



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Toxicidad de bioinsecticidas de origen vegetal en *Brevicoryne brassicae* y sus efectos en organismos no objetivos en condiciones de laboratorio

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

AUTOR:

Diana Lizbeth Diaz Landi

DIRECTOR:

Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo. PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 03 de marzo de 2023

Ing. Luis Oswaldo Viteri Jumbo. PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Toxicidad de bioinsecticidas de origen vegetal en *Brevicoryne brassicae* y sus efectos en organismos no objetivos en condiciones de laboratorio**, previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, de la autoría de la estudiante **Diana Lizbeth Diaz Landi**, con **cédula de identidad Nro.2150028427**, 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, **Diana Lizbeth Diaz Landi**, declaro ser 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: 215002847

Fecha: 16/06/2023

Correo electrónico: diana.l.diaz@unl.edu.ec

Celular: 0959731703

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

Yo, **Diana Lizbeth Diaz Landi**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Toxicidad de bioinsecticidas de origen vegetal en *Brevicoryne brassicae* y sus efectos en organismos no objetivos en condiciones de laboratorio**, como requisito para obtener el título de **Ingeniero 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: Diana Lizbeth Diaz Landi

Cédula: 2150028427

Dirección: Argelia, Loja-Ecuador

Correo electrónico: diana.l.diaz@unl.edu.ec

Celular: 0959731703

DATOS COMPLEMENTARIOS:

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

Dedicatoria

La presente va dedicada a Dios, por los triunfos y derrotas que me han enseñado a ser mejor cada día.

A mis padres, Armando Diaz y Maria Landi quienes con su amor, paciencia, consejos y sacrificio me han permitido llegar a cumplir hoy uno de mis sueños más preciados, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía, responsabilidad y sobre todo humildad de afrontar y de no temer las adversidades.

A mis hermanos José y Richar por su cariño y apoyo incondicional, durante todos estos años, por estar conmigo y confiar en que era capaz de lograr esta meta en todo momento.

Diana Lizbeth Diaz Landi

Agradecimiento

Tras la culminación de este trabajo de tesis quiero agradecer a Dios por dar la fortaleza, valentía, paciencia y salud para llegar por haber permitido llegar a cumplir esta meta trazada, a mis padres y hermanos por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas,

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, por abrirme sus puertas y por permitirme formar parte de ella y culminar mi carrera en este proceso de formación.

De manera especial quiero agradecer a mi director el Dr. Luis Oswaldo Viteri Jumbo por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus consejos, sus enseñanzas impartidas y su buena predisposición para trabajar con gran entusiasmo durante el desarrollo de esta tesis.

A mis amigas Tamara González y Cristina Guanín por haberme brindado su amistad incondicional a lo largo de esta carrera y por alentarme para no rendirme jamás.

A mis primas Alexandra y Anshela por los momentos en los que necesitaba ese pequeño empujón de alegría.

A mi familia por sus buenos deseos y consejos que me ayudaron durante todo este largo camino.

Gracias por haberme formado como persona y ahora como un profesional.

Diana Lizbeth Diaz Landi

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Figuras	viii
Índice de Tablas	ix
Índice de Anexos	x
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico.....	7
4.1. Pulgón cenizo de la col <i>Brevicoryne brassicae</i>	7
4.1.1. Características taxonómicas	7
4.1.2. Ciclo de vida.....	8
4.1.3. Principal hospedero.....	8
4.2. Control de pulgones	8
4.2.1. Control convencional	9
4.2.2. Control biorracional.....	9
4.3. Aceites esenciales	10
4.3.1. Toxicidad de los aceites esenciales en pulgones.....	11
4.3.2. Modo de acción de los aceites esenciales.....	11

4.3.3. Toxicidad de aceites esenciales en organismos benéficos	12
5. Metodología	13
5.1. Localización del estudio	13
5.2. Cría de <i>Brevicoryne brassicae</i> en laboratorio.....	13
5.3. Extracción de aceites esenciales	13
5.4. Screening de los aceites esenciales	13
5.5. Bioensayo de toxicidad.....	14
5.6. Análisis químico de los aceites esenciales.....	14
5.7. Cría de mariquitas (<i>Hippodamia convergens</i>).....	15
5.8. Selectividad contra <i>Hippodamia convergens</i>	15
5.9. Selectividad contra células FDH α	15
5.10. Análisis estadístico.....	16
6. Resultados	17
6.1. Sreening toxicológico de aceites esenciales.....	17
6.2. Bioensayo de toxicidad de <i>Syzygium aromaticum</i> y <i>Ocotea quixos</i>	17
6.3. Análisis químico de los aceites esenciales	18
6.4. Efecto de bioinsecticidas en organismos no objetivo.....	20
6.4.1. Selectividad en <i>Hippodamia converngens</i>	20
6.4.2. Selectividad de células humanas HDFa	20
7. Discusión	22
8. Conclusiones	25
9. Recomendaciones	25
10. Bibliografía	26
11. Anexos	40

Índice de Figuras:

- Figura 1.** Screening de 13 aceites esenciales contra adultos de *Brevicoryne brassicae*, las barras representan el porcentaje de mortalidad de áfidos expuestos al 2 % de concentración y las líneas en cada barra representan la desviación estándar. 17
- Figura 2.** Toxicidad de *Syzygium aromaticum* y *Ocotea quixos* para *Brevicoryne brassicae* con intervalos de confianza del 95 %. Líneas enteras representan los valores estimados de concentración letal (CL). 18
- Figura 3.** Mortalidad del predador adulto *Hippodamia convergens* expuesto a una dosis letal de aceite esencial de *Ocotea quixos* (A) y *Syzygium aromaticum* (B) estimada para *Brevicoryne brassicae*. Líneas sobre las barras en diferente nivel significa diferencias de acuerdo a Kruskal-wallis test ($P < 0.05$). 20
- Figura 4.** Selectividad en en células humanas HDFa expuestas a una dosis letal (CL₉₅) y subletal (CL₁₀) de aceite esencial de *Ocotea quixos*. 21

Índice de Tablas:

Tabla 1. Concentraciones letales y subletales encontradas para <i>Brevicoryne brassicae</i>	18
Tabla 2. Composición química de los aceites esenciales de <i>Ocotea quixos</i> y <i>Syzygium aromaticum</i>	19

Índice de Anexos:

Anexo 1. <i>Brevicoryne brassicae</i> (A), Adulto áptero (B), Adulto alado (C).....	40
Anexo 2. Daños causados por <i>Brevicoryne brassicae</i>	40
Anexo 3. Cría masiva de <i>Brevicoryne brassicae</i>	40
Anexo 4. Extracción de aceites esenciales	41
Anexo 5. Evaluación de ensayo de toxicidad	41
Anexo 6. Cría masiva de <i>Hippodamia convergens</i>	41
Anexo 7. Evaluación de ensayo de selectividad	42
Anexo 8. Certificado de traducción del abstract.	43

1. Título

Toxicidad de bioinsecticidas de origen vegetal en *Brevicoryne brassicae* y sus efectos en organismos no objetivos en condiciones de laboratorio

2. Resumen

El pulgón cenizo de la col *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) es una plaga clave de las crucíferas, causa daños directos por la inyección de toxinas y la succión continua de savia afectando el desarrollo de la planta. Para controlar y reducir el daño causado se usan insecticidas sintéticos, sin embargo, su uso puede poner en riesgo los organismos no objetivos, lo que justifica la búsqueda de métodos de control de este pulgón plaga. Una herramienta sostenible para el manejo de plagas es el uso de biomoléculas presentes en aceites esenciales. Por lo tanto, se pretende identificar la actividad tóxica de los aceites esenciales de ishpingo (*Ocotea quixos*) y clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) sobre *Brevicoryne brassicae* L. y evaluar la selectividad para dos organismos no objetivos. Para tal efecto se llevó a cabo un análisis de cromatografía de gases, en el cual *O. quixos* químicamente posee (E)- β -Cariofileno (19,32 %), (E)-Acetato de cinamilo (17,11 %), (E)- Cinamato de metilo (11,39 %) como compuestos mayoritarios y Eugenol (75,28 %), Acetato de eugenol (15,62 %) para *S. aromaticum*. Las concentraciones de los aceites esenciales utilizadas fueron formuladas en solución acuosa con 2 % de agua destilada, Dimetilsulfóxido (DMSO) y Tween 20, y se aplicaron mediante un aspersor. La mortalidad se evaluó a las 24 horas de exposición. Los aceites esenciales de *Ocotea quixos* $CL_{50} = 12,20$ (11,85 - 12,54) $\mu\text{l/ml}$ y *Syzygium aromaticum* $CL_{50} = 7,41$ (6,77 - 8,08) $\mu\text{l/ml}$ fueron tóxicos para adultos de *B. brassicae*. Ambos aceites son moderadamente selectivos para adultos de *Hippodamia convergens*; sin embargo, en células humanas HDF α las concentraciones de *O. quixos* $CL_{95} = 19,39$ $\mu\text{l/ml}$ y $CL_{10} = 8,51$ $\mu\text{l/ml}$ no son selectivas. Se concluye que los productos ensayados podrían ser una herramienta para el Manejo Integrado de Plagas para control de áfidos en cultivos hortícolas.

Palabras claves: bioinsecticida, *Brevicoryne brassicae*, cromatografía de gases, toxicidad, organismos no objetivos.

2.1. Abstract

The cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) is a key pest of cruciferous plants, causing direct damage by injecting toxins and continuously sucking sap, affecting plant development. To control and reduce the damage caused, synthetic insecticides are used; however, their use can put non-target organisms at risk, which justifies the search for control methods for this pest aphid. A sustainable tool for pest management is the use of biomolecules present in essential oils. Therefore, it is intended to identify the toxic activity of the essential oils of ishingpingo (*Ocotea quixos*) and clove (*Syzygium aromaticum*) on *Brevicoryne brassicae* L. and evaluate the selectivity for two non-target organisms. For this purpose, a gas chromatography analysis was carried out, in which *O. quixos* chemically possesses (*E*)- β -Caryophyllene (19.32%), (*E*)-Cinnamyl acetate (17.11%), (*E*)-Methyl cinnamate (11.39%) as major compounds and Eugenol (75.28%), Eugenol acetate (15.62%) for *S. aromaticum*. The concentrations of the essential oils used were formulated in an aqueous solution with 2% distilled water, Dimethyl sulfoxide (DMSO) and Tween 20, and applied using a sprinkler. Mortality was evaluated after 24 hours of the oils exposure. The essential oils of *Ocotea quixos* $LC_{50} = 12.20$ (11.85 - 12.54) $\mu\text{l/ml}$ and *Syzygium aromaticum* $LC_{50} = 7.41$ (6.77 - 8.08) $\mu\text{l/ml}$ were toxic for *B. brassicae*. Both oils are moderately selective for *Hippodamia convergens* adults; however, in human HDF α cells the concentrations of *O. quixos* $LC_{95} = 19.39$ $\mu\text{l/ml}$ and $LC_{10} = 8.51$ $\mu\text{l/ml}$ are not selective. It is concluded that the tested products could be a tool for Integrated Pest Management to control aphids in horticultural crops.

