



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Efecto de dosis subletales de biomoléculas con potencial insecticida en *Bactericera cockerelli* en condiciones de laboratorio

Trabajo de Integración Curricular previo a
la obtención del Título de Ingeniera
Agrónoma

AUTOR:

Kerly Tamara González González

DIRECTOR:

Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo. PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificado

Loja, 27 de febrero de 2023

Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo. PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de dosis subletales de biomoléculas con potencial insecticida en *Bactericera cockerelli* en condiciones de laboratorio** previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma de autoría de la estudiante **Kerly Tamara González González** con **cédula de identidad** Nro. **1150246542**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo. PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Kerly Tamara González González**, declaro ser la autora del presente Trabajo de Integración Curricular 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 Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 1150246542

Fecha: 16/06/2023

Correo electrónico: kerly.gonzalez@unl.edu.ec

Celular: 0983327519

Carta de autorización por parte de la autora para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Kerly Tamara González González**, declaro ser la autora del del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de dosis subletales de biomoléculas con potencial insecticida en *Bactericera cockerelli* en condiciones de laboratorio**, como requisito para optar el título **Ingeniera Agrónoma**, 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 que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dieciséis días del mes de junio del año dos mil veintitrés.

Firma:



Autora: Kerly Tamara González González

Cédula: 1150246542

Dirección: Las Pitás, Loja Ecuador

Correo electrónico: kerly.gonzalez@unl.edu.ec

Celular: 0983327519

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo. PhD.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo investigativo a mi familia, principalmente a mis padres: Luis González y Nervis Gonzalez, ya que su apoyo fue incondicional en mi carrera universitaria, a mis hermanos, Karolina G., Luis G., Karla G., Doménica H., a mi sobrino Santiago G. que fueron mi gran soporte todo el tiempo, a mis abuelitos Agustina G. y Franco G. que siempre han sido mi motivación para salir adelante, mi tía Mayra G. que ha sido una de mis mayores inspiraciones para lograr mis objetivos, a mis mascotas Sabrina, Rex y Lucas que, con su amor, me acobijaron en mis días tristes.

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.

Con mucho amor y cariño

Kerly Tamara González González

Agradecimiento

La vida es muy bella y una de las principales características de esta belleza es que la podemos compartir y disfrutar con las personas que amamos, por eso primeramente quiero dar gracias a Dios por permitirme estar viva aquí hoy, a mis padres, porque nunca dudaron en brindarme su apoyo para cumplir mis objetivos personales y académicos. A mi hermana Karolina González, porque ella siempre creyó en mí y en mis capacidades a mi hermano Luis Gonzalez que nunca dudo en ayudarme cuando lo necesite.

A mi tutor Luis Oswaldo Viteri Jumbo por su dedicación y paciencia, ya que sin su conocimiento y ayuda no hubiese podido llegar a esta instancia tan anhelada, llevaré grabados todos sus consejos en mi vida profesional.

Agradezco a mis amigas Evelyn C. y Cristina G. y amigo Santiago A. que siempre estuvieron presentes en todo este proceso, a mi equipo del laboratorio Santiago Macas, Diana Díaz, Jeisson Saca, que fueron un apoyo incondicional para realizar esta investigación.

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

Kerly Tamara González González

Índice de contenidos

Portada	i
Certificado	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	viii
Índice de anexos	ix
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	7
4.1. <i>Bactericera cockereli</i>	7
4.1.1. <i>Ecología de Bactericera cockereli</i>	7
4.1.2. <i>Ciclo de vida</i>	7
4.1.3. <i>Fases inmaduras</i>	7
Adultos	8
Rango hospedero	8
4.2. Aceites esenciales	8
4.2.1. <i>Toxicidad de aceites esenciales a plagas (insectos fitófagos)</i>	9
4.2.2. <i>Modo de acción de los aceites esenciales</i>	9

4.2.3.	<i>Efectos de dosis subletales de aceites esenciales en fitófagos</i>	10
4.2.4.	<i>Persistencia de la toxicidad de aceites esenciales.</i>	10
4.2.5.	<i>Efecto ovicida de aceites esenciales</i>	11
5.	Metodología	12
5.1.	Cría masiva de <i>Bactericera cockerelli</i>.	12
5.2.	Aceites esenciales usados	12
5.3.	Sobrevivencia de adultos expuestos a dosis subletales de <i>Ocoeta quixos</i> y <i>Ruta graveolens</i>	13
5.4.	Sobrevivencia de ninfas expuestas a dosis subletales de <i>Ocotea quixos</i> y <i>Ruta graveolens</i>	13
5.5.	Efecto del aceite esencial de <i>Ruta graveolens</i> y <i>Ocotea quixos</i> en huevos de <i>Bactericera cockerelli</i>	14
5.6.	Análisis estadístico	14
6.	Resultados	15
6.1.	Sobrevivencia de adultos al aceite vegetal de <i>Ruta graveolens</i> y <i>Ocotea quixos</i>	15
6.2.	Sobrevivencia de ninfas al aceite vegetal de <i>Ruta graveolens</i> y <i>Ocotea quixos</i>	16
6.3.	Efecto del aceite esencial de <i>Ruta graveolens</i> y <i>Ocotea quixos</i> en huevos de <i>Bactericera cockerelli</i>	16
6.3.1.	<i>Efecto ovicida del aceite esencial de <i>Ruta graveolens</i></i>	16
6.3.2.	<i>Efecto ovicida del aceite esencial de <i>Ocotea quixos</i></i>	17
7.	Discusión	19
8.	Conclusiones	22
9.	Recomendaciones	23
10.	Bibliografía	24

Índice de Figuras:

- Figura 1.** Sobrevivencia de adultos de *Bactericera cockerelli* y tiempo medio letal a concentraciones subletales de aceites esenciales *Ruta graveolens* (A-B) y *Ocotea quixos* (C-D)..... 15
- Figura 2.** Sobrevivencia de ninfas del quinto instar de *B. cockerelli* cuando fueron expuestas a la CL_{50} (1,72 μ L/mL) de aceite esencial de *R. graveolens* (A) y de aceite esencial de *O. quixos* CL_{50} (0,40 μ L/mL) (B) estimadas para adultos..... 16
- Figura 3.** Efecto ovicida del aceite esencial de *Ruta graveolens* a concentración letal ($CL_{95}= 2,92 \mu$ L/mL) estimada para adultos de *Bactericera cockerelli*; las barras representan el porcentaje medio de eclosión de huevos tratados después de 24 (A), 48 (B), 72 (C) y 96 (D) horas. Las líneas horizontales cubriendo las mismas barras indican que no existe diferencia significativa entre el control y el tratamiento. (Tukey $P < 0.05$).... 17
- Figura 4.** Efecto ovicida del aceite esencial de *Ocotea quixos* a concentración letal ($CL_{95}= 1,67 \mu$ L/mL) estimada para adultos de *Bactericera cockerelli*; las barras representan el porcentaje medio de eclosión de huevos tratados después de 24 (A), 48 (B), 72 (C) y 96 (D) horas. Las líneas horizontales que cubren las mismas barras indican que no existe diferencia significativa entre el control y el tratamiento, y las barras que cubren cada barra indican que sí existe diferencia entre los mismos (Tukey $P < 0.05$). 18

Índice de Anexos:

Anexo 1. Psílido del tomate <i>Bactericera cockerelli</i>	34
Anexo 2. Ciclo biológico de <i>Bactericera cockerelli</i> Huevos (A), Ninfas (B), Adulto (C).	34
Anexo 3. Identificación de <i>Bactericera cockerelli</i> en el laboratorio de entomología del UNL... ..	34
Anexo 4. Evaluación de bioensayos de efecto ovicida en huevos de <i>B. cockerelli</i>	35
Anexo 5. Certificado del abstract.	36

1. Título

Efecto de dosis subletales de biomoléculas con potencial insecticida en *Bactericera cockerelli* en condiciones de laboratorio

2. Resumen

Bactericera cockerelli (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) representa una potencial amenaza a la producción de tomate *Solanum lycopersicum* causando daños directos e indirectos. Para su control varias alternativas son investigadas, destacándose entre ellas las biomoléculas de origen vegetal, como aceites esenciales. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones evalúan la letalidad de biocompuestos en adultos, descuidando los posibles efectos subletales sea en adultos o estados inmaduros, así como el posible efecto ovicida. Por ello, aquí, se evaluó el efecto subletal de dos especies vegetales *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos*, sobre adultos y ninfas de *B. cockerelli*, y su posible efecto ovicida. Adultos y ninfas del quinto instar fueron expuestas por contacto a dosis subletales de *R. graveolens* (CL₁₀= 0,59 µL/mL CL₂₅= 0,83 µL/mL y CL₅₀= 1,72 µL/mL) u *O. quixos* (CL₁₀= 0,13 µL/mL CL₂₅= 0,22 µL/mL y CL₅₀= 0,40 µL/mL); similarmente huevos de *B. cockerelli* con 24, 48, 72 o 96 horas de edad fueron expuestos a la CL₉₅ de estos dos aceites esenciales: 2,92 µL/mL y 1,67µL/mL de *R. graveolens* y *O. quixos* respectivamente. Los resultados de sobrevivencia sobre adultos mostraron una sobrevivencia inversamente proporcional a la concentración expuesta. Similarmente la sobrevivencia de *B. cokerelli* fue reducida dependiendo de las concentraciones de *O. quixos* (CL₁₀= 0,13 µL/mL CL₂₅= 0,22 µL/mL y CL₅₀= 0,40 µL/mL) a excepción de la concentración CL₁₀ y CL₂₅ donde no hubo diferencia significativa entre ellas. El aceite de *R. graveolens* (CL₉₅= 2,92 µL/mL) no presentó un efecto ovicida sobre los huevos de *B. cockerelli* en ninguna de sus etapas, a diferencia del aceite de *O. quixos* (CL₉₅= 1,67 µL/mL) que redujo la eclosión de huevos a las 96 h. En otras palabras, este estudio demuestra que estos aceites sí pudiesen usarse para el control de la población de *B. cockerelli*.

Palabras clave: Dosis subletales, Efecto Ovicida, Psílido del tomate, Sobrevivencia.

