-Rajab, 2016), aunque valores bajos también fueron encontrados por (Chaaban et al., 2019). En el caso del aceite esencial de O. quixos sus compuestos mayoritarios aquí encontrados fueron (E)-acetato de cinalilo, trans-Cariofileno, sin embargo, varios estudios han reportado una composición química mayor a la encontrada en el presente estudio (Arteaga-Crespo et al., 2021; Bruni et al., 2004; Noriega et al., 2018), Estas variaciones en las cantidades de moléculas de los aceites esenciales pueden ser atribuidas a factores bióticos, abióticos, método de extracción y parte de la planta que se extrae, entre otros (Attia et al., 2018; Valarezo et al., 2021).

Es conocido que la toxicidad de los aceites esenciales depende, además de su composición, de la cantidad presente de cada compuesto; y estos compuestos a su vez pueden actuar con efectos sinérgicos o antagónicos (Pavela, 2015). Los resultados del presente estudio demuestran el potencial insecticida de *R. graveolens* y *O. quixos* para adultos de *B. cockerelli* vía contacto. El aceite esencial de *R. graveolens* ha demostrado ser tóxico para plagas agrícolas como, *Meloidogyne incognita* y *Aedes aegypti* (da Silva et al., 2014), *Tetrenychus urticae* (Acari: tetranychidae) (Kalmosh et al., 2019), *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) (Perera & Karunaratne, 2016), *Sitophilus zeamais* (Perera et al., 2017), *Sitophilus zeamais* y *Corcyra cephalonia* (Perera et al., 2019). Y suseptiblilidad de otros insectos como larvas del mosquito *Culiseta longiareolata, Aedes aegypti* (Bouabida & Dris, 2020; Tabanca et al., 2012) y plagas de dátiles

almacenados *Ectomyelois ceratoniae* y *Ephestia kuehniella* (Chaaban et al., 2019) también ha sido reportada. Aunque son escasos los estudios de toxicidad para insectos con *O. quixos*, las termitas *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) (Arteaga-Crespo et al., 2021) fueron susceptibles cuando fueron expuestas a este aceite esencial.

Aunque aquí no evaluamos la actividad biológica de los compuestos mayoritarios presentes en cada uno de estos aceites esenciales, la toxicidad es atribuida a sus compuestos principales Nonanona <2->, (E)-Acetato de cinamilo y el 1,8-Cineol. En este sentido otros aceites esenciales con una composición química similar a los aquí estudiados han demostrado efecto contra artrópodos. Así, *Zanthoxylum schinifolium* compuesto por Undecanona <2-> y Nonanona <2-> exhibió toxicidades acaricidas contra De*rmatophagoides farinae, Dermatophagoides pteronyssinus* y *Tyrophagus putrescentiae* (Lee, 2016). Similarmente, con el aceite de *Ruta chalepensis* con más del 80 % de estos compuestos redujo el número de ninfas y huevos de *Aphis gossypii* y *Tetranychus urticae* (Traka et al., 2018). Undecanona <2-> es potencial nematicida contra los nematodos agalladores *Meloidogyne incognita* y *Meloidogyne javanica* (Ntalli et al., 2011). La actividad biológica de estas cetonas ya ha sido reportada previamente causando la mortalidad de araña roja *Tetranychus urticae* (Chatzivasileiadis & Sabelis, 1997). Por otro lado, el compuesto (E)-acetato de cinamilo mayoritario en el aceite esencial de *O. quixos* presento baja toxicidad a adultos de mosca *Musca domestica* (Samarasekera et al., 2006), hormigas obreras *Solenopsis invicta* (Xing et al., 2022), o ninfas y adultos de *Ricania* sp (Jeon et al., 2017). Sin embargo lo contrario también fue reportado para otros insecto; así Cheng et al. (2009) y Cheng et al. (2004) encontraron que la combinación de este compuesto y cinamaldehído tuvo un efecto larvicida en *Aedes albopictus* y *Aedes aegypti* respectivamente; esto autores sugieren que un compuesto que tenga un doble enlace conjugado y una cadena CH larga fuera del anillo, como el cinamaldehído, tiene tiene una actividad larvicida mucho mayor. Además se sabe que estos compuestos actúan sobre la acetilcolinesterasa y los receptores GABA-T del mosquito *Culex pipiens* (Hong et al., 2018) La acción larvicida de Nonanone <2-> en *Bradysia procera* podría deberse a la interferencia el sistema octopaminérgico (Taktak & Badawy, 2019).

La acetilcolinesterasa desempeña un papel en las sinapsis colinérgicas que es esencial para los insectos y los animales superiores (Fournier & Mutero, 1994). La inhibición de la AChE provoca la acumulación de acetilcolina en las sinapsis, de modo que la membrana postsináptica se encuentra en estado de estimulación permanente, lo que provoca ataxia, es decir, una falta de descoordinación general del sistema neuromuscular y, finalmente muerte (Singh & Singh,

2000). Por otro la octopamina juega un papel importante como neurotransmisor involucrada en varios comportamientos, como volar, poner huevos y saltar en los artrópodos (Ubuka, 2021). Y ha sido demostrado que este neurotrasmisor es el sitio de acción de varios compuestos presentes en aceites esenciales (Rattan, 2010).