Keywords: bioinsecticides, *Brevicoryne brassicae*, gas chromatography, toxicity, non-target organisms.

3. Introducción

El pulgón cenizo de la col *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) es considerado una de las principales plagas agrícolas de importancia económica de las crucíferas a nivel mundial ([Cadillo et al., 2021](#)). Ello es debido a que altas densidades poblacionales provocan pérdidas económicas importantes en estas hortalizas, ocasiona amarillamiento, marchitez y atrofia a las plantas, la gran cantidad de este áfido descompone las hojas y afecta a la fotosíntesis de la planta ([Moorthy et al., 2022](#)). Ante este problema, la herramienta de manejo de plagas más usada a nivel global para insectos en hortalizas son los insecticidas sintéticos ([Chandler et al., 2011](#); [Gay, 2012](#); [Guedes et al., 2016](#)). Sin embargo, y pese a su eficiencia, el uso indiscriminado de estos insecticidas sintéticos incrementa los riesgos asociados con la resistencia de las plagas, niveles de contaminación ambiental y lo más importante compromete la salud humana y otros organismos no objetivos como polinizadores y predadores ([Isman, 2005](#); [Rodríguez-Gil et al., 2022](#); [Viteri & Linares-Ramírez, 2022](#)). Estas implicaciones hacen urgente la búsqueda de nuevas herramientas de control de insectos en cultivos hortícolas.

Una de las alternativas que están surgiendo son los bio-compuestos de origen vegetal; entre ellos se destacan los aceites esenciales como fuertes candidatos complementarios para reemplazar las moléculas sintéticas ([Quispe & Palomino, 2022](#)). Ello ya que han demostrado tener propiedades insecticidas y hay evidencias que son más seguros para el medio ambiente y la salud humana en comparación con las moléculas sintéticas convencionales ([Khanavi et al., 2017](#); [Park et al., 2021](#); [Pavela et al., 2022](#); [Spinozzi et al., 2023](#); [Tudi et al., 2021](#)). Además, los aceites esenciales y extractos de algunas plantas han sido estudiados por su potencial tóxico, por las propiedades antimicrobianas como biopesticidas y por su actividad citotóxica en las células tumorales ([Ferraz et al., 2022](#)).

La capacidad toxicológica de los aceites esenciales se debe a que poseen varios compuestos con diferentes bioactividades con efectos neurotóxicos que pueden afectar la actividad de la acetilcolinesterasa e interrumpir la neurotransmisión actuando sobre los receptores de ácido γ -aminobutírico (GABA) y octopamina de los insectos y otros artrópodos de diversas maneras dependiendo del tipo de planta de la cual se extraen y de las características fisiológicas de las especies plagas ([Lavoit et al., 2022](#); [Yeguerman et al., 2022](#)). Por ello, pueden causar toxicidad, pueden repeler a los áfidos, reducir su reproducción o limitar el desarrollo de sus colonias sin afectar la calidad e inocuidad del cultivo, también causa cambios en el comportamiento y otros efectos fisiológicos en los insectos; además de ser amigables con el ambiente tienen la ventaja de retrasar la evolución de la resistencia de los organismos expuestos ([Ahmed et al., 2020](#); [Ikbal & Pavela, 2019](#); [Isman, 2020b](#); [Viteri Jumbo et al., 2014](#)).

Su uso prevé el aprovechamiento de los recursos vegetales de una forma sostenible, que pueden tener efectos similares a los plaguicidas sintéticos con la ventaja de la mayoría de las veces tener una alta degradabilidad en el medio ambiente, contribuyendo a conservar la biodiversidad en los agroecosistemas al reducir la contaminación y ser relativamente seguros para los organismos no objetivos ([Figuerola et al., 2019](#); [Moura et al., 2021](#); [Robin & Marchand, 2021](#); [Romanazzi et al., 2022](#)). En este sentido, estudios reportan que algunos aceites esenciales muestran una compatibilidad adecuada con organismos no objetivos como polinizadores, predadores y parasitoides ([Cabrera et al., 2022](#); [Esteves et al., 2023](#); [Pavela et al., 2022](#); [Robin & Marchand, 2021](#)). Aunque lo contrario también ha sido reportado ([Feldhaar & Otti, 2020](#); [Haddi et al., 2018](#)), dado que estos objetivos fisiológicos pueden o no compartir altos niveles de similitud con los presentes en organismos no objetivos ([Toledo et al., 2020](#)). Por lo expuesto anteriormente y considerando el potencial de estos productos, en el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivos

Objetivo general

Identificar la toxicidad de bioinsecticidas de origen vegetal en *Brevicoryne brassicae* y en organismos no objetivos en condiciones de laboratorio

Objetivos específicos

Determinar la toxicidad de dos bioinsecticidas de origen vegetal en *Brevicoryne brassicae*

Evaluar la selectividad de dos bioinsecticidas de origen vegetal para dos organismos no objetivos.

4. Marco teórico

4.1. Pulgón cenizo de la col *Brevicoryne brassicae*

El pulgón cenizo de la col *Brevicoryne brassicae* (Anexo 1A) es una especie cosmopolita y es considerada una plaga devastadora de la familia Brassicaceae que causa daños económicos en todo el mundo ([Anzabi et al., 2014](#)); con un número elevado de insectos, el rendimiento puede disminuir entre un 34 % y 62 % ([Pal & Singh, 2013](#)), está bien distribuida por las zonas templadas y cálidas, es originaria de Europa y actualmente se encuentra en muchas partes del mundo ([INTAGRI, 2017](#)).

Este áfido causa daño directo al succionar el floema de las plantas introduciendo un estilete que le permite perforar el tejido epidérmico del tallo de las plantas. Además incorporan saliva tóxica y extraen grandes cantidades de savia lo que provoca clorosis, crecimiento atrofiado (Anexo 2), que en última instancia resultan en la deformación y desecación de los tejidos blandos de la planta. Existen también efectos indirectos de los pulgones sobre las plantas como consecuencia de la alimentación. Por un lado, los pulgones excretan el exceso de azúcar como una melaza, que al depositarse sobre las hojas favorece el desarrollo de mohos de hollín, reduciendo la actividad fotosintética causando la muerte de la planta ([Benelli et al., 2018](#); [Karazmoodeh & Zandi, 2013](#); [Lashkari et al., 2007](#)). También actúa como vector de varias enfermedades virales, incluido el virus del mosaico de la coliflor y el virus del mosaico del nabo ([Ahmed et al., 2020](#); [Dáder et al., 2017](#); [Fozia & Azim, 2013](#)).

4.1.1. Características taxonómicas

Hay 4 700 especies de pulgón en el mundo, por lo cual conocer las plantas hospedantes también es un factor clave en la identificación. Los pulgones pertenecen al orden Hemiptera ([Simbaqueba & Serna, 2021](#)). Según [Remaudiere et al. \(1985\)](#) *Brevicoryne brassicae* pertenece a la familia Aphididae, este áfido es una especie extremadamente específica de cultivos de la familia Brassicaceae ([Lashkari et al., 2007](#)).

Los áfidos tienen piezas bucales perforantes y chupadoras, poseen sifones o cornículos cortos y pueden atacar el cultivo en cualquier etapa, los pulgones pueden ser ápteros (sin alas) o alados, los ápteros son de color verde grisáceo (Anexo 1B), tienen la cabeza oscura y dorsales torácicas y abdominales oscuras, densamente recubiertas de cera harinosa de color blanco grisáceo, las formas aladas (Anexo 1C) se desarrollan y comienzan a migrar a nuevas plantas hospedantes solo cuando la calidad de la planta se deteriora o cuando una planta se sobrepuebla, ([Remaudiere et al., 1985](#)).

4.1.2. *Ciclo de vida*

Huevos. En climas templados, los huevos pasan el invierno en restos de plantas cerca de la superficie del suelo. Los huevos no se ponen en climas cálidos, sino que las hembras producen ninfas hembras directamente por partenogénesis ([Harsimran et al., 2019](#); [INTAGRI, 2017](#)).

Ninfas. Las ninfas tienen un cuerpo ovalado, difieren del estado adulto áptero (sin alas), ya que presentan la zona caudal menos desarrollada, son de color verde pálido y su duración varía de siete a diez días a una temperatura promedio de 20 °C ([Harsimran et al., 2019](#)).

Adultos. Los adultos ápteros son entre 1,5 a 2,4 mm y tienen forma ovalada y se ven de color verde o blanco grisáceo debido a su cubierta cerosa. En la superficie superior del abdomen, debajo de la capa de cera se encuentran ocho puntos de color marrón oscuro o negro ([Olivares, 2017](#)).

Las hembras aladas miden entre 2 a 2,5 mm, carecen de la cubierta cerosa, la cabeza y el tórax son de color marrón oscuro a negro con antenas de color marrón oscuro, tienen un abdomen amarillo con dos manchas oscuras en los segmentos abdominales anteriores dorsales. Estos dos puntos se fusionan en una banda oscura a lo largo del último segmento abdominal ([Fidelis et al., 2018](#)). La duración total del ciclo de vida oscila entre 16 y 50 días dependiendo de la temperatura. El ciclo de vida es más corto a temperaturas más altas ([Harsimran et al., 2019](#)).

4.1.3. *Principal hospedero*

Brevicoryne brassicae es una plaga importante de los cultivos de crucíferas ([Sridhar et al., 2022](#)), provoca pérdidas significativas en cultivos económicamente importantes, incluidos el brócoli, repollo, col rizada, col de brusela, coliflor, mostaza negra - blanca y col rizada ([Canassa et al., 2020](#)).

4.2. **Control de pulgones**

Para encontrar el umbral de acción en campo se debe explorar todas las semanas en busca de signos de áfidos, los insecticidas solo deben usarse cuando las poblaciones de áfidos son altas (>50/planta) en plántulas/trasplantes muy jóvenes o en plantas cerca de la cosecha, como precaución de contaminación. En un campo de brócoli, se puede tener una idea de la densidad de áfidos utilizando el método 10 por 10, que consiste en arrancar 10 hojas de brócoli en 10 puntos diferentes del campo y luego contar la cantidad de áfidos que hay en ellas. Si más del 20 % de las hojas están infestadas con pulgones, se recomienda una aplicación de insecticida ([Harsimran et al., 2019](#)).