2.1. Abstract

Bactericera cockerelli (Šulc) (Hemiptera: Triozidae); represents a potential threat to tomato production *Solanum lycopersicum* causing direct and indirect damage; For its control several alternatives are investigated; standing out among them biomolecules of plant origin, such as essential oils. However, most of the researches evaluate the lethality of biocompounds in adults, neglecting the possible sublethal effects in adults or immature states, as well as the possible ovicidal effect. Therefore, here, the sublethal effect of two plant species *Ruta graveolens* and *Ocotea quixos* on *B. cockerelli* adults and nymphs was evaluated; and its possible ovicidal effect. Adults and fifth instar nymphs were exposed by contact to sublethal doses of *R. graveolens* (CL₁₀= 0.59 µL/mL CL₂₅= 0.83 µL/mL and CL₅₀= 1.72 µL/mL) or *O. quixos* (CL₁₀= 0.13 µL/mL CL₂₅= 0.22 µL/mL and CL₅₀= 0.40 µL/mL); similarly, *B. cockerelli* eggs at 24, 48, 72 or 96 hours of age were exposed to the CL₉₅ of these two essential oils; 2.92 µL/mL and 1.67 µL/mL of *R. graveolens* and *O. quixos* respectively. Survival results on adults showed a survival inversely proportional to the exposed concentration. Similarly, the survival of *B. cockerelli* was reduced depending on the concentrations of *O. quixos* (CL₁₀= 0.13 µL/mL CL₂₅= 0.22 µL/mL and CL₅₀= 0.40 µL/mL) with the exception of CL₁₀ and CL₂₅ where there was no significant difference between them. The *R. graveolens* oil (CL₉₅= 2.92 µL/mL) did not present an ovicidal effect on *B. cockerelli* eggs at any of its stages, unlike the *O. quixos* oil (CL₉₅= 1.67 µL/mL) that reduced the hatching of eggs at 96 h. In other words, this study shows that these oils could be used to control the population of *B. cockerelli*.

Key words: Sublethal dose, Ovicidal effect, Tomato psyllid, Survival.

3. Introducción

En la actualidad *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), conocido también como salerillo, pulgón saltador o psílido de la papa, representa una seria limitante en la producción de tomate en Europa, Norte América y América Central ([Munyaneza et al., 2009](#); [Vega-Chávez et al., 2020](#); [Wallis, 1955](#)). Y en los últimos años ha ido extendiéndose hacia América del Sur, colonizando varias especies vegetales en la región. Aunque se desconoce su fecha exacta de llegada a Ecuador, se estima que ingresó por el año 2017 con el movimiento activo de productos agrícolas entre países ([INIAP, 2022](#)), siendo observado por primera vez afectando al cultivo de la papa en dos zonas de Pichincha a finales del 2018 ([Carrillo, 2019](#)).

La importancia de *B. cockerelli* radica en los daños causados, sea por succión de la savia para su alimentación que puede a su vez inyectar toxinas a la planta; sin embargo, lo más grave es que puede ser vector de virus y bacterias ([Butler & Trumble, 2012](#); [Cerna et al., 2013](#); [Vega-Chávez et al., 2020](#)). Así, en estudios realizados en solanáceas comprueban que *B. cockerelli* es el responsable de la transmisión de *Candidatus liberibacter solanacearum*, enfermedad que causa hasta 50 % de pérdidas en tomate ([Hansen et al., 2008](#); [Miranda & Linette, 2013](#); [Workneh et al., 2022](#)). Por ello, para reducir su impacto se han usado trampas de colores ([Medina et al., 2012](#)) e insecticidas sintéticos; sin embargo, estos últimos han sido ineficaces principalmente por el uso incorrecto en campo ([Gutiérrez-Ramírez et al., 2021](#)). Así mismo, el uso excesivo de insecticidas tiene efectos colaterales no deseados en el medio ambiente, afectando organismos no objetivo (insectos predadores, polinizadores, mamíferos) ([Arya et al., 2022](#); [Mahmood et al., 2016](#); [Naqvi & Vaishnavi, 1993](#)).

Además la continua aplicación de insecticidas para el control de *B. cockerelli* ha llevado al surgimiento de poblaciones resistentes a estas moléculas ([Chávez et al., 2015](#)). Por tal motivo se están valorando otras estrategias de control, entre ellas el uso de variedades resistentes, la implementación del Manejo Integrado de la Plaga, y la búsqueda de biomoléculas con potencial insecticida ([Gharalari et al., 2009](#); [Said-Al Ahl et al., 2017](#)). Estas biomoléculas de origen vegetal han sido consideradas amigables con el ambiente y han mostrado un amplio espectro insecticida contra insectos plaga agrícolas y vectores ([Kavallieratos et al., 2022](#); [Patiño-Bayona et al., 2021](#)). La toxicidad en insectos plaga de aceites esenciales ha sido investigada y demostrada durante años con resultados promisorios ([Benelli et al., 2018](#); [Moretti et al., 2002](#); [Mossa, 2016](#); [Regnault-Roger, 1997](#); [Shaaya et al., 1991](#); [Yeguerman et al., 2022](#)).

Especies vegetales de varias familias de plantas, incluidas Meliaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Apiaceae, Lamiaceae y Rutaceae han demostrado toxicidad por contacto sea en larvas o adultos ([Devrnja et al., 2022](#)). Sin embargo, de forma general se ha descuidado evaluar los efectos en adultos y estados inmaduros de las plagas cuando estas son expuestas a dosis subletales de una molécula. Es conocido que dosis subletales de insecticidas pueden afectar el período de vida, la fertilidad, la fecundidad, la relación sexual y comportamiento, etc ([De França, Breda, Barbosa, Araujo, Guedes, et al., 2017](#); [García et al., 2014](#)).

Así, el presente estudio fue encaminado a evaluar los efectos en adultos e inmaduros (quinto instar) de *B. cockerelli* cuando son expuestos a dosis subletales de aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos*, así como su posible efecto ovicida.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de dosis subletales de biomoléculas insecticidas en adultos y ninfas de *Bactericera cockerelli*

Objetivos específicos

Evaluar la sobrevivencia de adultos y ninfas de *Bactericera cockerelli* expuestos a dosis subletales de biomoléculas con potencial insecticida.

Diagnosticar el efecto ovicida de biomoléculas con potencial insecticida en *Bactericera cockerelli*.

4. Marco teórico

4.1. *Bactericera cockereli*

Bactericera cockerelli es reconocida como una plaga invasora de cultivos de solanáceas económicamente importantes. Comúnmente conocido como el psílido de la papa o del tomate (ver Anexo 1), este insecto es originario de América del Norte (EE. UU. y México) ([Suwandharathene et al., 2022](#)) donde está ampliamente distribuido y en la mayoría de los estados centrales y occidentales de los EE. UU., El Salvador y Ecuador en América del Sur ([Yang & Liu, 2009](#)), ocasionando pérdidas de más del 50 % en las producciones ([Liu & Trumble, 2006](#)).

4.1.1. *Ecología de Bactericera cockereli*

Estudios previos sobre la reproducción del psílido del tomate arrojaron fecundidades de por vida que oscilan entre 36 y 720 huevos/hembra en papa, tomate o chile, así mismo se sabe que las hembras del psílido ponen de 196 a 267 huevos en tomates en ambientes controlados. *B. cockerelli* pasa por una etapa de huevo y cinco etapas de ninfa antes de convertirse en adultos y son estrictamente bisexuales, siendo el sexo masculino heterogamético. Los órganos sexuales externos aparecen después del embrión y se desarrollan continuamente a lo largo de los estadios ninfales ([Vereijssen, 2020](#); [Yang & Liu, 2009](#)).

4.1.2. *Ciclo de vida*

El psílido *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) ([Wakil et al., 2017](#)). Las oviposaduras se encuentran en los brotes jóvenes de la planta, mientras que las ninfas se ubican en el envés de las hojas inferiores principalmente. Todos los estadios ninfales son móviles y se alimentan activamente de la misma, el adulto macho y hembra se moviliza por la planta hasta encontrar un punto de alimentación, que generalmente se encuentra en las nervaduras de las hojas y tallos, donde pueden alcanzar los tejidos del floema para succionar la savia ([Marín Jarillo et al., 1995](#)).

4.1.3. *Fases inmaduras*

Huevos

Los huevos de *B. cockerelli* poseen un pedicelo basal que se inserta en el tejido de la planta huésped. El agua se extrae de la planta a través del pedicelo y los huevos se secan rápidamente si se elimina la fuente de agua, y son depositados en la superficie de una hoja o brote ([Hodkinson, 1974](#)). De forma ovoide, de color anaranjado-amarillento, corion brillante, presentan en uno de sus

extremos un pequeño filamento, los huevos miden aproximadamente 0,3 mm de largo y 0,1 mm de ancho ([Marín Jarillo et al., 1995](#)).

Ninfas

Las ninfas de *B. cockerelli* son altamente susceptibles a la desecación, particularmente a altas temperaturas, y este es un factor importante que contribuye al control de la población, y no es sorprendente que las ninfas sean más susceptibles a la desecación durante la muda cuando se reduce la capacidad de retener agua ([Hodkinson, 1974](#)). Presenta cinco estadios con forma oval, aplanados dorso-ventralmente, con ojos bien definidos y las antenas presentan sensilias placoides (estructuras circulares con función olfatoria), las cuales aumentan en número y son más notorias conforme el insecto alcanza los diferentes estadios ([Marín Jarillo et al., 1995](#)). Las ninfas, debido a la inyección de toxinas, inducen síntomas en las hojas de las plantas que eventualmente causan manchas en el fruto ([Gamarra, 2019](#)).

Adultos

Al emerger el adulto presenta una coloración verde-amarillento; es inactivo y de alas blancas que al paso de 3 o 4 horas se tornan transparentes (se conoce como adulto teneral). 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, al parecer la coloración cambia cuando el adulto se aparea ([Marín Jarillo et al., 1995](#)). Los adultos tienen la característica de saltar como pulga cuando se sienten amenazados ([Castillo Carrillo & Llumiyinga Hormaza, 2021](#)).

Rango hospedero

Los principales cultivos hospedantes de *Bactericera cockerelli* son las plantas solanáceas que incluyen tomates, papas, pimientos, berenjenas y tabaco ([Prager et al., 2014](#); [Reyes Corral et al., 2020](#)). Entre ellas también está chile (*Capsicum annum.*), tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*), entre las silvestres se encuentra el toloache común (*Datura stramonium*) y la hierba mora (*Solanum nigrum*) ([Castillo Carrillo & Llumiyinga Hormaza, 2021](#)).

4.2. Aceites esenciales

Ciertos aceites esenciales de plantas, ampliamente utilizados como fragancias y sabores en las industrias de perfumes y alimentos, tienen la reputación de repeler insectos, investigaciones recientes en varios países confirman que algunos aceites esenciales de plantas no solo repelen insectos, sino que tienen contacto y acciones insecticidas fumigantes contra plagas específicas y

acciones fungicidas contra algunos patógenos vegetales importantes ([Faraone et al., 2015](#); [Isman, 2000](#)).