Pese a ser tóxicos tanto el aceite esencial de *R. graveolens* como el de *O. quixos*, no tuvieron efecto repelente a adultos de *B. cockerelli*, excepto en la CL_{75} (0.051 µl/cm^2) del aceite esencial de O. quixos que si mostro repelencia para esta plaga. Los resultados aquí encontrados están en contraposición con otros estudios en donde fue reportado que el aceite esencial de R. graveolens y sus compuestos principales son repelentes para *Sitophilus oryzae*, *Musca domestica*, *Cochliomyia macellaria*, *Sarcophaga bullata*, *Aedes albopictus y Ceratitis capitada* (Ali et al., 2013; Conti et al., 2013; Deguenon et al., 2019; Ghabbari et al., 2018; Perera & Karunaratne, 2016). Por lo tanto, es evidente que el efecto biológico o comportamental de un producto depende del organismo evaluado (Deletre et al., 2015). En el caso de *O. quixos* la actividad repelente para insectos no ha sido evaluada, sin embargo, el monoterpeno 1,8-Cineole que es uno de los principales compuestos presentes en este aceite esencial ha mostrado efecto repelente contra mosquitos *Armigeres* sp, *Culex* sp y *Aedes* sp (Vongsombath et al., 2014). Por lo general, los repelentes de insectos funcionan proporcionando una barrera de vapor que evita que los artrópodos entren en contacto con la superficie tratada (Brown & Hebert, 1997), estas sustancias actúan localmente o a distancia disuadiendo a un artrópodo de volar o aterrizar sobre la superficie del hospedero (Shankar et al., 2013). La escasa repelencia de los aceites esenciales aquí evaluados se debe a que no siempre el comportamiento tóxico y repelente se relacionan entre sí (Deletre et al., 2015), por lo que es posible que efectos antagónicos entre los compuestos presentes estén siendo expresos (Benelli et al., 2017; Faraone et al., 2015; Pavela, 2015).

Los resultados obtenidos en este estudio, junto con la información disponible en literatura, confirman que el uso de aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* puede convertirse en una herramienta a ser incorporada en Programas de Manejo Integrado de *Bactericera cockerelli*, lo que contribuiría a una reducción en el consumo de insecticidas sintéticos. Así mismo se puede explorar el efecto de estos aceites sobre los estados inmaduros (huevos y ninfas) de *Bactericera cokerelli* y organismos no objetivos.

8. Conclusiones

- Los aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* presentan 100 % de toxicidad a adultos de *Bactericera cockerelli*, por lo que pueden ser consideradas potenciales herramientas para su uso en el manejo integrado de plagas.
- Pese a que los aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* tienen acción insecticida, ninguno de estos consiguió de manera general repeler a adultos de *Bactericera cockerelli.*

9. Recomendaciones

- Realizar estudios sobre efectos biológicos en *Bactericera cockerelli* expuestos a dosis subletales de estas biomoléculas.

10. Bibliografía

Abdullah, N. (2008). Life history of the potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) in controlled environment agriculture in Arizona. *African Journal of Agricultural Research*, *3*(1), 060-067.

Adams, R. P. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry* (Vol. 456). Allured publishing corporation Carol Stream.

Agarwal, M., Singh, A., Arjaria, S., Sinha, A., & Gupta, S. (2019). Tomato Leaf Disease Detection using Convolution Neural Network. International Conference on Computational Intelligence and Data Science (ICCIDS),

Ahmed, M. A. I., Ahmed, A. M. M., & Amro, A. M. A.-R. M. (2019). Possible chitin inhibitor effects of *Melilotus indicus* (L.) extraction on *Spodoptera littoralis* (Boisduval) under laboratory conditions. *Entomology and Applied Science Letters*, *5*(4), 112-118.

Ali, A., Demirci, B., Kiyan, H. T., Bernier, U. R., Tsikolia, M., Wedge, D. E., . . . Tabanca, N. (2013). Biting Deterrence, Repellency, and Larvicidal Activity of Ruta chalepensis (Sapindales: Rutaceae) Essential Oil and Its Major Individual Constituents Against Mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*, *50*(6), 1267-1274. https://doi.org/10.1603/me12177

AlJabr, A. M., Hussain, A., Rizwan-ul-Haq, M., & Al-Ayedh, H. (2017). Toxicity of Plant Secondary Metabolites Modulating Detoxification Genes Expression for Natural Red Palm Weevil Pesticide Development. *Molecules*, *22*(1), 169. https://www.mdpi.com/1420-3049/22/1/169

Arteaga-Crespo, Y., Ureta-Leones, D., García-Quintana, Y., Montalván, M., Gilardoni, G., & Malagón, O. (2021). Preliminary predictive model of termiticidal and repellent activities of essential oil extracted from *Ocotea quixos* leaves against *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) using one-factor response surface methodology design. *Agronomy*, *11*(6), 1249. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11061249

Aslan, İ., Özbek, H., Çalmaşur, Ö., & Şahin, F. (2004). Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Industrial Crops and Products*, *19*(2), 167-173. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.09.003

Attia, E. Z., Abd El-Baky, R. M., Desoukey, S. Y., El Hakeem Mohamed, M. A., Bishr, M. M., & Kamel, M. S. (2018). Chemical composition and antimicrobial activities of essential oils of Ruta graveolens plants treated with salicylic acid under drought stress conditions. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, *4*(2), 254-264. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fjps.2018.09.001

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, *46*(2), 446-475. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106

Belabbes, R., Dib, M. E. A., Djabou, N., Ilias, F., Tabti, B., Costa, J., & Muselli, A. (2017). Chemical variability, antioxidant and antifungal activities of essential oils and hydrosol

extract of *Calendula arvensis* L. from western Algeria. *Chemistry & biodiversity*, *14*(5), e1600482.