4.2.1. Control convencional

El uso intensivo de insecticidas para controlar pulgones durante muchos años ha dado lugar a poblaciones que ahora son resistentes a varias clases de insecticidas. En un estudio realizado en ninfas de *B. brassicae*, el tiempo de generación disminuyó después de la exposición a concentraciones subletales de imidacloprid (5 mol/L) y pimetozina (30 mol/L), no obstante, en este estudio no hubo diferencias significativas en los parámetros de la tabla de vida de áfidos entre las dos poblaciones tratadas con dosis subletal ([Reza et al., 2007](#)).

El control del pulgón *Myzus persicae* en muchos cultivos se ha basado casi exclusivamente en el uso de insecticidas químicos, y su uso intensivo durante muchos años ha llevado al desarrollo de múltiples y generalizadas formas de resistencia. El primer informe de resistencia en esta especie se remonta a 1955 y ahora se informa resistencia a la mayoría de las clases de insecticidas, incluidos los organofosforados, carbamatos, piretroides, ciclodienos y neonicotinoides ([Anthon, 1955](#)), también se encontró que su nivel de resistencia aumenta progresivamente en concurrencia con el uso regular en vegetales ([Bass et al., 2014](#)).

Un estudio sobre la resistencia a los insecticidas en el pulgón de la col realizado en Pakistán informa que los pulgones desarrollaron resistencia a sustancias químicas que incluyen metomil, benzoato de emamectina y piretroides (cipermetrina, lambdacihalotrina, bifentrina y deltametrina) y neonicotinoides (imidacloprid, acetamiprid y tiametoxam), esto se debe al mecanismo de resistencia, muchos de ellos implican la mutación de los objetivos de los insecticidas en el sistema nervioso de los insectos ([Bass et al., 2014](#)).

4.2.2. Control biorracional

El uso no sistemático de plaguicidas ha tenido efectos adversos en el medio ambiente y en organismos no objetivos, en consecuencia, otros métodos de control de plagas, incluidos los cultivares resistentes y los factores de control biológico, han recibido más atención en las últimas décadas ([Jahan et al., 2014](#)).

Los enemigos naturales (depredadores, parasitoides y entomopatógenos) se han utilizado para controlar las poblaciones de áfidos. Las mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae) son potentes depredadores de varios pequeños insectos herbívoros como los áfidos ([Abbas et al., 2020](#); [Arshad et al., 2020](#); [Dixon & Dixon, 2000](#); [Valverde Cadillo et al., 2022](#)). El control biológico puede aplicarse de diferentes formas, como puede ser mediante el uso de parasitoides (*Aphidius*, *Diaeretiella rapae*). Otra forma es con la aplicación de entomopatógenos destacando el hongo patógeno *Verticillium lecanii* ([Sampaio et al., 2017](#)).

4.3. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos, volátiles, de carácter lipofílico y con propiedades aromáticas, además, constituyen una alternativa potencial como plaguicidas naturales biodegradables. Pueden ser sintetizados por todos los órganos de las plantas, es decir yemas, flores, hojas, tallos, ramitas, semillas, frutos, raíces, madera o corteza, y se almacenan en células secretoras, cavidades, canales, células epidérmicas o tricomas glandulares ([Bakkali et al., 2008](#)). Estas sustancias son sintetizadas por las plantas como metabolitos secundarios y pueden ser extraídas mediante métodos físicos como la destilación a vapor o hidrodestilación. Se necesita una gran cantidad de material vegetal para recoger sólo unos cientos de kg de aceite, ya que cada planta contiene un bajo porcentaje de aceite (0,01 % - 10 %) ([Nollet & Rathore, 2017](#)).

Hay que tener en cuenta que existe un rango de proporción de aceite esencial de 0,5 % a 1,5 % en dilución final. Hoy en día hay una serie de insecticidas en producción que contienen aceites de romero, menta, canela, clavo, eucalipto y tomillo (entre otros), solos o combinados como sus ingredientes activos ([Isman, 2020a](#)). Los estudios han demostrado la actividad aficida de los extractos vegetales, la mortalidad causada por *Cannabis indica* después de un período de exposición de 72 h y 48 h fue $66,67 \pm 2,58$ % y $45,00 \pm 4,72$ %, respectivamente, que fueron inferiores a las de *Artemisia argyi*. Sin embargo, la mortalidad causada por *Citrullus colocynthis* fue mayor que la causada por *C. indica* después de un período de exposición de 72 h ($76,67 \pm 1,29$ %), pero disminuyó a $40,00 \pm 2,23$ % después de 48 h de exposición a la misma concentración. La mortalidad de *B. brassicae* por *A. argyi* ($35,00 \pm 3,87$ %) también fue mayor después de 24 h de exposición que de 24 h de exposición a *C. colocynthis* y *C. indica* ($23,33 \pm 2,58$ % y $20,00 \pm 2,23$ %, respectivamente) ([Ahmed et al., 2020](#)). En otra investigación usan aceites esenciales de *Azadirachta indica*, *Capsicum frutescens* e *Jatropha curcas* en cuanto a su actividad insecticida sobre *B. brassicae* ([Botti et al., 2015](#)).

[Ikbal and Pavela \(2019\)](#) realizaron estudios con producciones orgánicas con el uso de aceites esenciales de cinco especies de plantas (*Foeniculum vulgare*, *Mentha piperita*, *Mentha pulegio*, *Ocimum basilicum* y *Pimpinella anisum*) que han demostrado una excelente eficacia tanto en ensayos de contacto como de fumigación, han causado una mortalidad de áfidos superior al 90 % tras la aplicación de 2 µl/L, por lo tanto, puede considerarse como una fuente de afidicida. Otras investigaciones revelan el potencial insecticida del aceite esencial de cáñamo, el cual inhibió moderadamente la acetilcolinesterasa (AChE), dicha enzima es el objetivo de las investigaciones en la ciencia de los pesticidas ([Benelli et al., 2018](#)).

4.3.1. Toxicidad de los aceites esenciales en pulgones

Las plantas producen aceites esenciales de forma natural como metabolitos secundarios en respuesta al estrés, como defensa contra ataques de patógenos, pues actúan como agentes antibacterianos, antivirales, antifúngicos e insecticidas, por ende tienen la capacidad de ocasionar algún efecto inhibitorio: inhibir la respiración, disminuir la alimentación, afectar el crecimiento, reducir la fecundidad, provocar la disrupción de la cutícula y la actividad la octopamina en el sistema nervioso central ([Isman & Tak, 2017](#); [Isman, 2017](#)), y para atraer polinizadores que juegan un papel esencial en la reproducción de la planta ([Ferraz et al., 2022](#)). Están constituidos principalmente por mezclas de monoterpenos (90 % de las mezclas), sesquiterpenos y fenilpropanoides, metabolitos que confieren a las mezclas características organolépticas y actividades biológicas ([Gonzalez et al., 2014](#)). Hay evidencia que demuestra la actividad tóxica para pulgones ([Castresan et al., 2013](#); [Valverde Cadillo et al., 2021](#)). El aceite esencial de *Citrus reticulata* mostró un mayor porcentaje, seguido de *Citrus sinensis* y *Citrus paradisi*; estos resultados son comparables con los reportados entre 76 % y 96 % para los AE cítricos ([Viteri Jumbo et al., 2014](#)).

4.3.2. Modo de acción de los aceites esenciales

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, lo que sugiere que alteran la fisiología de los insectos de diversas maneras al atacar los sistemas de enzimas, canales iónicos y membranas. De hecho, se han identificado varios receptores putativos diferentes para terpenoides de aceites esenciales, incluidos receptores para octopamina, canales de cloruro activados por ácido gamma-aminobutírico (GABA) y acetilcolina nicotínica, así como para acetilcolinesterasa ([Isman & Tak, 2017](#)). Se ha demostrado que los aceites esenciales de plantas y sus componentes interrumpen los procesos bioquímicos relacionados con el equilibrio endocrinológico, el control del crecimiento y la morfogénesis en insectos. Además, se ha demostrado que algunos pesticidas botánicos bloquean los canales iónicos e inhiben la acetilcolinesterasa (AChE), lo que da como resultado la supresión neuronal del insecto y, finalmente, la muerte ([Prakash et al., 2022](#)).

Los efectos sobre el comportamiento de las plagas también pueden desempeñar un papel en la protección de los cultivos hortícolas; cuando se rocían sobre las plantas, los aceites esenciales tienden a tener una acción residual mínima como insecticidas de contacto ([Isman, 2020b](#)).

4.3.3. Toxicidad de aceites esenciales en organismos benéficos

Cuando se integran en la producción de cultivos y los programas de manejo de plagas, los biopesticidas ofrecen el potencial de mayores rendimientos y calidad de los cultivos que los programas solo con productos químicos ([Lorsbach et al., 2019](#)). Los beneficios adicionales incluyen la reducción o eliminación de residuos químicos, lo que facilita la exportación, lo que permite retrasar el desarrollo de resistencia de plagas y patógenos a los productos químicos y un reingreso más corto al campo, biodegradabilidad y producción utilizando materias primas agrícolas versus combustibles fósiles, y bajo riesgo para organismos no objetivos, incluidos los polinizadores ([Srinivasan et al., 2019](#)). Los aceites esenciales y extractos de algunas plantas han sido estudiados por su potencial para ser utilizados como bioplaguicidas que pueden tener efectos similares a los plaguicidas químicos con la ventaja de, la mayoría de las veces, tener una alta degradabilidad en el medio ambiente y ser relativamente seguros para las especies no objetivo.

En un estudio se evaluaron los efectos subletales del aceite esencial de clavo en el comportamiento locomotor de las mariquitas, donde el análisis de los parámetros locomotores de *Coleomegilla maculata* caminando sobre arenas completamente tratadas con aceite esencial de clavo no mostró diferencias significativas en la distancia recorrida ($P= 0,389$), el tiempo caminado ($P= 0,927$) y la velocidad promedio ($P= 0,240$) en comparación con las mariquitas en arenas no tratadas ([Toledo et al., 2020](#)).

5. Metodología

5.1. Localización del estudio

El presente estudio se desarrolló en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Loja (UNL), a 4° 02' 07" S, 79° 12' 11,2" O; la Argelia, Loja - Ecuador.

5.2. Cría de *Brevicoryne brassicae* en laboratorio

Inicialmente 100 adultos no sexados de *Brevicoryne brassicae* fueron colectados en cultivos de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) en plantaciones libres de aplicaciones de insecticidas en el área de permacultura de la Universidad Nacional de Loja (4° 02' 80.8" S, 79° 20' 02.6" O). Los áfidos colectados fueron identificados en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Loja con base en claves taxonómicas ([Blackman & Eastop, 1994](#)). Posteriormente, los pulgones *B. brassicae* fueron transferidos a plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) cultivadas en fundas de polietileno 6 x 5 cm, con sustrato (25 % arena + 75 % turba), y asistidas con fertirrigación. Estas plantas fueron ubicadas en jaulas entomológicas de 50 x 50 x 50 cm (Anexo 3), cubiertas con tela organza y mantenidas en condiciones controladas de 22 ± 3 °C y 65 ± 5 % de HR, y 12 horas luz ([Ahmed et al., 2020](#); [Pavela, 2006](#)).