4.2.1. Toxicidad de aceites esenciales a plagas (insectos fitófagos)

Los aceites esenciales, además de causar mortalidad, pueden afectar la vida útil, la fertilidad, la fecundidad y el comportamiento de las plagas y exhiben un amplio espectro de actividades pesticidas, desde efectos letales a subletales contra una amplia gama de insectos y ácaros ([Farias et al., 2020](#)). El uso de aceites esenciales extraídos de diferentes plantas aromáticas ha sido el tema motivador de muchos investigadores en estrategias de manejo de plagas durante la última década, ya que generalmente están compuestos por mezclas complejas de monoterpenos, fenoles y sesquiterpenos, mismos que han demostrado propiedades insecticidas, repelentes, antialimentarias y reguladoras del crecimiento de insectos, suprimen la fertilidad y la oviposición de insectos adultos ([Ahmed et al., 2019](#); [Ebadollahi & Setzer, 2020](#); [Isman, 2006](#)).

4.2.2. Modo de acción de los aceites esenciales

Los tratamientos con ciertos aceites esenciales han causado síntomas visibles que apuntaban a un modo de acción neurotóxico, incluyendo hiperactividad, convulsiones y temblores seguidos de parálisis, que son similares a los producidos por insecticidas como los organofosforados y los carbamatos, así mismo los aceites esenciales tienen como objetivo el sistema octopaminérgico de los insectos ([Shaaya & Rafaeli, 2007](#)). La octopamina es una amina biogénica multifuncional de origen natural y desempeña una función clave como neurotransmisor, neurohormona y neuromodulador en los sistemas de invertebrados, con una función fisiológica análoga a la de la noradrenalina en los vertebrados ([Kostyukovsky et al., 2002](#)).

La rápida acción de los aceites esenciales sobre muchas especies de plagas apunta a un lugar de acción en el sistema nervioso de los insectos, se han identificado varios receptores putativos diferentes para terpenoides de aceites esenciales (y fenoles relacionados biogénicamente), incluidos receptores para octopamina, canales de cloruro activados por ácido gamma-aminobutírico (GABA) y acetilcolina nicotínica, así como para acetilcolinesterasa ([Isman, 2020](#)).

En otras investigaciones han encontrado que el efecto tóxico de diluciones al 20 % de algunos aceites esenciales a una tasa de aplicación de 0,12 mg/cm², mismo que varía según la

especie vegetal, presenta buenos resultados, por ejemplo para lavanda (más del 97 % de mortalidad a las 48 y 72 h) y tomillo (84 % a las 72 h) ([Nechita et al., 2015](#)).

4.2.3. Efectos de dosis subletales de aceites esenciales en fitófagos

Los efectos conductuales de las dosis tóxicas subletales de los compuestos probados son significativos y son consistentes con mde octopamina, por tal razón existe una alta probabilidad de mortalidad ([Hummelbrunner & Isman, 2001](#); [Lazarević et al., 2020](#)). En ensayos realizados por [Ebadollahi et al. \(2022\)](#) menciona que las concentraciones subletales de aceites esenciales también pueden exhibir una influencia beneficiosa o perjudicial significativa en los componentes, el comportamiento y la fisiología de la historia de vida de la plaga.

Según [Desneux et al. \(2007\)](#) sí existe efecto de dosis subletales de aceites esenciales, y se ve afectado en el desarrollo de las larvas ya que pueden resultar de perturbaciones en el desarrollo de los tejidos neurales por sustancias neurotóxicas. En general, los efectos subletales de los aceites esenciales botánicos pueden causar efectos biológicos, alterando el número de huevos, el período de oviposición, el peso de las larvas y las pupas, el período de desarrollo, la emergencia de adultos, la longevidad y la fertilidad, efectos de comportamiento en la alimentación y efectos fisiológicos sobre los sistemas reproductivo e inmunológico ([De França, Breda, Barbosa, Araujo, & Guedes, 2017](#)).

4.2.4. Persistencia de la toxicidad de aceites esenciales.

En un ensayo se midió la persistencia de la actividad biológica de cuatro aceites esenciales y se encontró que uno de los aceites catorce días después de la aplicación seguía siendo igual de activo en los adultos de la plaga a la que se aplicó ([Ilboudo et al., 2010](#)). Es importante mencionar que la persistencia de la actividad insecticida del aceite esencial está en relación con su composición química y con la sensibilidad de la plaga objetivo a los compuestos activos del aceite esencial ([Ngamo et al., 2007](#)).

Así mismo en otra investigación la persistencia del efecto tóxico de los aceites esenciales aplicados tras 15 y 30 días desde la aplicación sobre papel filtro varió según la especie vegetal, donde solo tres aceites (lavanda, orégano y tomillo) mostraron una actividad significativa 30 días después de la aplicación a los papeles de filtro, siendo la lavanda menos efectiva (casi el 80 % de mortalidad a las 72 h) que el tomillo (100 % a las 72 h), y el orégano fue el menos efectivo de los tres, con algo más del 40 % de mortalidad de ácaros después 72 h ([Nechita et al., 2015](#)).

4.2.5. Efecto ovicida de aceites esenciales

Los aceites esenciales de plantas pueden inhibir el crecimiento y el metabolismo de los insectos a través de procesos fisiológicos y actividades enzimáticas y pueden tener influencias mortales en los insectos mediante la alimentación y la disuasión de la oviposición ([Valizadeh et al., 2021](#)). En otra investigación, la exposición a vapores de aceites esenciales de anís y comino resultó en un 100 % de mortalidad de los huevos y lograron mortalidades de hasta 77 % y 89 % en huevos de *Tribolium confusum* y *Ephestia kuehniella*, respectivamente ([Tunç et al., 2000](#)).

5. Metodología

5.1. Cría masiva de *Bactericera cockerelli*.

La cría masiva de *B. cockerelli* partió de una captura inicial en campo, específicamente en cultivos de pimiento (*Capsicum annun*) ubicados en el cantón Oña perteneciente a la provincia del Azuay (3°27'27,3" S, 79° 9'35,42" O). Cerca de 1 200 adultos no sexados de *B. cockerelli* se colectaron con un aspirador entomológico y se depositaron en frascos de vidrio con capacidad de 1 000 ml y con hojas frescas de plantas de pimiento. Los especímenes colectados fueron trasladados para su identificación (ver anexo 3) 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 \(2012\)](#).

La cría masiva de los insectos se realizó 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 ovoposición dentro de jaulas entomológicas de 50 x 50 x 75 cm cubiertos con organza. Las plantas se cultivaron en macetas plásticas con sustrato (arena + turba en proporción 1:1), mismas que fueron irrigadas con solución nutritiva y mantenidas bajo condiciones de invernadero a 20 ±4 °C con 60 % HR y 12 horas de oscuridad. Durante 15 días se dejó que los adultos ovipositen sobre las plantas y luego se retiraron 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 inició la reproducción en el laboratorio.

5.2. Aceites esenciales usados

Los aceites esenciales utilizados fueron los de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* con <2-> Nonanona (41,65 %); <2-> Undecanona (40,99 %), Nonanoato de metilo 2,99 % y ((E)- Cariofileno (19,32 %); (E)-Acetato de cinamilo (17,11 %); (E)-Cinamato de metilo (11,39 %) como sus principales componentes respectivamente. Estos productos fueron extraídos por un proceso de hidrodestilación y mostraron efecto tóxico a *Bactericera cokerelli* ([Macas, 2023](#)).

5.3. Sobrevivencia de adultos expuestos a dosis subletales de *Ocoeta quixos* y *Ruta graveolens*

Para evaluar la sobrevivencia de *B. cockerelli* se consideró la metodología propuesta por [Farias et al. \(2020\)](#) con pequeñas modificaciones. Adultos de *B. cockerelli* fueron expuestos a dosis subletales del aceite vegetal *R. graveolens* (CL₁₀= 0,59 µL/mL CL₂₅= 0,83 µL/mL y CL₅₀= 1,72 µL/mL) y de *O. quixos* (CL₁₀= 0,13 µL/mL CL₂₅= 0,22 µL/mL y CL₅₀= 0,40 µL/mL) previamente establecidas por [Macas \(2023\)](#).

Cada tratamiento consistió en una placa Petri (60 mm x 15 mm) conteniendo en los bordes PTFE (Politetrafluoroetileno), en el fondo papel filtro en el que cada dosis subletal fue aplicada. Las placas Petri fueron dejadas por 15 min al ambiente; después de este tiempo 30 adultos menores a 24 h de edad fueron introducidos a cada placa Petri. Posteriormente las placas fueron cubiertas con plástico Parafilm perforado y mantenidas en condiciones de laboratorio (12L:12D h, 20°C±2°C y 55±5% de HR). Posteriormente el número de insectos vivos fue evaluado cada 8 h durante un periodo de 72h, fueron considerados muertos los insectos que no respondían al tacto con un pincel fino ([Toledo et al., 2019](#)).

5.4. Sobrevivencia de ninfas expuestas a dosis subletales de *Ocoeta quixos* y *Ruta graveolens*

En plantas de tomate 500 adultos fueron liberados para la oviposición y retirados a las 24 h, posteriormente se acompañó el desarrollo de todos los estados ninfales hasta el quinto instar. Dos hojas de plantas de tomate (45 días de edad), sanas y libres de pesticidas fueron seleccionadas, y en cada hoja fue una repetición fueron colocadas 25 ninfas recién emergidas (≤ 24 h de edad). Posteriormente las ninfas recién colocadas fueron pulverizadas con el aceite esencial de *R. graveolens* (CL₅₀= 1,72 µL/mL) y de *O. quixos* (CL₅₀= 0,40 µL/mL) previamente calculadas para adultos de *B. cockerelli* ([Macas, 2023](#)). Cada tratamiento contó con 6 repeticiones y el control consistió en ninfas tratadas únicamente con agua destilada más dimetilsulfóxido (DMSO) y Tween20.