Benelli, G., Pavela, R., Canale, A., Cianfaglione, K., Ciaschetti, G., Conti, F., . . . Maggi, F. (2017). Acute larvicidal toxicity of five essential oils (*Pinus nigra*, *Hyssopus officinalis*, *Satureja montana*, *Aloysia citrodora* and *Pelargonium graveolens*) against the filariasis vector *Culex quinquefasciatus*: Synergistic and antagonistic effects. *Parasitology International*, *66*(2), 166-171. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.parint.2017.01.012

Bouabida, H., & Dris, D. (2020). Effect of rue (Ruta graveolens) essential oil on mortality, development, biochemical and biomarkers of Culiseta longiareolata. *South African Journal of Botany*, *133*, 139-143. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.07.005

Brown, M., & Hebert, A. A. (1997). Insect repellents: An overview. *Journal of the American Academy of Dermatology*, *36*(2), 243-249. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0190-9622(97)70289-5

Bruni, R., Medici, A., Andreotti, E., Fantin, C., Muzzoli, M., Dehesa, M., . . . Sacchetti, G. (2004). Chemical composition and biological activities of Ishpingo essential oil, a traditional Ecuadorian spice from Ocotea quixos (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) flower calices. *Food Chemistry*, *85*(3), 415-421. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.07.019

Bujanos Muñiz, R., & Ramos Méndez, C. (2015). *El psílido de la papa y tomate Bactericera (= Paratrioza cockerelli (Sulc)(Hemiptera: Triozidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA*.

Butler, C. D., & Trumble, J. T. (2012). The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terrestrial Arthropod Reviews*, *5*(2), 87-111. https://doi.org/https://doi.org/10.1163/187498312X634266

Cabardo, D. E., & Portugaliza, H. P. (2017). Anthelmintic activity of *Moringa oleifera* seed aqueous and ethanolic extracts against Haemonchus contortus eggs and third stage larvae. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, *5*(1), 30-34. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2017.02.001

CABI. (2021). *Bactericera cockerelli (Tomato/Potato Psyllid). Invasive Species Compendium.* Retrieved 27 de Julio from https://www.cabi.org/isc/datasheet/45643

Carrillo, C. C., Fu, Z., & Burckhardt, D. (2019). First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. *Bull. Insectol*, *72*, 85-91.

Chaaban, S. B., Hamdi, S. H., Mahjoubi, K., & Jemâa, J. M. B. (2019). Composition and insecticidal activity of essential oil from Ruta graveolens, Mentha pulegium and Ocimum basilicum against Ectomyelois ceratoniae Zeller and Ephestia kuehniella Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, *126*(3), 237-246. https://doi.org/10.1007/s41348-019-00218-8

Chatzivasileiadis, E. A., & Sabelis, M. W. (1997). Toxicity of methyl ketones from tomato trichomes to Tetranychus urticae Koch. *Experimental & Applied Acarology*, *21*(6), 473-484. https://doi.org/10.1023/A:1018436113892

Cheng, S.-S., Liu, J.-Y., Huang, C.-G., Hsui, Y.-R., Chen, W.-J., & Chang, S.-T. (2009). Insecticidal activities of leaf essential oils from Cinnamomum osmophloeum against three mosquito species. *Bioresource Technology*, *100*(1), 457-464. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.030

Cheng, S.-S., Liu, J.-Y., Tsai, K.-H., Chen, W.-J., & Chang, S.-T. (2004). Chemical Composition and Mosquito Larvicidal Activity of Essential Oils from Leaves of Different Cinnamomum osmophloeum Provenances. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(14), 4395-4400. https://doi.org/10.1021/jf0497152

Chowański, S., Kudlewska, M., Marciniak, P., & Rosiński, G. (2014). Synthetic Insecticides--is There an Alternative? *Polish Journal of Environmental Studies*, *23*(2).

Conti, B., Leonardi, M., Pistelli, L., Profeti, R., Ouerghemmi, I., & Benelli, G. (2013). Larvicidal and repellent activity of essential oils from wild and cultivated Ruta chalepensis L. (Rutaceae) against Aedes albopictus Skuse (Diptera: Culicidae), an arbovirus vector. *Parasitology Research*, *112*(3), 991-999. https://doi.org/10.1007/s00436-012-3221-2

da Silva, F. G. E., Mendes, F. R. d. S., Assunção, J. C. d. C., Maria Pinheiro Santiago, G., Aislania Xavier Bezerra, M., Barbosa, F. G., . . . Rodrigues Rocha, R. (2014). Seasonal variation, larvicidal and nematicidal activities of the lef essential oil of Ruta graveolens L. *Journal of Essential Oil Research*, *26*(3), 204-209. https://doi.org/10.1080/10412905.2014.882276

Degrendele, C., Klánová, J., Prokeš, R., Příbylová, P., Šenk, P., Šudoma, M., . . . Fuhrimann, S. (2022). Current use pesticides in soil and air from two agricultural sites in South Africa: Implications for environmental fate and human exposure. *Science of The Total Environment*, *807*, 150455. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150455

Deguenon, J. M., Zhu, J., Denning, S., Reiskind, M. H., Watson, D. W., & Roe, R. M. (2019). Control of Filth Flies, Cochliomyia macellaria (Diptera: Calliphoridae), Musca domestica (Diptera: Muscidae), and Sarcophaga bullata (Diptera: Sarcophagidae), Using Novel Plant-Derived Methyl Ketones. *Journal of Medical Entomology*, *56*(6), 1704-1714. https://doi.org/10.1093/jme/tjz107

Deletre, E., Chandre, F., Williams, L., Duménil, C., Menut, C., & Martin, T. (2015). Electrophysiological and behavioral characterization of bioactive compounds of the Thymus vulgaris, Cymbopogon winterianus, Cuminum cyminum and Cinnamomum zeylanicum essential oils against Anopheles gambiae and prospects for their use as bednet treatments. *Parasites & Vectors*, *8*(1), 316. https://doi.org/10.1186/s13071-015-0934-y

EPPO. (2021). European and Mediterranean Plant Protection Organization *Distribución mundial de Bactericera cockerelli*.