5.3. Extracción de aceites esenciales

El material vegetal fue colectado en campo en donde estuvieron libres de contaminación con insecticidas. Las plantas seleccionadas fueron consideradas con base a su potencial biológico reportado en la literatura; estas especies vegetales fueron *Syzygium aromaticum*, *Ruta graveolens*, *Bursera graveolens*, *Annona cherimola*, *Ocotea quixos*, *Thymus vulgaris*, *Baccharis latifolia*, *Bixus Orellana*, *Morellia pubensis*, *Citrus limon*, *Origanum vulgare* y *Cymbopogon citratus*. La extracción de estos aceites esenciales se realizó por el método de hidrodestilación conforme descrito por [Jumbo et al. \(2022\)](#) y [Rey-Valeirón et al. \(2017\)](#), luego se almacenó en frascos ámbar sellados protegidos de la luz a 4 °C hasta ser utilizado en los bioensayos. La extracción de los aceites se realizó en el laboratorio de la Universidad Técnica Particular de Loja mediante un equipo de hidrodestilación del tipo Clevenger (Anexo 4), el tiempo de extracción fue de 3 h ([Czerniewicz et al., 2018](#)).

5.4. Screening de los aceites esenciales

La evaluación de toxicidad de los aceites esenciales se midió según lo descrito por [Toledo et al. \(2020\)](#) y [Toledo et al. \(2019\)](#) con ciertas modificaciones. Se colocaron en la base de las cajas Petri (60 mm × 15 mm) discos de papel filtro Whatman no.1 y sobre las paredes internas de las placas se usó TTPF (Politetrafluoroetileno) para evitar que los insectos trepen las paredes de las placas y eviten el contacto. La solución fue preparada con aceite esencial (2

%), agua destilada, Dimetilsulfóxido (DMSO) y Tween 20. Luego, se transfirieron 25 pulgones adultos no sexados menores a 96 h de edad a cada placa Petri; seguidamente mediante un atomizador se aplicaron 200 μ L de solución para impregnar los papeles de filtro; las cajas fueron cubiertas con film plástico perforado y se mantuvieron en ambiente controlado de $22 \pm 5^\circ\text{C}$ y $65 \pm 5\%$ de HR, junto con un fotoperíodo de 12 horas de luz ([Silva et al., 2013](#)). La mortalidad se evaluó después de 24 h del período de exposición y se consideraron muertos cuando al tocarlos con un pincel no había ninguna respuesta. Cada tratamiento se replicó cinco veces y el control consistió en DMSO, Tween 20 y agua destilada.

5.5. Bioensayo de toxicidad

Los aceites esenciales promisorios (*O. quixos* y *S. aromaticum*) fueron usados en los ensayos de toxicidad definitivos y la metodología utilizada fue similar a lo descrito anteriormente (sección 5.4). Para *O. quixos* las concentraciones evaluadas fueron 2, 5, 8, 17 y 20 μ l/ml y para *S. aromaticum* 11, 12, 13, 17 y 20 μ l/ml (Anexo 5).

5.6. Análisis químico de los aceites esenciales

La identificación de los componentes químicos se realizó solo a los aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Syzygium aromaticum*, debido a que dieron los mejores resultados en el screening, la identificación se llevó a cabo en el laboratorio de Bioquímica Aplicada de la Universidad Técnica Particular de Loja, los aceites se analizaron por Cromatografía de Gases acoplado a la Espectrometría de Masas (CG-EM), el equipo que se utilizó para hacer los respectivos análisis fue un Cromatógrafo de Gases Agilent; el equipo dispone de un sistema de datos “MSD-Chemstation D.01.00 SP1”, cuenta con un inyector automático Split/splitless en el cual las inyecciones son realizadas en las columnas capilares DB5-MS (id = 0,25 mm, longitud = 30 m, espesor = 0,25 mm) y un detector de ionización de llama (CG-FID). Las muestras fueron preparadas en viales previamente etiquetados con respecto a la muestra correspondiente, posteriormente en cada uno de los viales se colocó 10 μ L de cada aceite esencial, y 990 μ L de diclorometano, dando así una solución al 1 % (v/v). Consecutivamente se realiza la inyección de hidrocarburos (C_{10} -decano a C_{25} pentacosano), esto con el fin de determinar el índice de retención e identificación de cada uno de los compuestos presentes en la muestra, estos fueron inyectados en condiciones similares que los viales con muestras del aceite esencial. La identificación de los compuestos químicos presentes en los aceites esenciales se ejecutó a través de los índices de Retención (IR) determinados experimentalmente en las corridas cromatográficas, consecutivamente estos valores fueron debidamente comparados con los reportados por [Adams \(2017\)](#). Con base en los cromatogramas obtenidos, se tomó en consideración el tiempo de retención y el área de los picos de cada uno de los compuestos

detectados en la llama (FID) y estos se ajustaron al tiempo de retención de los compuestos identificados en masas, con ello también mencionar que se hizo uso de la ecuación que resulta de la gráfica que nos muestra la relación con los tiempos de hidrocarburos para la identificación de los compuestos a través de cromatografía de gases acoplada al detector de ionización de llama (FID) ([Jumbo et al., 2022](#); [Valarezo et al., 2021](#)).

5.7. Cría de mariquitas (*Hippodamia convergens*)

En cuanto a las mariquitas (*Hippodamia convergens*), se recolectaron adultos en campo y fueron mantenidas en condiciones de laboratorio (temperatura: 25 ± 2 °C, humedad relativa: 65 ± 5 % y fotoperiodo 12:oscuridad). Las mariquitas se mantuvieron dentro de recipientes plásticos (capacidad: 1 L) y fueron alimentados (Anexo 6) con una combinación de afidos de *B. brassicae* y una mezcla de levadura con miel de *Apis mellifera* L. (1:1) ([Toledo et al., 2019](#); [Toledo et al., 2020](#)). Se utilizó algodón empapado para el suministro de agua. En cada recipiente se utilizaron trozos de papel toalla (10 cm \times 20 cm) como sustrato para la oviposición. El alimento se sustituyó a intervalos de dos días cuando se recogieron los huevos de mariquita. Los inmaduros se individualizaron en placas Petri (60 mm \times 15 mm) para evitar el canibalismo.

5.8. Selectividad contra *Hippodamia convergens*

Grupos de mariquitas adultas de *Hippodamia convergens* fueron expuestos a concentraciones letales del aceite esencial de *O. quixos* (CL₉₅= 19,39 μ l/ml) y *S. aromaticum* (CL₉₅= 27,41 μ l/ml) previamente estimadas para *B. brassicae*. Los depredadores se colocaron en placas de Petri (9 cm de diámetro) con el fondo cubierto de papel de filtro impregnado de aceite esencial. La dilución y aplicación de los aceites esenciales siguieron los mismos procedimientos descritos anteriormente para los bioensayos de concentración-mortalidad de *B. brassicae*, con ciertas modificaciones ([Toledo et al., 2019](#); [Toledo et al., 2020](#)). Tras dejar secar al aire durante 20 minutos la placa Petri que contenía de papel de filtro impregnado, se colocaron grupos de seis mariquitas adultas <10 días de edad (Anexo 7). Se utilizó aceite esencial (2 %), agua destilada, Dimetilsulfóxido (DMSO) y Tween 20, también se implementó un tratamiento de control (agua destilada, DMSO y Tween 20). Se realizaron seis repeticiones para cada tratamiento. El tiempo de exposición fue de 24 h y las mariquitas se consideraron muertas cuando al tocarlas con un pincel no había ninguna respuesta.

5.9. Selectividad contra células FDH α

Los ensayos de viabilidad celular fueron realizados en Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad Federal de Minas Gerais, Minas Gerais - Brasil. Células FDH α (ATCC® CRL-2936) provenientes de fibroblasto humano, fueron obtenidas de "American Type Culture Collection" (Manassas, VA - USA). Las células se colocaron en placas de 96 pocillos y se

incubaron toda la noche a 37 °C. Al día siguiente se añadieron 100 µl de Triton 100X al 2% al control positivo, al control negativo y al blanco se les añadió DMEM completo, al resto de la placa se le aplicó óleo de arruda en concentraciones seriadas y la placa se incubó toda la noche a 37 °C. Transcurrido este tiempo se añadieron 100 µL de la solución colorimétrica de resazurina y las placas se incubaron a 37 °C hasta que la coloración del control negativo cambió de púrpura a rosa ([Riss et al., 2016](#)). Por último, las placas se leyeron a 570 nm en el espectrofotómetro Multiskan Go de Thermo Fisher Scientific.

La densidad utilizada en los ensayos fue de 2×10^5 células, se realizó un control positivo, un control negativo y el blanco, los ensayos se realizaron por triplicado para ambos cultivos celulares.

5.10. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en los bioensayos de concentración-respuesta de *Brevicoryne brassicae* se sometieron a un análisis Probit ([Finney, 1971](#)) utilizando el software SAS 9.2 ([Faries et al., 2010](#)). La razón de toxicidad RT_{50} de los aceites con potencial insecticida fue deducida con base en la CL_{50} previamente estimadas; $RT_{50} = CL_{50}(Ocotea quixos)/CL_{50}(Syzygium aromaticum)$ ([Robertson et al., 2017](#)). Los resultados de mortalidad en las mariquitas expuestas a concentraciones letales de los aceites esenciales fueron sometidas a un análisis krustal-Wallis test ($P < 0.05$).

6. Resultados

6.1. Screening toxicológico de aceites esenciales

La toxicidad de los aceites esenciales testados contra adultos de *Brevicoryne brassicae* después de 24 h de exposición fue dependiente de la especie vegetal. Los aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Syzygium aromaticum* fueron los más prominentes y causaron una mortalidad del 92,22 % y 87,78 % respectivamente, mientras que los aceites de *Bixus Orellana* y *Thymus vulgaris* fueron < 6 %, por lo que no resultaron tóxicos para el áfido *B. brassicae* (Figura 1).