5.5. Efecto del aceite esencial de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* en huevos de *Bactericera cockerelli*

Para evaluar el efecto ovicida de *B. cockerelli* se tomó en cuenta la metodología de [Salman et al. \(2015\)](#), con pequeñas modificaciones. Inicialmente, plantas de tomate de 45 días de edad (20 cm de altura) con tres hojas verdaderas fueron aisladas y cubiertas por tarrinas plásticas transparentes invertidas con el fondo cubierto por organza. Posteriormente en cada planta 30 adultos de *B. cockerelli* fueron liberadas para oviposición por 24 h (ver Anexo 4); después de este período todos los adultos fueron retirados y el número de huevos en cada hoja fue contabilizado. Fueron seleccionadas hojas que contenían entre 50 y 150 huevos; después de 24, 48, 72 y 96 horas, estas hojas con huevos fueron pulverizadas con el uso de un atomizador manual ([Krinski et al., 2018](#)) con la CL₉₅ estimada para cada aceite esencial: *R. graveolens* (CL₉₅= 2,92 µL/mL) y *O. quixos* (CL₉₅= 1,67 µL/mL) ([Macas, 2023](#)). Las plantas tratadas y no tratadas (control) fueron mantenidas en condiciones ambientales y diariamente fue evaluada la emergencia de las ninfas. Seis repeticiones para cada tratamiento (para cada edad de los huevos) se realizaron, los huevos del tratamiento control fueron tratados con agua DMSO +Tween-20.

5.6. Análisis estadístico

Los datos de sobrevivencia de adultos y ninfas fueron sometidos a análisis de Kaplan-Maier y el tiempo medio de sobrevivencia a análisis de varianza ANOVA ONE WAY (Sigmaplot 14.5). Similarmente los datos de eclosión de huevos fueron sometidos a análisis de varianza ANOVA (Sigmaplot 14.5); la normalidad y varianza fue testada, no siendo necesario transformar los valores.

6. Resultados

6.1. Supervivencia de adultos al aceite vegetal de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos*

La supervivencia de adultos de *B. cockerelli* cuando fueron expuestos al aceite esencial de *R. graveolens* fue inversamente proporcional a la concentracion expuesta ($P < 0,001$) (Fig. 1A). El tiempo medio de supervivencia se redujo significativamente conforme las concentraciones fueron incrementadas ($P < 0.05$) con un menor tiempo de supervivencia en la CL_{50} ($1,72 \mu\text{L/mL}$) (Fig. 1B). Similarmente la supervivencia de *B. cockerelli* se redujo en las mayores concentraciones de *O. quixos* (Fig. 1C) con un menor tiempo de supervivencia en la CL_{50} ($40 \mu\text{L/mL}$) comparados al control (Fig.1D).

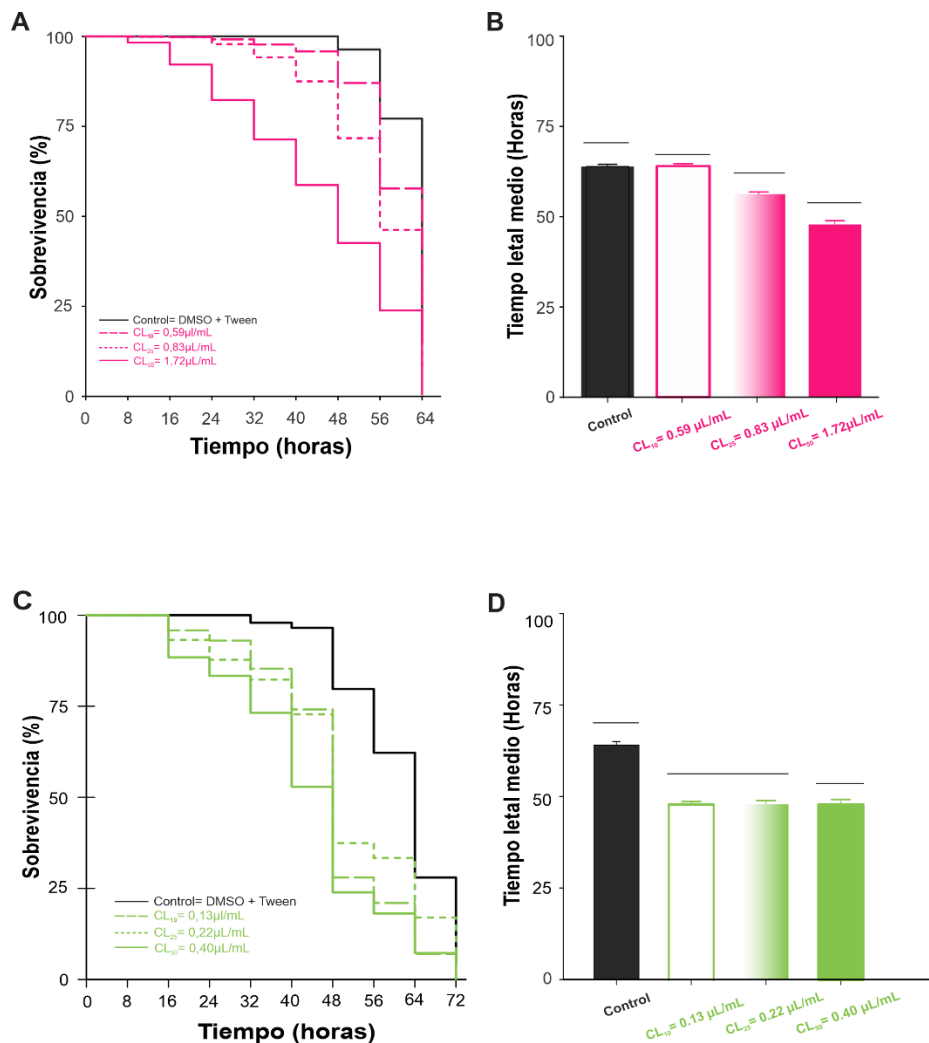


Figura 1. Supervivencia de adultos de *Bactericera cockerelli* y tiempo medio letal a concentraciones subletales de aceites esenciales *Ruta graveolens* (A-B) y *Ocotea quixos* (C-D).

6.2. Sobrevivencia de ninfas al aceite vegetal de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos*

La sobrevivencia de ninfas de quinto instar de *B. cockerelli* no fue afectada cuando fueron expuestas a las concentraciones subletales de aceite esencial de *R. graveolens* estimadas para adultos ($CL_{50} = 1,72 \mu\text{L}/\text{mL}$) ($\chi^2 \text{ df} = \text{ttt } P = 0,20$) (Fig. 2A). Sin embargo, la CL_{50} ($0,40 \mu\text{L}/\text{mL}$) de *O. quixos* estimada para adultos afectó significativamente la sobrevivencia de ninfas del quinto instar ($P = 0,037$) (Fig 2B).

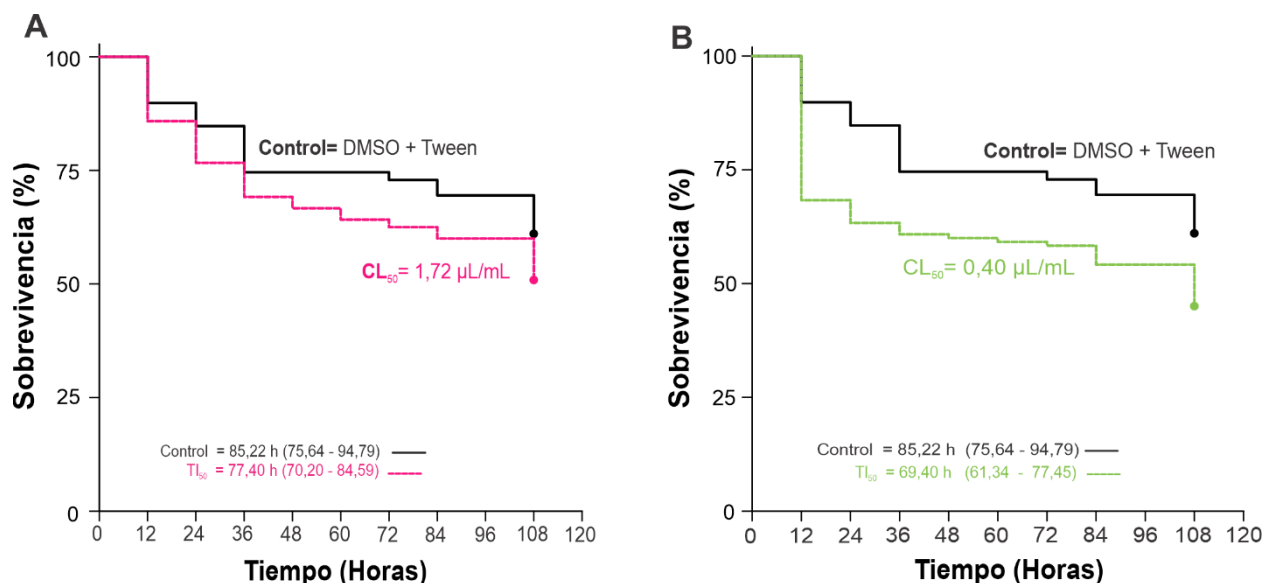


Figura 2. Sobrevivencia de ninfas del quinto instar de *B. cockerelli* cuando fueron expuestas a la CL_{50} ($1,72\mu\text{L}/\text{mL}$) de aceite esencial de *R. graveolens* (A) y de aceite esencial de *O. quixos* CL_{50} ($0,40\mu\text{L}/\text{mL}$) (B) estimadas para adultos.

6.3. Efecto del aceite esencial de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* en huevos de *Bactericera cockerelli*

6.3.1. Efecto ovicida del aceite esencial de *Ruta graveolens*

El aceite esencial de *R. graveolens* en la concentración letal ($CL_{95} = 2,92 \mu\text{L}/\text{mL}$) estimada para adultos no afectó significativamente la eclosión de huevos de *B. cockerelli*, tanto los que fueron expuestos después de 24 h (Fig. 3A), como de 48 (Fig. 3B), 72 (Fig. 3D) o 96 (Fig. 3D) horas de edad.