EPPO. (s.f.). *European and Mediterranean Plant Protection Organization. Plantas hospedantes de Bactericera cockerelli*

FAO. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved 27 de Julio from https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Faraone, N., Hillier, N. K., & Cutler, G. C. (2015). Plant essential oils synergize and antagonize toxicity of different conventional insecticides against Myzus persicae (Hemiptera: Aphididae). *PloS one*, *10*(5), e0127774.

Fournier, D., & Mutero, A. (1994). Modification of acetylcholinesterase as a mechanism of resistance to insecticides. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, *108*(1), 19-31. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/1367-8280(94)90084-1

França Orlanda, J. F., & Nascimento, A. R. (2015). Chemical composition and antibacterial activity of Ruta graveolens L. (Rutaceae) volatile oils, from São Luís, Maranhão, Brazil. *South African Journal of Botany*, *99*, 103-106. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.03.198

Garzón-Tiznado, J. A., Cárdenas-Valenzuela, O. G., Bujanos-Muñiz, R., Marín-Jarillo, A., Becerra-Flora, A., Velarde-Felix, S., . . . Martínez-Carrillo, J. L. (2009). Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad 'permanente del tomate' en México. *Agricultura técnica en México*, *35*, 61-72. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000100006&nrm=iso

Ghabbari, M., Guarino, S., Caleca, V., Saiano, F., Sinacori, M., Baser, N., . . . Lo Verde, G. (2018). Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of Ceratitis capitata (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). *Journal of Pest Science*, *91*(2), 907-917. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10340-018-0952-6

Haddi, K., Turchen, L. M., Viteri Jumbo, L. O., Guedes, R. N., Pereira, E. J., Aguiar, R. W., & Oliveira, E. E. (2020). Rethinking biorational insecticides for pest management: Unintended effects and consequences. *Pest management science*, *76*(7), 2286-2293. https://doi.org/ https://doi.org/10.1002/ps.5837

Hafeez, M., Li, X., Ullah, F., Zhang, Z., Zhang, J., Huang, J., . . . Lu, Y. (2021). Behavioral and Physiological Plasticity Provides Insights into Molecular Based Adaptation Mechanism to Strain Shift in Spodoptera frugiperda. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(19).

Haider, S. Z., Mohan, M., Pandey, A. K., & Singh, P. (2015). Repellent and Fumigant Activities of *Tanacetum nubigenum* Wallich. ex DC Essential Oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Oleo Science*, *64*(8), 895-903. https://doi.org/10.5650/jos.ess15094

Han, W., Zhang, S., Shen, F., Liu, M., Ren, C., & Gao, X. (2012). Residual toxicity and sublethal effects of chlorantraniliprole on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Pest management science*, *68*(8), 1184-1190.

Hanif, M. A., Nisar, S., Khan, G. S., Mushtaq, Z., & Zubair, M. (2019). Essential Oils. In S. Malik (Ed.), *Essential Oil Research: Trends in Biosynthesis, Analytics, Industrial Applications and Biotechnological Production* (pp. 3-17). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8_1

Hodkinson, I. (1974). The biology of the Psylloidea (Homoptera): a review. *Bull Entomol Res*, *64*(2), 325-338.

Hong, T. K., Perumalsamy, H., Jang, K. H., Na, E. S., & Ahn, Y. J. (2018). Ovicidal and larvicidal activity and possible mode of action of phenylpropanoids and ketone identified in Syzygium aromaticum bud against Bradysia procera. *Pestic Biochem Physiol*, *145*, 29-38. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.01.003

Horton, D., Miliczky, E., Munyaneza, J. E., Swisher, K. D., & Jensen, A. S. (2014). Absence of photoperiod effects on mating and ovarian maturation by three haplotypes of potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, *111*, 1-12.

Ikbal, C., & Pavela, R. (2019). Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. *Journal of Pest Science*, *92*(3), 971-986. https://doi.org/10.1007/s10340-019-01089-6

INEC. (2021). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Retrieved 1 de Agosto from http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas

Institute, S. (2004). *SAS/ETS 9.1 User's Guide*. SAS Institute.

Irshad, M., Subhani, M. A., Ali, S., & Hussain, A. (2020). Biological importance of essential oils. *Essential Oils-Oils of Nature*, 1.

Islam, J., & Kabir, Y. (2019). 5 - Effects and Mechanisms of Antioxidant-Rich Functional Beverages on Disease Prevention. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Functional and Medicinal Beverages* (pp. 157-198). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00005-4

Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, *19*(8), 603-608. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X

Isman, M. B. (2020a). Bioinsecticides based on plant essential oils: a short overview. *Zeitschrift für Naturforschung C*, *75*(7-8), 179-182. https://doi.org/doi:10.1515/znc-2020-0038

Isman, M. B. (2020b). Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. *Phytochemistry Reviews*, *19*(2), 235-241. https://doi.org/10.1007/s11101-019-09653-9

Isman, M. B., & Tak, J. H. (2017). Inhibition of acetylcholinesterase by essential oils and monoterpenoids: a relevant mode of action for insecticidal essential oils. *Biopesticides Int*, *13*, 71-78.