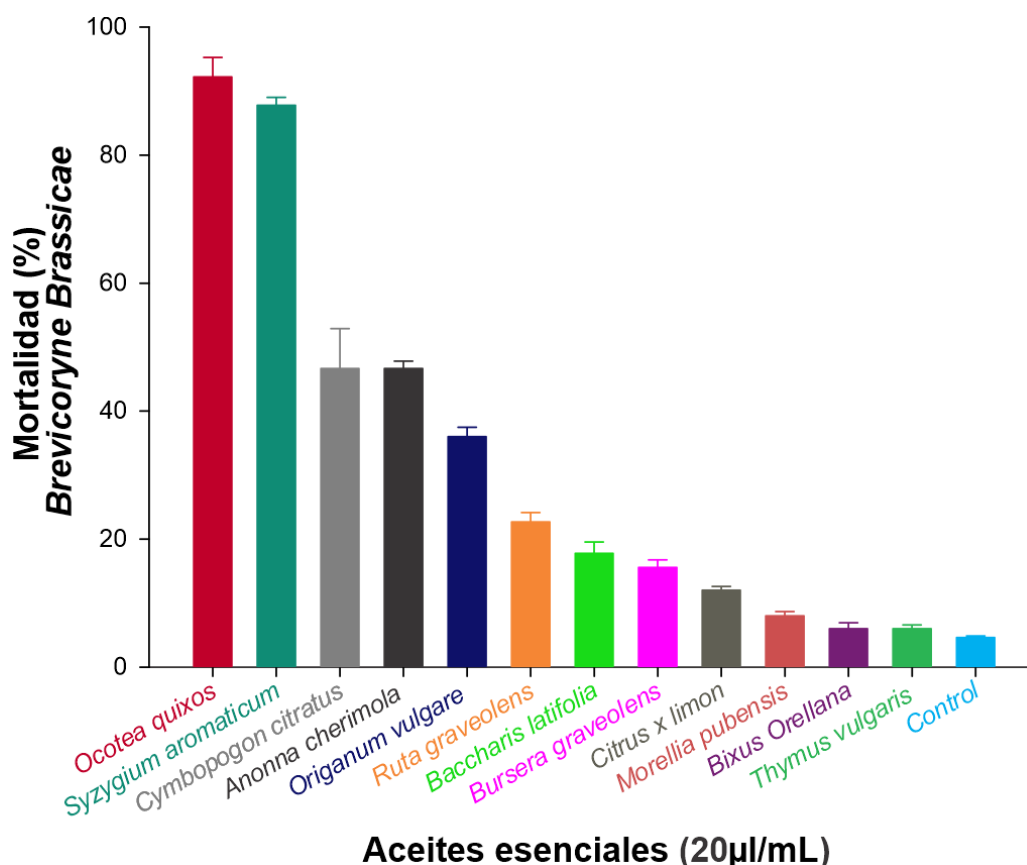


Figura 1. Screening de 13 aceites esenciales contra adultos de *Brevicoryne brassicae*, las barras representan el porcentaje de mortalidad de áfidos expuestos al 2 % de concentración y las líneas en cada barra representan la desviación estándar.

6.2. Bioensayo de toxicidad de *Syzygium aromaticum* y *Ocotea quixos*

Las curvas de concentración respuesta se ajustaron satisfactoriamente al modelo probit; las pruebas de ajuste para *Syzygium aromaticum* presenta valores $\chi^2 = 5,91$ $P = 0,11$, y $\chi^2 = 0,58$ $P = 0,90$ para *Ocotea quixos* (Tabla 1). Basado en la CL_{50} , el aceite esencial de *S. aromaticum* fue mas tóxico para adultos de *B. brassicae* que el de *O. quixos* (Figura 2).

Tabla 1. Concentraciones letales y subletales encontradas para *Brevicoryne brassicae*.

Aceite	CL	$\mu\text{l/mL}$	IC	χ^2	P	RT ₅₀
<i>Syzygium aromaticum</i>	CL ₂₅	4,33	3,80 - 4,84	5,91	0,11	1,65
	CL ₅₀	7,41	6,77 - 8,08			
	CL ₇₅	12,67	11,52 - 14,13			
	CL ₉₅	27,41	23,44 - 33,31			
<i>Ocotea quixos</i>	CL ₂₅	10,10	9,59 - 10,51	0,58	0,90	
	CL ₅₀	12,20	11,85 - 12,54			
	CL ₇₅	14,76	14,32 - 15,29			
	CL ₉₅	19,39	18,32 - 20,87			

CL = concentración letal; IC = Intervalo de confianza; RT = Razón de toxicidad.

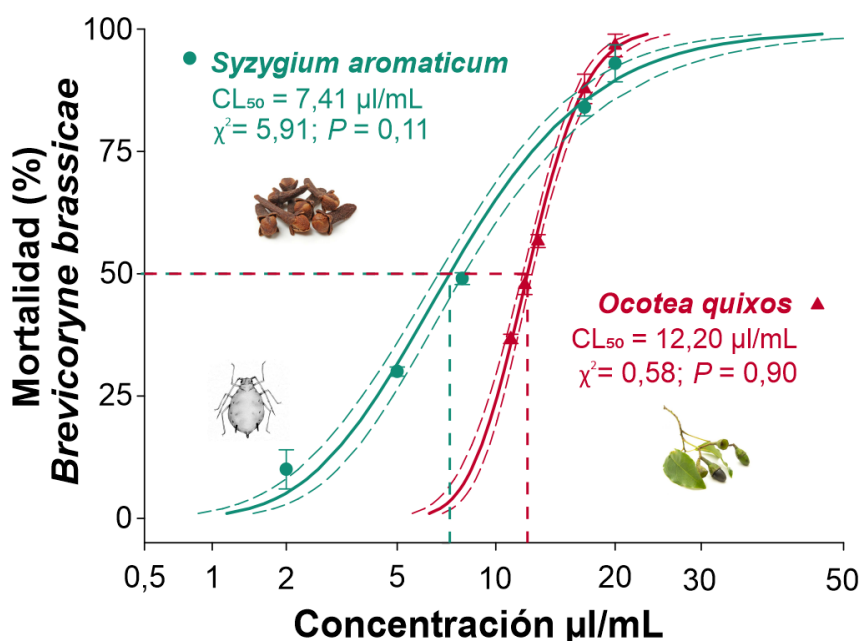


Figura 2. Toxicidad de *Syzygium aromaticum* y *Ocotea quixos* para *Brevicoryne brassicae* con intervalos de confianza del 95 %. Líneas enteras representan los valores estimados de concentración letal (CL).

6.3. Análisis químico de los aceites esenciales

La composición química de los aceites de *Syzygium aromaticum* y *Ocotea quixos* son presentados en la Tabla 2. Mediante el análisis CG-EM se identificaron siete constituyentes químicos que representan el 98,66 % del aceite esencial de *S. aromaticum*, destacándose el Eugenol (75,28 %) y el Acetato de eugenol (15,62 %) como compuestos mayoritarios. Así mismo, el aceite de *O. quixos* posee el (E)- β -Cariofileno (19,32 %), (E)-Acetato de cinamilo (17,11 %), (E)-Cinamato de metilo (11,39 %) y β -Selineno (7,01 %) como principales componentes.

Tabla 2. Composición química de los aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Syzygium aromaticum*.

Aceite esencial	CN	Compuesto	RIC	RIL	Media	SD
<i>Syzygium aromaticum</i>	1	Eugenol	1361	1356	75,28	0,25
	2	Copaeno < α ->	1372	1374	0,22	0,01
	3	Cariofileno <(E)->	1415	1417	7,44	0,06
	4	Humuleno < α ->	1452	1452	0,91	0,059
	5	Acetato de eugenol	1522	1521	15,62	0,01
	6	Óxido de cariofileno	1580	1582	0,41	0,01
	7	Globulol	1589	1590	0,03	0
Total identificado					99,91	
<i>Ocotea quixos</i>	1	α -Thujene	923	924	0,66	0,05
	2	α -Pino	932	932	1,9	0,13
	3	Canfeno	947	946	0,05	0
	4	Sabineno	968	969	0,17	0,01
	4	β -Pino	973	974	1,51	0,11
	5	Limoneno	1023	1024	0,56	0,04
	6	1,8-Cineol	1025	1026	1,01	0,07
	7	Linalol	1093	1095	0,23	0,02
	8	Terpineno-4-ol	1172	1174	0,08	0,01
	9	α -Terpineol	1189	1186	0,26	0,02
	10	(E)-Cinamaldehído	1268	1267	4,33	0,3
	12	(E)-Cinamato de metilo	1376	1376	11,39	0,8
	13	(Z)-Acetato de cinamilo	1388	1388	0,44	0,03
	14	α -cis-Bergamoteno	1410	1411	0,32	0,02
	15	(E)-β-Cariofileno	1415	1417	19,32	1,35
	16	α-Guaiene	1435	1437	0,57	0,04
	17	6,9-Guayadieno	1442	1442	3,23	0,23
	18	(E)-Acetato de cinamilo	1445	1443	17,11	1,2
	19	trans-Cadina-1(6),4-dieno	1475	1475	0,48	0,03
	20	β -Chamigreno	1478	1476	0,38	0,03
	21	β -Selineno	1489	1489	7,01	0,49
	22	Viridifloreño (=Ledeno)	1492	1496	0,76	0,05
	23	Biciclogermaceno	1496	1500	4,18	0,29
	24	Propanoato de anisilo	1510	1511	5,2	0,36
	25	δ -Amorfeno	1511	1511	0,57	0,04
	26	7-epi- α -Selineno	1520	1520	2,55	0,18
	27	(E)- γ -Bisaboleno	1527	1529	2,34	0,16
Total identificado					98,66	

RIC= Índice de retención calculado; RIL= Índice de retención de la literatura; SD= Desviación estándar

6.4. Efecto de bioinsecticidas en organismos no objetivo.

6.4.1. Selectividad en *Hippodamia convergens*

La mariquita predadora (*Hippodamia convergens*) fue afectada negativamente cuando estuvo expuesta a $CL_{95} = 19,39 \mu\text{l/mL}$ de aceite esencial de *O. quixos* ($P = 0.028$) (Figura 3A) y $CL_{95} = 27,41 \mu\text{l/mL}$ de *S. aromaticum* ($P = 0.011$) (Figura 3B), en dosis previamente estimadas para *B. brassicae*.