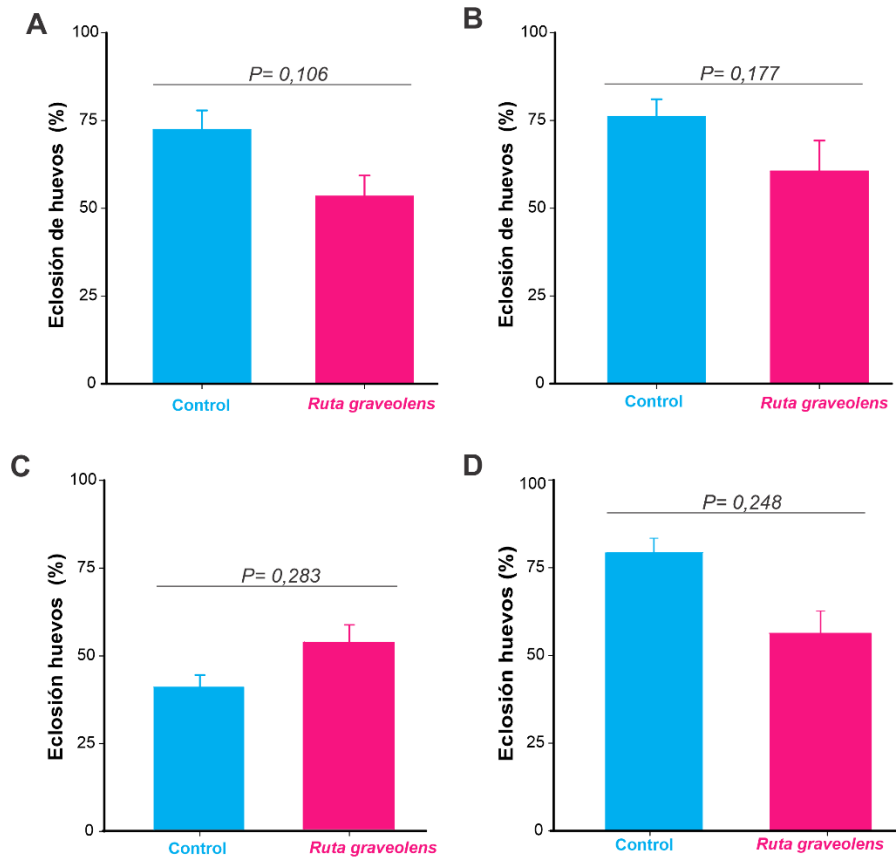


Figura 3. Efecto ovicida del aceite esencial de *Ruta graveolens* a concentración letal ($CL_{95} = 2,92 \mu\text{L}/\text{mL}$) estimada para adultos de *Bactericera cockerelli*; las barras representan el porcentaje medio de eclosión de huevos tratados después de 24 (A), 48 (B), 72 (C) y 96 (D) horas. Las líneas horizontales cubriendo las mismas barras indican que no existe diferencia significativa entre el control y el tratamiento. (Tukey $P < 0.05$)

6.3.2. Efecto ovicida del aceite esencial de *Ocotea quixos*

El aceite esencial de *O. quixos* en la concentración letal ($CL_{95} = 1,67 \mu\text{L}/\text{mL}$) estimada para adultos no afectó la eclosión de huevos de *B. cockerelli* expuestos después de 24 (Fig. 3A), 48 (Fig. 3B) y 72 horas (Fig 3D), a excepción de las 96 (Fig. 3D) horas de edad que sí se afectó la eclosión significativamente.

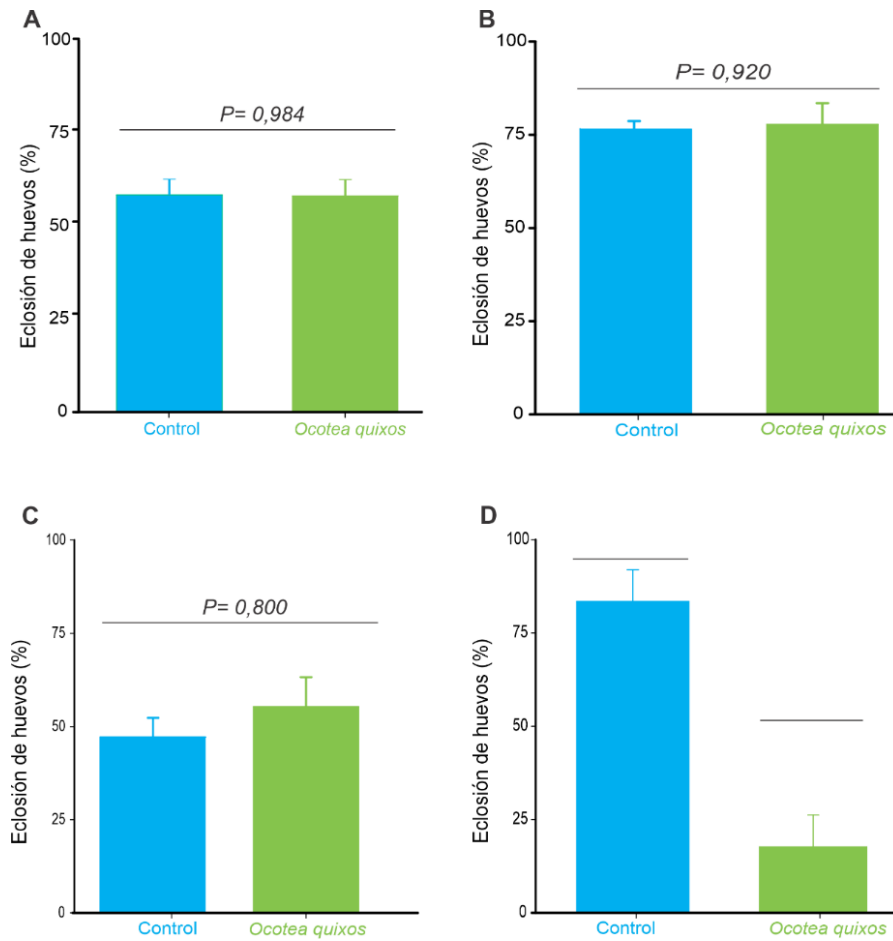


Figura 4. Efecto ovicida del aceite esencial de *Ocotea quixos* a concentración letal ($CL_{95} = 1,67 \mu\text{L}/\text{mL}$) estimada para adultos de *Bactericera cockerelli*; las barras representan el porcentaje medio de eclosión de huevos tratados después de 24 (A), 48 (B), 72 (C) y 96 (D) horas. Las líneas horizontales que cubren las mismas barras indican que no existe diferencia significativa entre el control y el tratamiento, y las barras que cubren cada barra indican que sí existe diferencia entre los mismos (Tukey $P < 0.05$).

7. Discusión

Los aceites esenciales son considerados una de las opciones más prometedoras para el control de insectos plaga y tienen el potencial de remplazar a los insecticidas sintéticos. Aquí fue encontrado que los aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos* reducen la sobrevivencia de *Bactericera cockerelli* en estado adulto y ninfas (*Ocotea. quixos*), con un potencial efecto ovicida para el aceite de *O. quixos* dependiente de la edad de los huevos de *B. cockerelli*.

Adultos de *B. cockerelli* expuestos a dosis subletales de *R. graveolens* fueron afectados negativamente en el tiempo de sobrevivencia con un efecto proporcional a la dosis aplicada. Esta reducción en el tiempo de vida de los insectos cuando fueron expuestos a concentraciones subletales de xenobióticos puede deberse a alteraciones fisiológicas o comportamentales en los organismos. En este sentido estudios previos muestran que dosis subletales de biomoléculas inhiben la alimentación ([Boulamtat et al., 2020](#); [Denoirjean et al., 2022](#); [González-Coloma et al., 2006](#)), alteran el comportamiento ([De França, Breda, Barbosa, Araujo, Guedes, et al., 2017](#)) afectando también los procesos fisiológicos por desintoxicación ([Czerniewicz et al., 2018](#); [Kumrungsee et al., 2014](#)). Así, el aceite esencial de *R. graveolens* alteró el comportamiento de la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* ([Ghabbari et al., 2018](#)), y el 2-undecanona principal compuesto de este aceite esencial destruyó células pseudocelo en un nemátodo del género *Meloidogyne* ([Ntalli et al., 2016](#)). En lo que respecta al aceite esencial de *O. quixos* (1,8-cineol) inhibió la alimentación del gorgojo *Tribolium castaneum* ([Tripathi et al., 2001](#)) e inhibió la producción de la β -D-xilanasas y estimuló la sobreproducción de proteasas en la termita *Nasutitermes corniger* ([de Albuquerque Lima et al., 2021](#)). Similarmente en otros estudios fue reportado que 1,8-cineol afectó las actividades de enzimas clave en desintoxicación, como alfa-amilasa, lipasa, proteasa, glutatión-s-transferasa y esterases en la polilla *Glyphodes pyloalis* ([Yazdani et al., 2013](#)), y en la *Musca doméstica* inhibió la producción del Citocromo P450 ([Rossi & Palacios, 2015](#)).

La sobrevivencia de ninfas de *B. cockerelli* (5^{to} instar) no fue afectada cuando estas fueron expuestas al aceite esencial de *R. graveolens* pero sí por *O. quixos*. Aunque es conocido que estadios inmaduros de insectos expuestos a aceites esenciales pueden sufrir alteraciones fisiológicas ([Ramzi et al., 2022](#)), comportamentales ([Brügger et al., 2019](#); [Santos et al., 2017](#)) y comprometer así la emergencia del adulto ([Giatropoulos et al., 2022](#); [Giatropoulos et al., 2012](#)), estos efectos no fueron evidentes para *B. cockerelli* cuando fueron expuestos a *R. graveolens*. Sin

embargo, en otros estudios, este mismo aceite esencial afectó estadios inmaduros del mosquito *Culiseta longiareolata* y se evidenció actividad en el sistema de desintoxicación del insecto, con un aumento en la enzima glutatión-s-transferasa GST glutatión-s-transferasa y disminución de GSH ([Bouabida & Dris, 2022](#); [Djemaa et al., 2021](#)). Similarmente, 2-nonanona compuesto principal de *R. graveolens* fue reportado que inhibe la acetilcolinesterasa en estados inmaduros del díptero *Bradysia procera* ([Hong et al., 2018](#)), y undecan-2-ona también afectó la sobrevivencia de inmaduros del mosquito *Aedes aegypti* ([Liu et al., 2015](#)). Esto puede deberse a que estos aceites pueden causar discrepancias prominentes en los procesos fisiológicos de los individuos ([Ramzi et al., 2022](#)) y, a su vez, cambios de comportamiento ([Brügger et al., 2019](#); [Santos et al., 2017](#)).