Jaramillo-Colorado, B. E., Suarez-López, S., & Marrugo-Santander, V. (2019). Volatile chemical composition of essential oil from *Bursera graveolens* (Kunth) Triana &

Planch and their fumigant and repellent activities. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, *41*, 46822.

Jeon, Y. J., Lee, S. G., Yang, Y. C., & Lee, H. S. (2017). Insecticidal activities of their components derived from the essential oils of Cinnamomum sp. barks and against Ricania sp.(Homoptera: Ricaniidae), a newly recorded pest. *Pest management science*, *73*(10), 2000-2004. https://doi.org/ https://doi.org/10.1002/ps.4627

Kalmosh, F. S., El Shafiey, S. N., & El-Kawas, H. M. (2019). Fumigant Toxicity of Rue Essential Oil, Ruta graveolens L. on Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae). *Academic Journal of Life Sciences*, *5*(8), 48-54.

Khidr, A. E. A. A., Gaffar, S. A., Nada, M. S., & Mohammad, A. M. (2013). New approaches for controlling tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) in tomato fields in egypt. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, *91*(1), 335-348. https://doi.org/10.21608/ejar.2013.161957

Lee, H.-S. (2016). Insecticidal Toxicities and Essential Oil Compositions of Zanthoxylum piperitum and Zanthoxylum schinifolium Fruits in Korea. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *19*(8), 2065-2071. https://doi.org/10.1080/0972060X.2016.1249415

Liefting, L. W., Sutherland, P. W., Ward, L. I., Paice, K. L., Weir, B. S., & Clover, G. R. G. (2009). A New '*Candidatus Liberibacter*' Species Associated with Diseases of Solanaceous Crops. *Plant Dis*, *93*(3), 208-214. https://doi.org/10.1094/pdis-93-3-0208

Liu, D., & Trumble, J. T. (2006). Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato-potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on selected tomato accessions. *Bull Entomol Res*, *96*(2), 197-204. https://doi.org/10.1079/ber2005416

Lopes, M. C., Farias, E. S., Costa, T. L., Arcanjo, L. P., Santos, A. A., Ribeiro, A. V., . . . Picanço, M. C. (2019). Economic injury level and sequential sampling plan for Liriomyza huidobrensis management in tomato crops. *Crop Protection*, *124*, 104848. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104848

Luna-Cruz, A., Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Ortega-Arenas, L. D., & Huerta-de La Peña, A. (2011). Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Acta zoológica mexicana*, *27*, 509-526. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000300001&nrm=iso

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)*.

Martinelli, L., Rosa, J. M., Ferreira, C. d. S. B., Nascimento, G. M. d. L., Freitas, M. S., Pizato, L. C., . . . Malpass, G. R. P. (2017). Antimicrobial activity and chemical constituents

of essential oils and oleoresins extracted from eight pepper species. *Ciência Rural*, *47*. https://doi.org/https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160899

Mazzonetto, F., & Vendramim, J. D. (2003). Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology*, *32*, 145-149. https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000100022

Mesa, V., Marín, P., Ocampo, O., Calle, J., & Monsalve, Z. (2019). Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, *45*(1), 23-30.

Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. (2017). Chapter 13 - Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Soft Chemistry and Food Fermentation* (pp. 379-419). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811412-4.00013-8

Munyaneza, J. E. (2010). Psyllids as vectors of emerging bacterial diseases of annual crops. *Southwestern Entomologist*, *35*(3), 471-477. https://doi.org/https://doi.org/10.3958/059.035.0335

Munyaneza, J. E. (2012). Zebra Chip Disease of Potato: Biology, Epidemiology, and Management. *American Journal of Potato Research*, *89*(5), 329-350. https://doi.org/10.1007/s12230-012-9262-3

Noriega, P., Mosquera, T., Paredes, E., Parra, M., Zappia, M., Herrera, M., . . . Osorio, E. (2018). Antimicrobial and antioxidant bioautography activity of bark essential oil from Ocotea quixos (Lam.) kosterm. *JPC - Journal of Planar Chromatography - Modern TLC Journal of Planar Chromatography*, *31*(2), 163-168. https://doi.org/10.1556/1006.2018.31.2.11

Ntalli, N. G., Manconi, F., Leonti, M., Maxia, A., & Caboni, P. (2011). Aliphatic Ketones from Ruta chalepensis (Rutaceae) Induce Paralysis on Root Knot Nematodes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *59*(13), 7098-7103. https://doi.org/10.1021/jf2013474

Olaniyan, O., RodrÍGuez-Gasol, N., Cayla, N., Michaud, E., & Wratten, S. D. (2020). *Bactericera cockerelli* (Sulc), a potential threat to China's potato industry. *Journal of Integrative Agriculture*, *19*(2), 338-349. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62754-1

Opara, U. L., Al-Ani, M. R., & Al-Rahbi, N. M. (2012). Effect of Fruit Ripening Stage on Physico-Chemical Properties, Nutritional Composition and Antioxidant Components of Tomato (Lycopersicum esculentum) Cultivars. *Food and Bioprocess Technology*, *5*(8), 3236-3243. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0693-5

Pavela, R. (2015). Acute toxicity and synergistic and antagonistic effects of the aromatic compounds of some essential oils against Culex quinquefasciatus Say larvae. *Parasitology Research*, *114*(10), 3835-3853. https://doi.org/10.1007/s00436-015-4614-9

Perera, A., & Karunaratne, M. (2016). Efficacy of essential oil of Ruta Graveolens leaves against Sitophilus Oryzae (Linnaeus) as a biorational pesticide in post-harvest pest management.