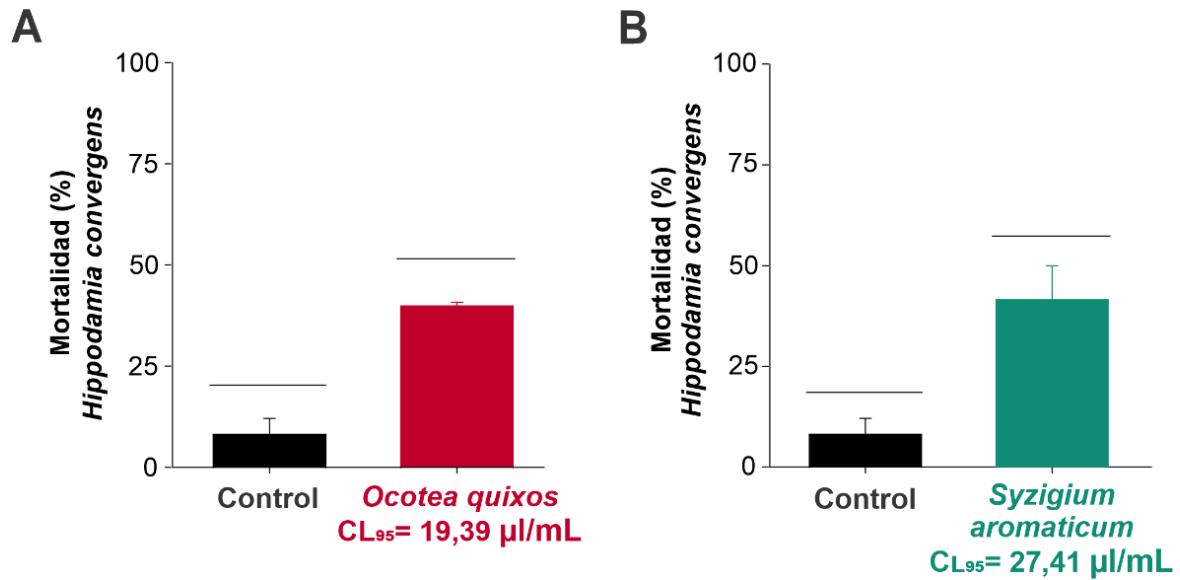


Figura 3. Mortalidad del predador adulto *Hippodamia convergens* expuesto a una dosis letal de aceite esencial de *Ocotea quixos* (A) y *Syzygium aromaticum* (B) estimada para *Brevicoryne brassicae*. Líneas sobre las barras en diferente nivel significa diferencias de acuerdo a Kruskal-wallis test ($P < 0.05$).

6.4.2. Selectividad de células humanas HDFa

Las células humanas HDFa expuestas a una dosis letal de aceite esencial de *O. quixos* $CL_{95} = 19,39$ fue afectada negativamente a dosis previamente estimadas para *B. brassicae*.

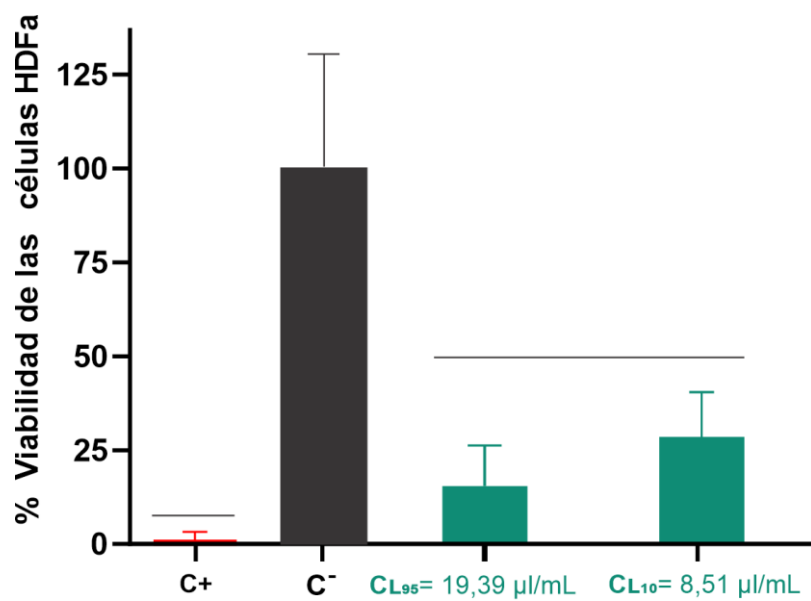


Figura 4. Selectividad en células humanas HDFa expuestas a una dosis letal (CL₉₅) y subletal (CL₁₀) de aceite esencial de *Ocotea quixos*.

7. Discusión

Los aceites esenciales y extractos de algunas plantas han sido estudiados por su potencial para ser utilizados como bioplaguicidas en programas de Manejo Integrado de Plagas, al ser relativamente seguros para los organismos no objetivos. El presente estudio demostró que el aceite esencial de *Ocotea quixos* con (E)- β -Cariofileno y (E)-Acetato de cinamilo como compuestos mayoritarios, y *Sizigium aromaticum* con eugenol y el acetato de eugenol como compuestos principales poseen toxicidad para el pulgón cenizo de las Brassicaceas (*B. brassicae*). Además fue determinado que los aceites esenciales de *O. quixos* y *Sizigium aromaticum* presentan selectividad moderada a la mariquita predadora *Hippodamia convergens*.

El efecto tóxico de los aceites esenciales a insectos plaga es debido a que estos productos son mezclas de moléculas naturales muy complejas de entre 20 y 60 componentes. Sin embargo, solamente entre dos o tres compuestos son los principales y se encuentran en concentraciones elevadas (20–70 %) ([Mssillou et al., 2022](#)). Coincidiendo con el presente estudio fue reportado que el aceite esencial de *O. quixos* “ishpingo” contiene al sesquiterpeno (E)- β -Cariofileno como su principal compuesto ([Noriega & Dacarro, 2008](#); [Sacchetti et al., 2006](#); [Wan Mohd Nuzul Hakimi Wan Salleh, 2017](#)). Similarmente, en otras investigaciones con plantas del género *Ocotea* (*O. nigrescens*, *O. splendens* y *O. macrophylla*) el (E)- β -Cariofileno fue el componente principal ([Passos et al., 2022](#); [Wan Mohd Nuzul Hakimi Wan Salleh, 2017](#); [Yamaguchi et al., 2013](#)). Por otro lado, el porcentaje de los compuestos mayoritarios en *O. quixos* también fue reportado; así [Valarezo et al. \(2021\)](#) reportó a (E)-Acetato de cinamilo (E)-Cinamato de metilo y (E)- β -Cariofileno como principales compuestos y [Scalvenzi et al. \(2016\)](#) registró el trans-cinamaldehído, el trans-metiliseugenol y el (E)- β -Cariofileno como los componentes más abundantes, trans-cariofileno, α -humuleno, copaeno y óxido de cariofileno ([Noriega et al., 2018](#)). Todo esto significa que las proporciones de los compuestos presentes en un aceite esencial pueden ser dependientes tanto de factores bióticos como abióticos, y esta alternancia es más común entre los compuestos mayoritarios.

La composición química del aceite esencial de *S. aromaticum* muestra que el eugenol y acetato de eugenol son los principales componentes, concordando con otros estudios que reportaron al eugenol como compuesto mayoritario ([Amelia et al., 2017](#); [Cassiana Frohlich et al., 2022](#); [El Faqer et al., 2022](#); [Khan et al., 2022](#); [Miyoshi et al., 2022](#); [Nollet & Rathore, 2017](#); [Sulistyoningrum et al., 2017](#); [Tambe & Gotmare, 2021](#); [Viteri Jumbo et al., 2018](#); [Yeddes et al., 2022](#)). Sin embargo, [Obloh et al. \(2015\)](#) reveló la presencia de β -pinene y como componente principal en el aceite esencial de *S. aromaticum*. Es conocido que el polimorfismo químico de

aceites esenciales puede variar cualitativa y cuantitativamente según el órgano de la planta, edad, ciclo vegetativo, factores genéticos, condiciones ecológicas y ambientales, y los métodos de extracción ([Bakkali et al., 2008](#); [Rosa et al., 2016](#); [Sacchetti et al., 2006](#))

Los aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Sizigium aromaticum* aquí evaluados mostraron actividad insecticida para el pulgón cenizo *Brevicoryne brassicae*. El aceite esencial proveniente de plantas del género *Ocotea* ha sido reportado como tóxico para larvas de *Aedes aegypti* ([Machado et al., 2023](#)). Esta actividad insecticida de *Ocotea quixos* puede ser atribuida a sus principales compuestos, así estudios previos han demostrado toxicidad en *Spodoptera frugiperda* ([Negri et al., 2019](#)), *Aedes aegypti* ([ACIOLE et al., 2011](#); [Cruz et al., 2020](#)), *Lasioderma serricorne* ([Zhou et al., 2018](#)) y *Bemisia tabaci* ([Hyder et al., 2022](#)) a (E)- β -Cariofileno, en *Frankliniella intonsa* ([Yang et al., 2022](#)) al (E)-Acetato de cinamilo, y en *Rhodnius nasutus* ([Dam & Van, 2022](#); [Van et al., 2021](#)) por parte de (E)-Cinamato de metilo.

Similarmente, la actividad tóxica en insectos del aceite esencial de *S. aromaticum* ha sido demostrada para áfidos en previos reportes ([Budiman et al., 2022](#); [Toledo et al., 2020](#)). Los compuestos mayoritarios de este aceite esencial han demostrado tener efectos biológicos en insectos, así lo demuestran ensayos de toxicidad para *Reticulitermes speratus* ([Park & Shin, 2005](#)), *Trialeurodes vaporariorum* ([Aguilar-Astudillo et al., 2020](#)), *Anopheles stephensi* ([Sheikh et al., 2021](#)), *Tribolium castaneum* y *Blattodea* sp ([Abo-El-Saad et al., 2011](#); [Kafle & Chinkangsadarn, 2022](#)); el eugenol fue tóxico para *Solenopsis invicta* ([Kafle & Shih, 2013](#)), *Cacopsylla chinensis* ([Tian et al., 2015](#)), *Vespa pensylvanica* y *Polistes dominulus* ([Zhang et al., 2013](#)), mientras que *Aedes aegypti* ([Schalcher Pereira et al., 2014](#)) y *Spodoptera frugiperda* ([Vargas-Méndez et al., 2019](#)) fueron afectados por Acetado de eugenol.

Aunque en el presente estudio no fueron investigados los sitios de acción de los aceites esenciales aquí estudiados, estudios previos mostraron acciones neurotóxicas cuando fueron expuestos a estas biomoléculas ([Jankowska et al., 2017](#); [Liao et al., 2017](#); [Mattar et al., 2022](#); [Mattar et al., 2023](#); [Tine-Djebbar et al., 2021](#)). Un ensayo *in vitro* reveló que el extracto de *Ocotea* sp. inhibe la actividad de la acetilcolinesterasa ([Reis et al., 2022](#)), y el eugenol ha sido considerado disruptor de la transmisión octopaminérgica ([Enan, 2001](#)) en el sistema nervioso de los insectos *Aphis fabae*, *Brevicoryne brassicae* ([Hasanshahi et al., 2016](#)) y *Sitophilus zeamais* ([Sousa et al., 2023](#)). En estudios mediante el uso de enfoques toxicológicos e *in silico* [Toledo et al. \(2020\)](#) mostraron que los receptores de ácido γ -aminobutírico (GABA) y octopamina del pulgón *Ropalosiphum maidis*, así como los canales de potencial receptor transitorio (TRP), exhiben interacciones relevantes tanto con el eugenol como con el (E)- β -Cariofileno.