Por otro lado, el aceite esencial de *O. quixos* afectó negativamente la sobrevivencia de *B. cockerelli*, concordando con resultados presentados por [Scalvenzi et al. \(2019\)](#) donde dosis subletales tuvieron efecto larvicida en *A. aegypti*. El efecto negativo en el estadio inmaduro de *B. cockerelli* puede ser atribuido a los compuestos principales de este aceite esencial. Por ejemplo, larvas de *Anopheles subpictus*, *Aedes Albopictus* y *Culex tritaeniorhynchus* fueron susceptibles al terpeno β -cariofileno, principal compuesto del aceite esencial de *Plectranthus barbatus* ([Govindarajan et al., 2016](#)). Este mismo compuesto en concentraciones subletales inhibió la formación de pupa y la emergencia de adultos en larvas del falso gorgojo de la harina *Tribolium castaneum* ([Chaubey, 2012](#)), y retrasó el período larval y causó daños genotóxicos y citotóxicos en larvas de *Spodoptera litura* ([Gunasena et al., 1988](#); [Mahajan et al., 2022](#)). Similarmente la actividad biológica del aceite esencial de *O. quixos* puede atribuirse al ester acetato de cinamil; este compuesto redujo la producción de Acetilcolinesterasa y afectó el neurotransmisor transaminasa del ácido gamma-aminobutírico en larvas de *Culex pipiens* ([Taktak & Badawy, 2019](#)). De igual forma el acetato de cinamil ha mostrado un gran efecto larvicida contra las larvas de *Culex quinquefasciatus* y *Armigeres subalbatus* ([Cheng et al., 2009](#)).

Aunque el aceite esencial afectó la sobrevivencia de adultos de *B. cockerelli*, el efecto en los huevos de este insecto fue dependiente del aceite esencial y de la edad de los huevos. Estas dependencias por un lado pueden ser debidas a la composición química específica de cada aceite esencial y a las capas protectoras del huevo contra factores bióticos y abióticos, que a su vez median el paso de gases y agua entre el embrión en desarrollo y su entorno ([Donoughe, 2021](#); [Tetreau et al., 2020](#)). En nuestro estudio *R. graveolens* no mostró efecto ovicida sobre *B. cockerelli*,

aunque este mismo producto en otros estudios sí redujo la eclosión de huevos de la araña roja *Tetranychus urticae* con efecto dependiente de la edad del huevo ([Kalmosh et al., 2019](#)). Este efecto ovicida se podría atribuir al 2-nonanona que fue ya reportado como inhibidor de eclosión de huevos en el díptero *Bradysia procera* ([Hong et al., 2018](#)).

El efecto ovicida de *O. quixos* en huevos de *B. cockerelli* fue dependiente de la edad del huevo; en este sentido es conocido que los huevos de insectos son protegidos con varias capas, sin embargo, a medida que pasa el tiempo estas capas pueden ir debilitándose para facilitar la emergencia de la larva y/o ninfa ([Biemont et al., 1981](#)), por lo que esas capas más débiles podrían facilitar la penetración de las biomoléculas. La actividad ovicida de *O. quixos* puede ser atribuida a sus principales componentes, así, el terpeno β -cariofileno redujo la eclosión de huevos de *Musa domestica* en 85 % ([Subaharan et al., 2021](#)) y en huevos de *Callosobruchus chinensis* en 70 % ([Chaubey, 2015](#)), aunque en huevos del piojo *Pediculus capitis* este mismo compuesto no tuvo efecto ovicida ([Yang et al., 2003](#)). Ello puede ser debido a que cada especie de insecto tiene su propia composición en lo que respecta a las capas protectoras de los huevos, y habría compuestos específicos como el β -cariofileno que consiguen burlar estas protecciones en cierta edad del huevo de *B. cockerelli*. Esto puede evidenciarse ya que en estudios realizados por [Granados-Echegoyen et al. \(2015\)](#) no encontraron efecto ovicida en huevos de *B. cockerelli* cuando fueron tratados con aceite esencial de *Ambrosia artemisiifolia* L., *Piper auritum* Kunth y *Taraxacum officinale*. Lo contrario también fue demostrado al reducir la eclosión de huevos del escarabajo *Xanthogaleruca luteola* ([Valizadeh et al., 2021](#)), el gusano cogollero del algodón *Helicoverpa armigera* ([Gong & Ren, 2020](#)), el cogollero del maíz *Spodoptera litura* F ([Medhini & Manjulakumari, 2022](#)) o el díptero *Bradysia procera* ([Hong et al., 2023](#)) cuando estos fueron tratados con aceites esenciales de diferentes especies vegetales.

Conclusivamente, aceites esenciales de *R. graveolens* y *O. quixos* presentan un potencial para integrarse en programas de Manejo Integrado de Plagas al reducir la sobrevivencia tanto de adultos como de ninfas cuando son tratados con dosis subletales, sin descuidar el efecto ovicida de *O. quixos* para esta plaga.

8. Conclusiones

- Dosis subletales de los aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea quixos*. reducen la sobrevivencia de adultos de *Bactericera cockerelli*, por lo que pueden ser una alternativa al uso de insecticidas convencionales.
- De los aceites aquí evaluados el de *Ocotea quixos* mostró un potencial efecto ovicida sobre huevos de *Bactericera cockerelli* cuando estos están próximos a eclosionar.

9. Recomendaciones

- Futuros trabajos deberían desarrollarse con el propósito de evaluar otros efectos fisiológicos en *Bactericera cockerelli* cuando es expuesta a dosis subletales.
- Evaluar los efectos de los compuestos mayoritarios de los aceites esenciales de *Ruta graveolens* y *Ocotea Quixos* en *Bactericera cockerelli*.

10. Bibliografía

- 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.
- Arya, S., Kumar, R., Prakash, O., Rawat, A., & Pant, A. (2022). Impact of insecticides on soil and environment and their management strategies. In *Agrochemicals in Soil and Environment: Impacts and Remediation* (pp. 213-230). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-9310-6_10
- Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., Fiorini, D., . . . Maggi, F. (2018). The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Industrial crops and products*, 122, 308-315. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.032>
- Biemont, J., Chauvin, G., & Hamon, C. (1981). Ultrastructure and resistance to water loss in eggs of *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Insect Physiology*, 27(10), 667-679. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(81\)90003-2](https://doi.org/10.1016/0022-1910(81)90003-2)
- Bouabida, H., & Dris, D. (2022). Phytochemical constituents and larvicidal activity of *Ruta graveolens*, *Ruta montana* and *Artemisia absinthium* hydro-methanolic extract against mosquito vectors of avian plasmodium (*Culiseta longiareolata*). *South African Journal of Botany*, 151, 504-511. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.05.017>
- Boulamtat, R., Lhaloui, S., Sabraoui, A., El-Fakhouri, K., Oubayoucef, A., Mesfioui, A., & El-Bouhssini, M. (2020). Antifeedant and larvicidal activities of *Mentha pulegium* on chickpea pod borer *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 40, 151-156. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42690-019-00064-z>
- Brügger, B. P., Martínez, L. C., Plata-Rueda, A., Castro, B. M. d. C. E., Soares, M. A., Wilcken, C. F., . . . Zaniccio, J. C. (2019). Bioactivity of the *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil and its terpenoid constituents on the predatory bug, *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Scientific reports*, 9(1), 8358. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-019-44709-y>
- 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/https://doi.org/10.1163/187498312X634266>
- Carrillo, C. I. C. (2019). Potato purple top disease in Ecuador. *Phytopathogenic Mollicutes*, 9(1), 143-144. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5958/2249-4677.2021.00007.4>
- Castillo Carrillo, C., & Llumiquinga Hormaza, P. (2021). *Manual para reconocer e identificar al psílido de la papa (Bactericera cockerelli Šulc) en campo y laboratorio*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5781>

- Cerna, E., Ochoa, Y., Aguirre, L., Flores, M., & Landeros, J. (2013). Determinación de la resistencia a insecticidas en cuatro poblaciones del psílido de la papa *Bactericera cockerelli* (Sulc.)(Hemiptera: Triozidae). *PHYTON (Buenos Aires)*, 82(1), 63-68.
- Chaubey, M. (2012). Acute, lethal and synergistic effects of some terpenes against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ecologia Balkanica*, 4(1).
- Chaubey, M. K. (2015). Biological activities of terpenes against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae). *Entomology and Applied Science Letters*, 2(1), 50-61.
- Chávez, E. C., Bautista, O. H., Flores, J. L., Uribe, L. A., & Fuentes, Y. M. O. (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/https://doi.org/10.1653/024.098.0322>
- 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/10.1016/j.biortech.2008.02.030>
- Czerniewicz, P., Chrzanowski, G., Sprawka, I., & Sytykiewicz, H. (2018). Aphicidal activity of selected Asteraceae essential oils and their effect on enzyme activities of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). *Pesticide biochemistry and physiology*, 145, 84-92. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.01.010>
- de Albuquerque Lima, T., de Queiroz Baptista, N. M., de Oliveira, A. P. S., da Silva, P. A., de Gusmão, N. B., dos Santos Correia, M. T., . . . Paiva, P. M. G. (2021). Insecticidal activity of a chemotype VI essential oil from *Lippia alba* leaves collected at Caatinga and the major compound (1, 8-cineole) against *Nasutitermes corniger* and *Sitophilus zeamais*. *Pesticide biochemistry and physiology*, 177, 104901. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104901>
- De França, S. M., Breda, M. O., Barbosa, D., Araujo, A., & Guedes, C. A. (2017). The sublethal effects of insecticides in insects. *Biological control of pest and vector insects*, 23-39.
- De França, S. M., Breda, M. O., Barbosa, D., Araujo, A., Guedes, C. A., & Shields, V. (2017). The sublethal effects of insecticides in insects. *Biological control of pest and vector insects*, 23-39.
- Denoirjean, T., Rivière, M., Doury, G., Le Goff, G. J., & Ameline, A. (2022). Behavioral disruption of two orchard hemipteran pests by garlic essential oil. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 170(9), 782-791. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/eea.13203>
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J.-M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual review of entomology*, 52(1), 81-106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>