Perera, A., Karunaratne, M., & Chinthaka, S. (2017). Biological activity and secondary metabolite profile of Ruta graveolens leaves against maize weevil infestations. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *5*(2), 233-241.

Perera, A., Karunaratne, M., & Chinthaka, S. (2019). Qualitative Determination, Quantitative Evaluation and Comparative Insecticidal Potential of Ruta Graveolens Essential Oil and Its Major Constituents in the Management of Two Stored Pests Sitophilus Zeamais (Coleoptera: Curculionidae) And Corcyra Cephalon. *Sustainable Development Research*, *1*(1), p55-p55. https://doi.org/https://doi.org/10.30560/sdr.v1n1p55

Pineda, S., Medina, M., Figueroa, J. I., Henry, T. J., Mena, L. V., Chavarrieta, J. M., . . . Martínez, A. M. (2016). Life history, diagnosis, and biological aspects of *Engytatus varians* (Hemiptera: Miridae), a predator of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Biocontrol Science and Technology*, *26*(8), 1073-1086. https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1185088

Prager, S. M., & Trumble, J. T. (2018). Chapter 7 - Psyllids: Biology, Ecology, and Management. In W. Wakil, G. E. Brust, & T. M. Perring (Eds.), *Sustainable Management of Arthropod Pests of Tomato* (pp. 163-181). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3

Rajan, A., Kumar, S., Sunil, C. K., Radhakrishnan, M., & Rawson, A. (2022). Recent advances in the utilization of industrial byproducts and wastes generated at different stages of tomato processing: Status report. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(11), e17063. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.17063

Rajapakse, R., & Ratnasekera, D. (2010). Pesticidal potential of some selected tropical plant extracts agains *Callosobruchus maculates* (F) and *Callosobruchus chinensis* (L)(Coleoptera: Bruchidae). *Tropical Agricultural Research and Extension*, *11*.

Ramírez, R. N., Mora, F. D., Avila, J. L., Rojas, L. B., Usubillaga, A., Segnini, S., & Carmona, J. (2011). Composicion quimica y actividad larvicida del aceite esencial de *Annona cherimola* Mill. de Los Andes venezolanos contra el mosquito *Aedes aegypti* (L.) [Article]. *Revista de la Facultad de Farmacia*, *53*, 2+. https://link.gale.com/apps/doc/A304167208/IFME?u=anon~329cc8d4&sid=googleScholar&xid=ae8e7612

Ramos, R. S., Kumar, L., Shabani, F., & Picanço, M. C. (2018). Mapping global risk levels of *Bemisia tabaci* in areas of suitability for open field tomato cultivation under current and future climates. *PloS one*, *13*(6), e0198925.

Rattan, R. S. (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protection*, *29*(9), 913-920. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.008

Reddy, D. N., & Al-Rajab, A. J. (2016). Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of Ruta graveolens L. volatile oils. *Cogent Chemistry*, *2*(1), 1220055. https://doi.org/10.1080/23312009.2016.1220055

Rey-Valeirón, C., Guzmán, L., Saa, L. R., López-Vargas, J., & Valarezo, E. (2017). Acaricidal activity of essential oils of *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch and *Schinus molle* L. on unengorged larvae of cattle tick *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* (Acari:Ixodidae). *Journal of Essential Oil Research*, *29*(4), 344-350. https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1278405

Robertson, J. L., Jones, M. M., Olguin, E., & Alberts, B. (2017). *Bioassays with arthropods*. CRC press.

Rosado-Aguilar, J. A., Arjona-Cambranes, K., Torres-Acosta, J. F. J., Rodríguez-Vivas, R. I., Bolio-González, M. E., Ortega-Pacheco, A., . . . Aguilar-Caballero, A. J. (2017). Plant products and secondary metabolites with acaricide activity against ticks. *Veterinary Parasitology*, *238*, 66-76. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.03.023

Samarasekera, R., Kalhari, K. S., & Weerasinghe, I. S. (2006). Insecticidal Activity of Essential Oils of Ceylon Cinnamomum and Cymbopogon species against Musca domestica. *Journal of Essential Oil Research*, *18*(3), 352-354. https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699110

Scalvenzi, L., Radice, M., Toma, L., Severini, F., Boccolini, D., Bella, A., . . . Chiurato, M. (2019). Larvicidal activity of *Ocimum campechianum*, *Ocotea quixos* and *Piper aduncum* essential oils against *Aedes aegypti*. *Parasite*, *26*.

Shankar, B. S., Saravanan, T., Ragavi, M., Kaviya, G., Anushree, A., Samraj, D. A., & Tennyson, S. (2013). Screening of local plants for their repellent activity against mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Journal of Mosquito Research*, *3*(1).

Silva, S., Haddi, K., Viteri Jumbo, L., & Oliveira, E. (2017). Progeny of the maize weevil, S itophilus zeamais, is affected by parental exposure to clove and cinnamon essential oils. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, *163*(2), 220-228.