Aunque los aceites esenciales de *O. quixos* y *S. aromaticum* presentan un alto potencial tóxico para adultos de pulgón *B. brassicae*, estos productos presentaron selectividad moderada para el principal enemigo natural, la mariquita *Hippodamia convergen*, concordando con estudios que revelan que los depredadores de coccinélidos también fueron muy susceptibles a los vapores del aceite esencial de *Ocimum basilicum* ((E)- β -Cariofileno) ([Kimbaris et al., 2010](#)). Por otro lado [Toledo et al. \(2020\)](#) reportó que la mariquita *Coleomegilla maculata* fue tolerante al aceite esencial de clavo con eugenol y (E)- β -Cariofileno como sus componentes principales. Otros estudios indican que el aceite esencial de *S. aromaticum* presenta toxicidad de baja a moderada en organismos no objetivo ([Assadpour et al., 2023](#); [Ferraz et al., 2022](#); [Thanigaivel et al., 2017](#); [Yogarajalakshmi et al., 2020](#)), incluyendo a lombrices de tierra ([Dinesh-Kumar et al., 2018](#); [Vasanth-Srinivasan et al., 2018](#)).

Este estudio demostró que los efectos neuroprotectores del (E)- β -Cariofileno en modelos de enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Parkinson (EP), la enfermedad de Alzheimer (EA) y la enfermedad de Huntington (EH) han sido poco explorados. El compuesto beta-cariofileno por sí solo se ha asociado a una actividad antiinflamatoria, antibacteriana y antiedémica. El beta-cariofileno es un fitocannabinoide que actúa selectivamente sobre el receptor cannabinoide-2 (CB2), y su efecto analgésico sobre el dolor neuroopático ha sido demostrado en ratones ([Ferreira, 2014](#); [Garcia & Yamaguchi, 2012](#)).

8. Conclusiones

En nuestro estudio los aceites esenciales de *Syzygium aromaticum* y *Ocotea quixos* son tóxicos para adultos de *Brevicoryne brassicae* en condiciones de laboratorio.

Syzygium aromaticum y *Ocotea quixos* poseen como compuestos mayoritarios a eugenol y acetato de eugenol; (*E*)- β -Cariofileno, (*E*)-acetato de cinamilo y (*E*)-Cinamato de metilo respectivamente.

Los aceites esenciales de *Syzygium aromaticum* y *Ocotea quixos* son medianamente selectivos para adultos de *Hippodamia convergens*. Los aceites esenciales de *Syzygium aromaticum* y *Ocotea quixos* son moderadamente selectivos para adultos de *Hippodamia convergens*. sin embargo, en células humanas HDF α *O. quixos* no es selectiva.

9. Recomendaciones

Se recomienda que en los futuros estudios se evalúe el comportamiento tanto del pulgón como de los organismos no objetivo después de la aplicación del aceite esencial.

Se sugiere probar las concentraciones de *Syzygium aromaticum* y *Ocotea quixos* en otros organismos no objetivos.

10. Bibliografía

- Abbas, K., Zaib, M. S., Zakria, M., Hani, U.-e., Zaka, S. M., & Ane, M. N.-u. (2020). *Cheilomenes sexmaculata* (Coccinellidae: Coleoptera) as a potential biocontrol agent for aphids based on age-stage, two-sex life table. *PloS one*, *15*(9), e0228367. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228367>
- Abo-El-Saad, M., Ajlan, A., Al-Eid, M., & Bou-Khowh, I. (2011). Repellent and Fumigant Effects of essential oil from clove buds *Syzygium aromaticum* L. against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Agricultural Science and Technology* *AI*(4): 613-620. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0925-5214\(94\)90019-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0925-5214(94)90019-1)
- ACIOLE, S. D. G., PICCOLI, C. F., DUQUE L., J. E., COSTA, E. V., NAVARRO-SILVA, M. A., MARQUES, F. A., . . . REBELO, M. T. (2011). Insecticidal activity of three species of Guatteria (Annonaceae) against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Revista Colombiana de Entomología*, *37*, 262-268. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882011000200018&nrm=iso
- Adams, R. P. (2017). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. 5 online ed. Texensis Publishing.
- Aguilar-Astudillo, E., Rodríguez-Hernández, C., Bravo-Mojica, H., Soto-Hernández, R. M., Bautista-Martínez, N., & Guevara-Hernández, F. (2020). Repellency of adults of whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Heteroptera: Aleyrodidae) with clove and piper. *Revista Colombiana de Entomología*, *46*(2), e7520. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i2.7520>
- Ahmed, M., Peiwen, Q., Gu, Z., Liu, Y., Sikandar, A., Hussain, D., . . . Ji, M. (2020). Insecticidal activity and biochemical composition of *Citrullus colocynthis*, *Cannabis indica* and *Artemisia argyi* extracts against cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). *Scientific Reports*, *10*(1), 522. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57092-5>
- Amelia, B., Saepudin, E., Herry, C., Rahayu, D. U. C., Sulistyoningrum, A., & Haib, J. (2017). *GC-MS analysis of clove (Syzygium aromaticum) bud essential oil from Java and Manado* (Vol. 1862). <https://doi.org/10.1063/1.4991186>
- Anthon, E. W. (1955). Evidence for green peach aphid resistance to organo-phosphorous insecticides. *Journal of Economic Entomology*, *48*(1), 56-57. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jee/48.1.56>
- Anzabi, S. H. M., Eivazi, A., Zargaran, M. R., & Gasemi-Kahrizeh, A. (2014). Effect of seven canola genotypes on cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* growth parameters. *Romanian Agriculture Research*, *31*, 75-80.
- Arshad, M., Ullah, M. I., Shahid, U., Tahir, M., Khan, M. I., Rizwan, M., . . . Niaz, M. M. (2020). Life table and demographic parameters of the coccinellid predatory species,

- Hippodamia convergens* Guérin-Méneville (Coleoptera: Coccinellidae) when fed on two aphid species. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 79. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00280-7>
- Assadpour, E., Can Karaça, A., Fasamanesh, M., Mahdavi, S. A., Shariat-Alavi, M., Feng, J., . . . Jafari, S. M. (2023). Application of essential oils as natural biopesticides; recent advances. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2170317>
- 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>
- Bass, C., Puinean, A. M., Zimmer, C. T., Denholm, I., Field, L. M., Foster, S. P., . . . Williamson, M. S. (2014). The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 51, 41-51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.05.003>
- Benelli, G., Pavela, R., Lupidi, G., Nabissi, M., Petrelli, R., Ngahang Kamte, S. L., . . . Maggi, F. (2018). The crop-residue of fiber hemp cv. Futura 75: from a waste product to a source of botanical insecticides. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 10515-10525. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0635-5>
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (1994). *Aphids on the world's trees: an identification and information guide*. Cab International.
- Botti, J. M. C., Holtz, A. M., de Paulo, H. H., Franzin, M. L., Pratisoli, D., & Pires, A. A. (2015). Controle alternativo do *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) com extratos de diferentes espécies de plantas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10(2), 178-183. <https://doi.org/10.5039/agraria.v10i2a3520>
- Budiman, B., Ishak, H., S, S., Ibrahim, E., Yudhastuti, R., Maidin, A., . . . Mallongi, A. (2022). Effectiveness of Clove Oil (*Syzygium aromaticum*) as Biolarvacide of *Aedes aegypti*. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 15, 2287-2292. <https://doi.org/10.13005/bpj/2566>
- Cabrera, Y. P. T., Benítez, N. P., & Stashenko, E. E. (2022). Actividad repelente e insecticida de dos aceites esenciales de Piper del Nor-Occidente del Pacífico Colombiano. *REVISTA DE LA ASOCIACION COLOMBIANA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS*, 1(34), 59-67. <https://doi.org/https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i34.263>
- Cadillo, A. V., Apfata, N. V., & Porrás, R. S. (2021, 2021-08-25). Eficacia del aceite de neem, aceite de eucalipto y caolín en el control biológico de *Brevicoryne brassicae*. *Agroindustrial Science*, 11(2), 185-192. <https://doi.org/https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.08>

- Canassa, V. F., Baldin, E. L. L., Lourenção, A. L., Barros, D. R. P., Lopes, N. P., & Sartori, M. M. P. (2020). Feeding behavior of *Brevicoryne brassicae* in resistant and susceptible collard greens genotypes: interactions among morphological and chemical factors. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 168(3), 228-239. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/eea.12897>
- Cassiana Frohlich, P., Andressa Santos, K., Din Mahmud Hasan, S., & Antônio da Silva, E. (2022). Evaluation of the ethanolic ultrasound-assisted extraction from clove (*Syzygium aromaticum*) leaves and chemical characterization of the extracts. *Food chemistry*, 373, 131351. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131351>
- Castresan, J. E., Rosenbaum, J., & González, L. A. (2013). Estudio de la efectividad de tres aceites esenciales para el control de áfidos en pimiento, *Capsicum annuum* L. *Idesia (Arica)*, 31, 49-58. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292013000300007>
- Chandler, D., Bailey, A. S., Tatchell, G. M., Davidson, G., Greaves, J., & Grant, W. P. (2011). The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1573), 1987-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0390>
- Cruz, R. C. D. d., Carvalho, K. d. S., Costa, R. J. O., Silva, P. A. d., Silva, S. L. d. C. e., Gualberto, S. A., . . . Souza, I. A. d. (2020). Phytochemical and toxicological evaluation of a blend of essential oils of Croton species on *Aedes aegypti* and *Mus musculus*. *South African Journal of Botany*, 132, 188-195. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.03.040>
- 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>
- Dáder, B., Then, C., Berthelot, E., Ducouso, M., Ng, J. C., & Drucker, M. (2017). Insect transmission of plant viruses: Multilayered interactions optimize viral propagation. *Insect Science*, 24(6), 929-946. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12470>
- Dam, S. M., & Van, H. T. (2022). Chemical profiles and biological activities of essential oils of *Arisaema* and *Homalomena* species (Araceae) – A review. *Journal of Phytochemistry*, 14, 41-49. <https://doi.org/10.25081/jp.2022.v14.7444>
- Dinesh-Kumar, A., Srimaan, E., Chellappandian, M., Vasantha-Srinivasan, P., Karthi, S., Thanigaivel, A., . . . Senthil-Nathan, S. (2018). Target and non-target response of *Swietenia Mahagoni* Jacq. chemical constituents against tobacco cutworm *Spodoptera litura* Fab. and earthworm, *Eudrilus eugeniae* Kinb. *Chemosphere*, 199, 35-43. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.01.130>
- Dixon, A. F. G., & Dixon, A. E. (2000). *Insect predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control*. Cambridge University Press.