- Devrnja, N., Milutinović, M., & Savić, J. (2022). When Scent Becomes a Weapon—Plant Essential Oils as Potent Bioinsecticides. *Sustainability*, *14*(11), 6847. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/11/6847>
- Djemaa, D., Samira, B., & Hayette, B. (2021). Phytochemical screening and mosquito larvicidal activity of an Algerian *Ruta graveolens* hydro-methanolic extracts against *Culiseta longiareolata*. *Journal of Entomological Research*, *45*(1), 13-18. <https://doi.org/10.5958/0974-4576.2021.00002.5>
- Donoughe, S. (2021). Insect egg morphology: Evolution, development, and ecology. *Current Opinion in Insect Science*. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.12.008>
- Ebadollahi, A., Naseri, B., Abedi, Z., Setzer, W. N., & Changbunjong, T. (2022). Promising Insecticidal Efficiency of Essential Oils Isolated from Four Cultivated Eucalyptus Species in Iran against the Lesser Grain Borer, *Rhyzopertha dominica* (F.). *Insects*, *13*(6), 517. <https://doi.org/10.3390/insects13060517>
- Ebadollahi, A., & Setzer, W. N. (2020). Evaluation of the Toxicity of *Satureja intermedia* C. A. Mey Essential Oil to Storage and Greenhouse Insect Pests and a Predator Ladybird. *Foods*, *9*(6), 712. <https://doi.org/10.3390/foods9060712>
- 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127774>
- Farias, A. P., dos Santos, M. C., Jumbo, L. O. V., Oliveira, E. E., de Lima Nogueira, P. C., de Sena Filho, J. G., & Teodoro, A. V. (2020). Citrus essential oils control the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa*, and induce higher predatory responses by the lacewing *Ceraeochrysa caligata*. *Industrial crops and products*, *145*, 112151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112151>
- Gamarra, H. (2019). Modelo fenológico de *Bactericera cockerelli* para evaluar el riesgo de su propagación utilizando la herramienta “Insect life cycle modelling”(ILCYM).
- García, V., Soto, A., & Bacca, T. (2014). Efecto insecticida de productos alternativos en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología*, *40*(2), 143-147.
- 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*, 907-917. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0952-6>
- Gharalari, A. H., Nansen, C., Lawson, D. S., Gilley, J., Munyaneza, J. E., & Vaughn, K. (2009). Knockdown Mortality, Repellency, and Residual Effects of Insecticides for Control of Adult *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology*, *102*(3), 1032-1038. <https://doi.org/10.1603/029.102.0322>

- Giatsopoulos, A., Karamaouna, F., Ampatzi, A., Papachristos, D., & Michaelakis, A. (2022). Sublethal effects of oregano essential oil and its major compound carvacrol on biological parameters of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Experimental Parasitology*, 242, 108392. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exppara.2022.108392>
- Giatsopoulos, A., Papachristos, D. P., Kimbaris, A., Koliopoulos, G., Polissiou, M. G., Emmanouel, N., & Michaelakis, A. (2012). Evaluation of bioefficacy of three Citrus essential oils against the dengue vector *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in correlation to their components enantiomeric distribution. *Parasitology research*, 111, 2253-2263. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-3074-8>
- Gong, X., & Ren, Y. (2020). Larvicidal and ovicidal activity of carvacrol, p-cymene, and γ -terpinene from *Origanum vulgare* essential oil against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 18708-18716. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-020-08391-2>
- González-Coloma, A., Martin-Benito, D., Mohamed, N., Garcia-Vallejo, M. C., & Soria, A. C. (2006). Antifeedant effects and chemical composition of essential oils from different populations of *Lavandula luisieri* L. *Biochemical Systematics and Ecology*, 34(8), 609-616. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bse.2006.02.006>
- Govindarajan, M., Rajeswary, M., Hoti, S., Bhattacharyya, A., & Benelli, G. (2016). Eugenol, α -pinene and β -caryophyllene from *Plectranthus barbatus* essential oil as eco-friendly larvicides against malaria, dengue and Japanese encephalitis mosquito vectors. *Parasitology research*, 115, 807-815. <https://doi.org/10.1007/s00436-015-4809-0>
- Granados-Echegoyen, C., Pérez-Pacheco, R., Bautista-Martínez, N., Alonso-Hernández, N., Sánchez-García, J. A., Martínez-Tomas, S. H., & Sánchez-Mendoza, S. (2015). Insecticidal effect of botanical extracts on developmental stages of *Bactericera cockerelli* (Sulc)(Hemiptera: Triozidae). *Southwestern Entomologist*, 40(1), 97-110. <https://doi.org/https://doi.org/10.3958/059.040.0108>
- Gunasena, G. H., Vinson, S. B., Williams, H. J., & Stipanovic, R. D. (1988). Effects of Caryophyllene, Caryophyllene Oxide, and Their Interaction with Gossypol on the Growth and Development of *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 81(1), 93-97. <https://doi.org/10.1093/jee/81.1.93>
- Gutiérrez-Ramírez, J. A., Betancourt-Galindo, R., Aguirre-Uribe, L. A., Cerna-Chávez, E., Sandoval-Rangel, A., Ángel, E. C.-d., . . . Hernández-Juárez, A. (2021). Insecticidal Effect of Zinc Oxide and Titanium Dioxide Nanoparticles against *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae) on *Tomato Solanum lycopersicum*. *Agronomy*, 11(8), 1460. <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/8/1460>
- Hansen, A., Trumble, J., Stouthamer, R., & Paine, T. (2008). A new huanglongbing species, "Candidatus *Liberibacter psyllauros*," found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied and environmental microbiology*, 74(18), 5862-5865. <https://doi.org/https://doi.org/10.1128/AEM.01268-08>

- Hodkinson, I. (1974). The biology of the Psylloidea (Homoptera): a review. *Bulletin of Entomological Research*, 64(2), 325-338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0007485300031217>
- 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*. *Pesticide biochemistry and physiology*, 145, 29-38.
- Hong, T. k., Lee, S. h., Shin, J. s., Jang, K. h., Na, E. s., Park, C. s., . . . Perumalsamy, H. (2023). Toxicological and molecular adverse effect of *Illicium verum* fruit constituents toward *Bradysia procera*. *Pest Management Science*, 79(3), 1131-1139. <https://doi.org/10.1002/ps.7283>
- Hummelbrunner, L. A., & Isman, M. B. (2001). Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *Journal of Agricultural and food chemistry*, 49(2), 715-720. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/jf000749t>
- Iboudo, Z., Dabiré, L., Nébié, R., Dicko, I., Dugravot, S., Cortesero, A.-M., & Sanon, A. (2010). Biological activity and persistence of four essential oils towards the main pest of stored cowpeas, *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Stored Products Research*, 46(2), 124-128. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2009.12.002>
- INIAP. (2022). *Bactericera cockerelli: un problema actual y Candidatus liberibacter solanacearum: una amenaza* VIII CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA Soberanía Alimentaria y Nutrición, Ecuador.
- Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19(8-10), 603-608. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X)
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 45-66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Isman, M. B. (2020). 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>
- 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. <https://doi.org/10.32861/ajls.58.48.54>
- Kavallieratos, N. G., Nika, E. P., Skourti, A., Boukouvala, M. C., Ntalaka, C. T., Maggi, F., . . . Bonacucina, G. (2022). *Carlina acaulis* essential oil nanoemulsion as a new grain protectant against different developmental stages of three stored-product beetles. *Pest Management Science*, 78(6), 2434-2442. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.6877>

- Kostyukovsky, M., Rafaeli, A., Gileadi, C., Demchenko, N., & Shaaya, E. (2002). Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Management Science*, 58(11), 1101-1106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.548>
- Krinski, D., Foerster, L. A., & Deschamps, C. (2018). Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian Piper species: controlling *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40. <https://doi.org/https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35273>
- Kumrungsee, N., Pluempanupat, W., Koul, O., & Bullangpoti, V. (2014). Toxicity of essential oil compounds against diamondback moth, *Plutella xylostella*, and their impact on detoxification enzyme activities. *Journal of pest science*, 87, 721-729. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10340-014-0602-6>
- Lazarević, J., Jevremović, S., Kostić, I., Kostić, M., Vuleta, A., Manitašević Jovanović, S., & Šešlija Jovanović, D. (2020). Toxic, Oviposition Deterrent and Oxidative Stress Effects of *Thymus vulgaris* Essential Oil against *Acanthoscelides obtectus*. *Insects*, 11(9), 563. <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/9/563>
- Liu, D., & Trumble, J. (2006). Ovipositional preferences, damage thresholds, and detection of the tomato–potato psyllid *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on selected tomato accessions. *Bulletin of Entomological Research*, 96(2), 197-204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1079/BER2005416>
- Liu, X. C., Liu, Q., Chen, X. B., Zhou, L., & Liu, Z. L. (2015). Larvicidal activity of the essential oil from *Tetradium glabrifolium* fruits and its constituents against *Aedes albopictus*. *Pest Management Science*, 71(11), 1582-1586. <https://doi.org/10.1002/ps.3964>
- 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
- Macas, S. (2023). *Uso potencial de aceites esenciales como una alternativa de control contra Bactericera cockerelli* Universidad Nacional de Loja]. Loja <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26545/1/Santiago%20David%20Macas%20Medina.pdf>
- Mahajan, E., Singh, S., Kaur, S., & Sohal, S. K. (2022). The genotoxic, cytotoxic and growth regulatory effects of plant secondary metabolite β -caryophyllene on polyphagous pest *Spodoptera litura* (Fabricius)(Lepidoptera: Noctuidae). *Toxicon*, 219, 106930. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2022.09.016>

- Mahmood, I., Imadi, S. R., Shazadi, K., Gul, A., & Hakeem, K. R. (2016). Effects of pesticides on environment. *Plant, soil and microbes: volume 1: implications in crop science*, 253-269. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-27455-3_13
- 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)*.
- Medhini, K. V. R., & Manjulakumari, D. (2022). Ovicidal activity of factors from *Calendula officinalis* L. extracts against a generalist herbivore, *Spodoptera litura* Fab.(Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 10(2), 200-205. <https://doi.org/https://doi.org/10.22271/j.ento.2022.v10.i2c.8989>
- Medina, M. D. D., Chávez, E. C., Uribe, L. A. A., Martínez, O. G., Fuentes, Y. M. a. O., Morales, G. G., & Flores, J. L. (2012). Susceptibilidad y mecanismos de resistencia a insecticidas en *Bactericera cockerelli* (Sulc.) en Coahuila, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1145-1155. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i6.1365>
- Miranda, M., & Linette, G. (2013). *Cyantrabiliprole para el control de Bactericera cockerelli Sulc.(Hemiptera: Psyllide) en tomate en Totolapan, Morelos* Universidad Autónoma Chapingo].
- Moretti, M. D., Sanna-Passino, G., Demontis, S., & Bazzoni, E. (2002). Essential oil formulations useful as a new tool for insect pest control. *AAPs PharmSciTech*, 3, 64-74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1208/pt030213>
- Mossa, A.-T. H. (2016). Green pesticides: Essential oils as biopesticides in insect-pest management. *Journal of environmental science and technology*, 9(5), 354. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.354.378>
- Munyanza, J., Sengoda, V., Crosslin, J., Garzon-Tiznado, J., & Cardenas-Valenzuela, O. (2009). First report of "Candidatus Liberibacter solanacearum" in tomato plants in Mexico. *Plant Disease*, 93(10), 1076-1076. <https://doi.org/https://doi.org/10.1094/PDIS-93-10-1076A>
- Naqvi, S. M., & Vaishnavi, C. (1993). Bioaccumulative potential and toxicity of endosulfan insecticide to non-target animals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 105(3), 347-361. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0742-8413\(93\)90071-R](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0742-8413(93)90071-R)
- Nechita, I., Poirel, M., Cozma, V., & Zenner, L. (2015). The repellent and persistent toxic effects of essential oils against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary parasitology*, 214(3-4), 348-352.
- Ngamo, T. L., Ngatanko, I., Ngassoum, M., Mapongmestsem, P., & Hance, T. (2007). Persistence of insecticidal activities of crude essential oils of three aromatic plants towards four major stored product insect pests. *African Journal of Agricultural Research*, 2(4), 173-177.