Singh, K., & Singh, D. K. (2000). Toxicity to the snail Limnaea acuminata of plant-derived molluscicides in combination with synergists. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, *56*(10), 889-898.

Šulc, K. (1909). Trioza cockerelli n. sp, novinka ze Severní Ameriky, mající i hospodářský význam [*Trioza cockerelli* n. sp., a novelty from North America, being also of economic importance]. *Acta Societatis Entomologicae Bohemiae*, *6*(4), 102-108.

Tabanca, N., Demirci, B., Kiyan, H., Ali, A., Bernier, U., Wedge, D., . . . Başer, K. (2012). Repellent and larvicidal activity of Ruta graveolens essential oil and its major individual constituents against Aedes aegypti. *Planta Medica*, *78*(05), P_90.

Taktak, N. E. M., & Badawy, M. E. I. (2019). Potential of hydrocarbon and oxygenated monoterpenes against Culex pipiens larvae: Toxicity, biochemical, pharmacophore modeling and molecular docking studies. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *158*, 156-165. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.05.006

Toledo, P. F. S., Ferreira, T. P., Bastos, I. M. A. S., Rezende, S. M., Viteri Jumbo, L. O., Didonet, J., . . . Aguiar, R. W. S. (2019). Essential oil from Negramina (Siparuna guianensis) plants controls aphids without impairing survival and predatory abilities of non-target ladybeetles. *Environmental Pollution*, *255*, 113153. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113153

Toledo, P. F. S., Viteri Jumbo, L. O., Rezende, S. M., Haddi, K., Silva, B. A., Mello, T. S., . . . Oliveira, E. E. (2020). Disentangling the ecotoxicological selectivity of clove essential oil against aphids and non-target ladybeetles. *Science of The Total Environment*, *718*, 137328. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137328

Traka, C. K., Petrakis, E., Kimbaris, A., Polissiou, M., & Perdikis, D. C. (2018). Effects of Ocimum basilicum and Ruta chalepensis hydrosols on Aphis gossypii and Tetranychus urticae. *Journal of Applied Entomology*, *142*(4), 413-420. https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/jen.12486

Tripathi, A., Prajapati, V., Aggarwal, K., Kumar, S., Kukreja, A., Dwivedi, S., & Singh, A. (2000). Effects of volatile oil constituents of Mentha species against stored grain pests, *Callosobrunchus maculatus* and *Tribolium castanum*. *J. Med. Arom. Plant Sci*, *22*, 549-556.

Ubuka, T. (2021). Subchapter 131C - Octopamine. In H. Ando, K. Ukena, & S. Nagata (Eds.), *Handbook of Hormones (Second Edition)* (pp. 1045-1047). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820649-2.00291-6

Valarezo, E., Ludeña, J., Echeverria-Coronel, E., Cartuche, L., Meneses, M. A., Calva, J., & Morocho, V. (2022). Enantiomeric Composition, Antioxidant Capacity and Anticholinesterase Activity of Essential Oil from Leaves of Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Plants*, *11*(3), 367. https://www.mdpi.com/2223-7747/11/3/367

Valarezo, E., Rosillo, M., Cartuche, L., Malagón, O., Meneses, M., & Morocho, V. (2013). Chemical composition, antifungal and antibacterial activity of the essential oil from *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (Asteraceae) from Loja, Ecuador. *Journal of Essential Oil Research*, *25*(3), 233-238. https://doi.org/10.1080/10412905.2013.775679

Valarezo, E., Vullien, A., & Conde-Rojas, D. (2021). Variability of the Chemical Composition of the Essential Oil from the Amazonian Ishpingo Species (Ocotea quixos). *Molecules*, *26*(13).

Vargas-Madriz, H., Guzmán-Martínez, M., Acuña-Soto, J. A., Azuara-Domínguez, A., Grifaldo-Alcántara, P. F., Luna-Cruz, A., & Lázaro-Dzul, M. O. (2020). Effects of temperature and tomato variety on development stages of *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Acta zoológica mexicana*, *36*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372020000100107&nrm=iso

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). https://doi.org/10.1093/jipm/pmy007

Viteri Jumbo, L. O., Corrêa, M. J. M., Gomes, J. M., Armijos, M. J. G., Valarezo, E., Mantilla-Afanador, J. G., . . . Oliveira, E. E. (2022). Potential of *Bursera graveolens* essential oil for controlling bean weevil infestations: Toxicity, repellence, and action targets. *Industrial Crops and Products*, *178*, 114611. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114611

Viteri Jumbo, L. O., Faroni, L. R., Oliveira, E. E., Pimentel, M. A., & Silva, G. N. (2014). Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. *Industrial Crops and Products*, *56*, 27-34.

Vongsombath, C., Pålsson, K., Björk, L., Borg–Karlson, A.-K., & Jaenson, T. G. T. (2014). Mosquito (Diptera: Culicidae) Repellency Field Tests of Essential Oils From Plants Traditionally Used in Laos. *Journal of Medical Entomology*, *49*(6), 1398-1404. https://doi.org/10.1603/me12025

Wallis, R. L. (1955). *Ecological studies on the potato psyllid as a pest of potatoes*. The Department.

Xing, H., Hu, Y., Yang, L., Lin, J., Bai, H., Li, Y., . . . Wu, H. (2022). Fumigation activity of essential oils of Cinnamomum loureirii toward red imported fire ant workers. *Journal of Pest Science*. https://doi.org/10.1007/s10340-022-01540-1

Yen, A., & Burckhardt, D. (2012). Diagnostic protocol for the detection of the tomato potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc). Department of Agriculture, Australian Government, Australia. In.

Zahran, H. E.-D. M., Abou-Taleb, H. K., & Abdelgaleil, S. A. M. (2017). Adulticidal, larvicidal and biochemical properties of essential oils against *Culex pipiens* L. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *20*(1), 133-139. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.12.006

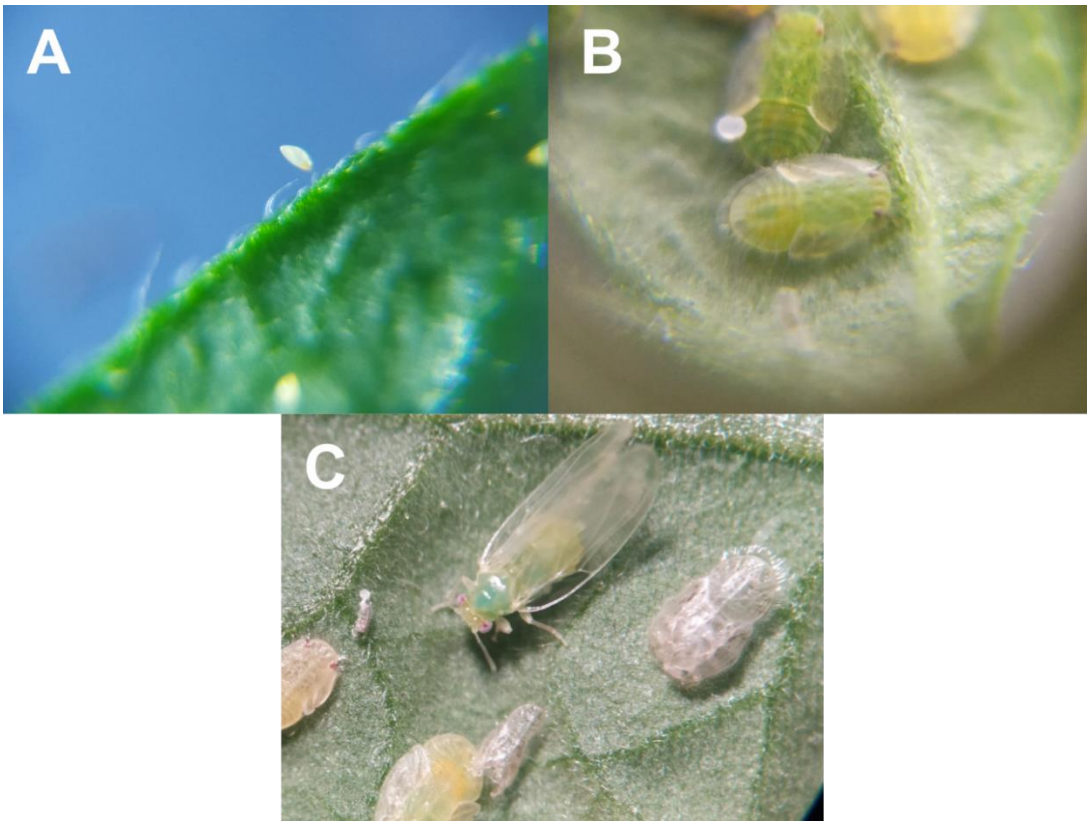
Zapata, N., Lognay, G., & Smagghe, G. (2010). Bioactivity of essential oils from leaves and bark of *Laurelia sempervirens* and *Drimys winteri* against *Acyrthosiphon pisum*. *Pest management science*, *66*(12), 1324-1331. https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.2018

Zhang, Q., Li, Z., Chang, C. H., Lou, J. L., Zhao, M. R., & Lu, C. (2018). Potential human exposures to neonicotinoid insecticides: A review. *Environmental Pollution*, *236*, 71-81. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.101

11. Anexos

Anexo 1. Psílido del tomate *Bactericera cockerelli***.**

Anexo 2. Ciclo Biológico de *Bactericera cockerelli*. Huevos (A), Ninfas (B), Adulto (C).



Anexo 3. Daños causados por *Bactericera cockerelli*.

Anexo 4. Cría masiva de *Bactericera cockerelli*.

Anexo 5. Evaluación de bioensayos de repelencia

Anexo 6. Certificado de traducción del Abstract

ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA FISCOMISIONAL "EDUVIGES PORTALET"
HERMANAS DOMINICAS DE LA INMACULADA CONCEPCIÓN
PREDICAR LA VERDAD Y PORTAR LA LUZ DE CRISTO
Teléf. 072571695 Correo: escuela2eduviges@hotmail.com
AÑO LECTIVO 2022 – 2023

MINISTERIO DE EDUCACIÓN
República del Ecuador

M.Sc. Katherine Alexandra López López

DOCENTE DE INGLÉS - ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA FISCOMISIONAL "EDUVIGES PORTALET"

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen de tesis "Uso potencial de aceites esenciales como una alternativa de control contra *Bactericera cockerelli*" autoría de **Santiago David Macas Medina** con cédula de ciudadanía No. **1150029427**, egresado de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional De Loja.

Lo certifico en honor a la verdad y autorizo al interesado a hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 14 de marzo del 2023

M.Sc. Katherine Alexandra López López
DOCENTE DE INGLÉS

Mgs. Katherine López
DOCENTE DE INGLES
ID. 1105890568
REG. 7241192281