- Ntalli, N., Ratajczak, M., Oplos, C., Menkissoglu-Spiroudi, U., & Adamski, Z. (2016). Acetic Acid, 2-Undecanone, and (E)-2-Decenal Ultrastructural Malformations on. *Journal of Nematology*, 48(4), 248-260. <https://doi.org/doi:10.21307/jofnem-2017-033>
- Patiño-Bayona, W. R., Nagles Galeano, L. J., Bustos Cortes, J. J., Delgado Ávila, W. A., Herrera Daza, E., Suárez, L. E. C., . . . Patiño-Ladino, O. J. (2021). Effects of Essential Oils from 24 Plant Species on *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera, Curculionidae). *Insects*, 12(6), 532. <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/6/532>
- Prager, S. M., Esquivel, I., & Trumble, J. T. (2014). Factors influencing host plant choice and larval performance in *Bactericera cockerelli*. *PLoS One*, 9(4), e94047. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094047>
- Ramzi, S., Seraji, A., Gonbad, R. A., & Haghghat, S. R. (2022). Effects of the extract and the essential oil of *Allium sativum* on tea mealy bug, *Pseudococcus viburni* Sigornet (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 42, 102359. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102359>
- Regnault-Roger, C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2, 25-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1018472227889>
- Reyes Corral, C. A., Cooper, W. R., Horton, D. R., & Karasev, A. V. (2020). Susceptibility of *Physalis longifolia* (Solanales: Solanaceae) to *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Trioziidae) and ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’. *Journal of Economic Entomology*, 113(6), 2595-2603. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa210>
- Rossi, Y. E., & Palacios, S. M. (2015). Insecticidal toxicity of *Eucalyptus cinerea* essential oil and 1, 8-cineole against *Musca domestica* and possible uses according to the metabolic response of flies. *Industrial crops and products*, 63, 133-137. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.019>
- Said-Al Ahl, H., Hikal, W. M., & Tkachenko, K. G. (2017). Essential oils with potential as insecticidal agents: A review. *Int. J. Environ. Plan. Manag*, 3, 23-33.
- Salman, S. Y., Saritas, S., Kara, N., Aydinli, F., & Ay, R. (2015). Contact, repellency and ovicidal effects of four Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(4), 857-872. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.914856>
- Santos, A. A., de Oliveira, B. M. S., Melo, C. R., Lima, A. P. S., Santana, E. D. R., Blank, A. F., . . . Bacci, L. (2017). Sub-lethal effects of essential oil of *Lippia sidoides* on drywood termite *Cryptotermes brevis* (Blattodea: Termitoidea). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145, 436-441. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.057>

- 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.
- Shaaya, E., & Rafaeli, A. (2007). Essential oils as biorational insecticides—potency and mode of action. In *Insecticides design using advanced technologies* (pp. 249-261). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-540-46907-0_11
- Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U., & Pissarev, V. (1991). Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *Journal of chemical ecology*, 17, 499-504. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF00982120>
- Subaharan, K., Senthoorraja, R., Manjunath, S., Thimmegowda, G. G., Pragadheesh, V. S., Bakthavatsalam, N., . . . Basavarajappa, S. (2021). Toxicity, behavioural and biochemical effect of *Piper betle* L. essential oil and its constituents against housefly, *Musca domestica* L. *Pesticide biochemistry and physiology*, 174, 104804. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104804>
- Suwandharathene, N., Holwell, G., & Avila, G. (2022). The current and future potential geographical distribution of *Bactericera cockerelli*: an invasive pest of increasing global importance.
- Taktak, N. E., & Badawy, M. E. (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/10.1016/j.pestbp.2019.05.006>
- Tetreau, G., Dhinaut, J., Galinier, R., Audant-Lacour, P., Voisin, S. N., Arafah, K., . . . Sabarly, C. (2020). Deciphering the molecular mechanisms of mother-to-egg immune protection in the mealworm beetle *Tenebrio molitor*. *PLoS Pathogens*, 16(10), e1008935. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008935>
- Toledo, P. F., Ferreira, T. P., Bastos, I. M., Rezende, S. M., Jumbo, L. O. V., Didonet, J., . . . Oliveira, E. E. (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>
- Tripathi, A. K., Prajapati, V., Aggarwal, K. K., & Kumar, S. (2001). Toxicity, Feeding Deterrence, and Effect of Activity of 1,8-Cineole from *Artemisia annua* Progeny Production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 94(4), 979-983. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.4.979>
- Tunç, İ., Berger, B., Erler, F., & Dağlı, F. (2000). Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*, 36(2), 161-168.
- Valizadeh, B., Jalali Sendi, J., Oftadeh, M., Ebadollahi, A., & Krutmuang, P. (2021). Ovicidal and Physiological Effects of Essential Oils Extracted from Six Medicinal Plants on the Elm

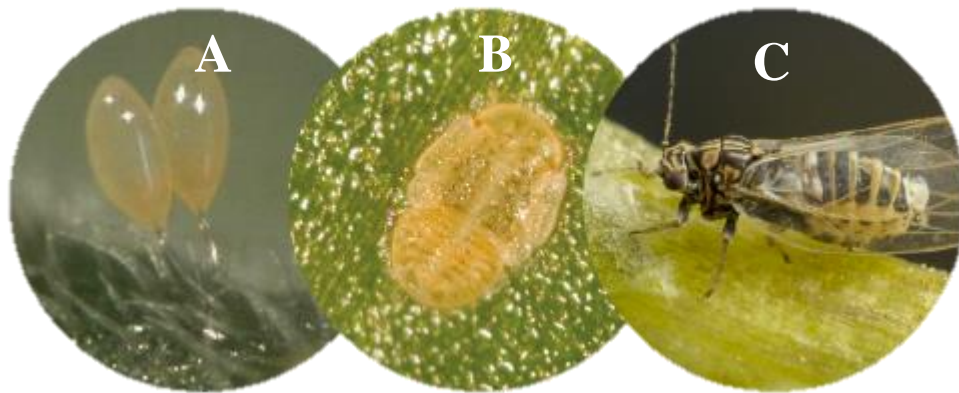
- Leaf Beetle, *Xanthogaleruca luteola* (Mull.). *Agronomy*, 11(10), 2015. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102015>
- Vega-Chávez, J. L., Cerna-Chávez, E., Ochoa-Fuentes, Y. M., Alvarado-Cepeda, Y. A., Mayo Hernández, J., & Hernández-Bautista, O. (2020). Selectividad de insecticidas con el parasitoide *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae) para el control de *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Nova scientia*, 12. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2618>
- Vereijssen, J. (2020). Ecology and management of *Bactericera cockerelli* and Candidatus *Liberibacter solanacearum* in New Zealand. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2), 333-337.
- Wakil, W., Brust, G. E., & Perring, T. D. (2017). *Sustainable management of arthropod pests of tomato*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802441-6.00007-3>
- Wallis, R. L. (1955). *Ecological studies on the potato psyllid as a pest of potatoes*. The Department. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.156862>
- Workneh, F., Paetzold, L., & Rush, C. M. (2022). Studies on seed transmission of “Candidatus *Liberibacter solanacearum*” in pepper and its impact on plant emergence. *Plant Pathology*, 71(4), 927-933. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ppa.13526>
- Yang, X.-B., & Liu, T.-X. (2009). Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper. *Environmental entomology*, 38(6), 1661-1667. <https://doi.org/https://doi.org/10.1603/022.038.0619>
- Yang, Y.-C., Lee, S.-H., Lee, W.-J., Choi, D.-H., & Ahn, Y.-J. (2003). Ovicidal and adulticidal effects of *Eugenia caryophyllata* bud and leaf oil compounds on *Pediculus capitis*. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 51(17), 4884-4888. <https://doi.org/10.1021/jf034225f>
- Yazdani, E., Jalali Sendi, J., & Aliakbar, A. (2013). Chemical composition, toxicity and physiological effects of essential oil of *Rosemarinus officinalis* on lesser mulberry pyralid, *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Crop Protection*, 2(4), 461-476.
- Yeguerman, C. A., Urrutia, R. I., Jesser, E. N., Massiris, M., Delrieux, C. A., Murray, A. P., & González, J. O. W. (2022). Essential oils loaded on polymeric nanoparticles: bioefficacy against economic and medical insect pests and risk evaluation on terrestrial and aquatic non-target organisms. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(47), 71412-71426. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11356-022-20848-0>
- 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. [https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/aen.12006](https://doi.org/https://doi.org/10.1111/aen.12006)

11. Anexos

Anexo 1. Psílido del tomate *Bactericera cockerelli*.



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



Anexo 3. Identificación de *Bactericera cockerelli* en el laboratorio de entomología del UNL



Anexo 4. Evaluación de bioensayos de efecto ovicida en huevos de *B. cockerelli*



Anexo 5. Certificado del abstract.



**FINE-TUNED ENGLISH
LANGUAGE INSTITUTE**

Líderes en la Enseñanza del Inglés

Lic. Carlos Fernando Velastegui Aguilar
DOCENTE DE FINE-TUNED ENGLISH CÍA. LTDA.

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés, del Resumen de Tesis titulada: "EFECTO DE DOSIS SUBLETALES DE BIOMOLÉCULAS CON POTENCIAL INSECTICIDA EN *Bactericera cockerelli* EN CONDICIONES DE LABORATORIO", autoría de la Alumna Kerly Tamara González González, con CI. 1150246542, egresada en la Carrera de Agronomía, de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifica en honor a la verdad y autoriza a la interesada, hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 14 de junio de 2023.


Lic. Carlos Fernando Velastegui Aguilar
DOCENTE DE FINE-TUNED ENGLISH CÍA. LTDA.



Líderes en la Enseñanza del Inglés

Matriz - Loja: Macará 205-51 entre Rocafuerte y Miguel Riofrío - Teléfono: 072578899
Zamora: García Moreno y Pasaje 12 de Febrero - Teléfono: 072608169
Yantzaza: Jorge Mosquera y Luis Bastidas - Edificio Sindicato de Choferes - Teléfono: 072301329

www.fte.edu.ec