- El Faqer, O., Bendar, S., Rais, S., Elkoraichi, I., Dakir, M., Elouaddari, A., . . . Mtairag, E. M. (2022). Phytochemical characterization and immunomodulatory effects of aqueous, ethanolic extracts and essential oil of *Syzygium aromaticum* L. on human neutrophils. *Scientific African*, 18, e01395. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01395>
- Enan, E. (2001). Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol*, 130(3), 325-337. [https://doi.org/10.1016/s1532-0456\(01\)00255-1](https://doi.org/10.1016/s1532-0456(01)00255-1)
- Esteves, R. S., Apolinário, R., Machado, F. P., Folly, D., Viana, V. C. R., Soares, A. P., . . . Rocha, L. (2023). Insecticidal activity evaluation of *Persea venosa* Nees & Mart. essential oil and its nanoemulsion against the cotton stainer bug *Dysdercus peruvianus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae) and pollinator bees. *Industrial Crops and Products*, 194, 116348. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116348>
- Faries, D. E., Leon, A. C., Haro, J. M., & Obenchain, R. L. (2010). *Analysis of Observational Health Care Data Using SAS* (First ed.). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/5854/1/Faries> Douglas.pdf
- Feldhaar, H., & Otti, O. (2020). Pollutants and their interaction with diseases of social Hymenoptera. *Insects*, 11(3), 153. <https://doi.org/10.3390/insects11030153>
- Ferraz, C. A., Pastorinho, M. R., Palmeira-de-Oliveira, A., & Sousa, A. C. A. (2022). Ecotoxicity of plant extracts and essential oils: A review. *Environmental Pollution*, 292, 118319. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118319>
- Ferreira, D. A. S. (2014). *Avaliação do efeito protetor do (E)- β -Cariofileno em modelos celulares de doenças neurodegenerativas* Universidade de São Paulo].
- Fidelis, E. G., Santos, A. A., Sousa, F. F., Silva, R. S. d., Dângelo, R. A. C., & Picanço, M. C. (2018). Predation is the key mortality factor for *Brevicoryne brassicae* in cabbage crops. *Biocontrol Science and Technology*, 28(12), 1164-1177. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1516735>
- Figuroa, A., Castro, E., & Salazar, H. (2019). EFECTO BIOPLAGUICIDA DE EXTRACTOS VEGETALES PARA EL CONTROL DE *Spodoptera frugiperda* EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*). *Acta Biológica Colombiana*, 24, 32-49. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/abc.v24n1.69333>
- Finney, D. J. (1971). *Probit Analysis* (Vol. 32).
- Fozia, B., & Azim, M. (2013). Effects of host plants on the biology of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). *Journal of Entomological Research*, 37(1), 83-85.
- Garcia, R. F., & Yamaguchi, M. H. (2012). Óleo de copaíba e suas propriedades medicinais: revisão bibliográfica. *Saúde e Pesquisa*, 5(1).

- Gay, H. (2012). Before and After Silent Spring: From Chemical Pesticides to Biological Control and Integrated Pest Management — Britain, 1945–1980. *Ambix*, 59(2), 88-108. <https://doi.org/10.1179/174582312X13345259995930>
- Gonzalez, M. S., Lima, B. G., Oliveira, A. F. R., Nunes, D. D., Fernandes, C. P., Santos, M. G., . . . Feder, D. (2014). Effects of essential oil from leaves of *Eugenia sulcata* on the development of agricultural pest insects. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 24(4), 413-418. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.05.003>
- Guedes, R. N. C., Smagghe, G., Stark, J. D., & Desneux, N. (2016). Pesticide-Induced Stress in Arthropod Pests for Optimized Integrated Pest Management Programs. *Annual Review of Entomology*, 61(1), 43-62. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023646>
- Haddi, K., Jumbo, L., Costa, M., Santos, M., Faroni, L., Serrão, J., & Oliveira, E. (2018). Changes in the insecticide susceptibility and physiological tradeoffs associated with a host change in the bean weevil *Acanthoscelides obtectus*. *Journal of Pest Science*, 91, 459-468. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0860-1>
- Harsimran, K. G., Harsh, G., & Jennifer, G.-K. (2019). *Cabbage aphid - Brevicoryne brassicae Linnaeus*. Departamento de Entomología y Nematología, Universidad de Florida. https://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/aphid/cabbage_aphid.htm
- Hasanshahi, G., Abbasipour, H., Jahan, F., Askarianzadeh, A., Karimi, J., & Rastegar, F. (2016). Fumigant Toxicity and Nymph Production Deterrence Effect of Three Essential Oils Against Two Aphid Species in the Laboratory Condition. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(3), 706-711. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.977570>
- Hyder, M., Li, Y., Wang, M., Mao, J., Mari, J. M., Bukero, A., . . . Zhang, L. (2022). Insecticidal activity, Chemical Constituents of *Trachyspermum ammi*, *Withania coagulans* and *Murraya koenigii* ethanloic extracts against *Bemisia tabaci*. *Braz J Biol*, 84, e260298. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.260298>
- Ikbāl, 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>
- INTAGRI. (2017). *Manejo Integrado del Pulgón del Repollo*. Retrieved 13/07/2022 from <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-del-pulgon-del-repollo>
- Isman, M., & Tak, J. (2017). Inhibition of acetylcholinesterase by essential oils and monoterpenoids: a relevant mode of action for insecticidal essential oils. *Biopesticides Int*, 13, 71-78.
- Isman, M. B. (2005). BOTANICAL INSECTICIDES, DETERRENTS, AND REPELLENTS IN MODERN AGRICULTURE AND AN INCREASINGLY REGULATED WORLD.

- Annual Review of Entomology*, 51(1), 45-66.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Isman, M. B. (2017). Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. *Industrial Crops and Products*, 110, 10-14.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.012>
- 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>
- Jahan, F., Abbasipour, H., Askarianzadeh, A., Hassanshahi, G., & Saeedizadeh, A. (2014). Biology and Life Table Parameters of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) on Cauliflower Cultivars. *Journal of Insect Science*, 14(1), 284.
<https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu146>
- Jankowska, M., Rogalska, J., Wyszowska, J., & Stankiewicz, M. (2017). Molecular Targets for Components of Essential Oils in the Insect Nervous System-A Review. *Molecules*, 23(1). <https://doi.org/10.3390/molecules23010034>
- Jumbo, L. O. V., 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>
- Kafle, L., & Chinkangsadarn, S. (2022). Chapter 19 - Clove and its constituents against urban pests: Examples from ants and cockroaches. In M. F. Ramadan (Ed.), *Clove (Syzygium aromaticum)* (pp. 335-345). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85177-0.00026-4>
- Kafle, L., & Shih, C. J. (2013). Toxicity and Repellency of Compounds From Clove (*Syzygium aromaticum*) to Red Imported Fire Ants *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(1), 131-135. <https://doi.org/10.1603/ec12230>
- Karazmoodeh, E., & Zandi, P. (2013). Population Abundance of Cabbage Aphid (*Brevicoryne Brassicae* L.) On The Most Commonly Cultivated Rapeseed Varieties in Guilan at Two Growth Stages. *ASIAN J. EXP. BIOL. SCI.*, Vol4, 21-27.
- Khan, M. K., Hassan, S., Imran, M., & Ahmad, M. H. (2022). Chapter 22 - Extraction of bioactive compounds from clove (*Syzygium aromaticum*). In M. F. Ramadan (Ed.), *Clove (Syzygium aromaticum)* (pp. 405-417). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85177-0.00010-0>

- Khanavi, M., Laghaei, P., & Isman, M. B. (2017). Essential oil composition of three native Persian plants and their inhibitory effects in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(4), 1234-1240. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.08.028>.
- Kimbaris, A. C., Papachristos, D. P., Michaelakis, A., Martinou, A. F., & Polissiou, M. G. (2010). Toxicity of plant essential oil vapours to aphid pests and their coccinellid predators. *Biocontrol Science and Technology*, 20(4), 411-422. <https://doi.org/10.1080/09583150903569407>
- Lashkari, M. R., Sahragard, A., & Ghadamyari, M. (2007). Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brassica napus* L. *Insect Science*, 14(3), 207-212. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00145.x>
- Lavoir, A.-V., Michel, T., Poëssel, J.-L., & Siegwart, M. (2022). Challenges in Developing Botanical Biopesticides for Pest Control. In *Extended Biocontrol* (pp. 161-170). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-024-2150-7_14
- Liao, M., Xiao, J. J., Zhou, L. J., Yao, X., Tang, F., Hua, R. M., . . . Cao, H. Q. (2017). Chemical composition, insecticidal and biochemical effects of *Melaleuca alternifolia* essential oil on the *Helicoverpa armigera*. *Journal of Applied Entomology*, 141(9), 721-728. <https://doi.org/10.1111/jen.12397>
- Lorsbach, B. A., Sparks, T. C., Cicchillo, R. M., Garizi, N. V., Hahn, D. R., & Meyer, K. G. (2019). Natural products: a strategic lead generation approach in crop protection discovery [<https://doi.org/10.1002/ps.5350>]. *Pest Management Science*, 75(9), 2301-2309. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.5350>
- Machado, F. P., Folly, D., Salas Enriquez, J. J., Mello, C. B., Esteves, R., Araújo, R. S., . . . Rocha, L. (2023). Nanoemulsion of *Ocotea indecora* (Shott) Mez essential oil: Larvicidal effects against *Aedes aegypti*. *Industrial Crops and Products*, 192, 116031. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116031>
- Mattar, V. T., Borioni, J. L., Hollmann, A., & Rodriguez, S. A. (2022). Insecticidal activity of the essential oil of *Schinus areira* against *Rhipibruchus picturatus* (F.) (Coleoptera: Bruchinae), and its inhibitory effects on acetylcholinesterase. *Pesticide Biochem Physiol*, 185, 105134. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2022.105134>
- Mattar, V. T., de Almeida Chaves, D. S., Hollmann, A., & Rodriguez, S. A. (2023). Toxicity and Repellency of the Volatile Oils from *Aloysia polystachya* Against *Rhipibruchus picturatus* (Coleoptera: Bruchinae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*. <https://doi.org/10.1007/s43450-023-00400-y>
- Miyoshi, J. H., Castro, J. C., Fenelon, V. C., Garcia, F. P., Nakamura, C. V., Nogueira, A. C., . . . Matioli, G. (2022). Essential oil characterization of *Ocimum basilicum* and *Syzygium aromaticum* free and complexed with β -cyclodextrin. Determination of its antioxidant,

- antimicrobial, and antitumoral activities. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 102(1), 117-132. <https://doi.org/10.1007/s10847-021-01107-0>
- Moorthy, P. N. K., Prasannakumar, N. R., Mani, M., Saroja, S., & Ranganath, H. R. (2022). Pests and Their Management in Cruciferous Vegetables. In M. Mani (Ed.), *Trends in Horticultural Entomology* (pp. 997-1011). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0343-4_41
- Moura, W. S., Oliveira, E. E., Haddi, K., Corrêa, R. F. T., Piau, T. B., Moura, D. S., . . . Aguiar, R. W. S. (2021). Cassava starch-based essential oil microparticles preparations: Functionalities in mosquito control and selectivity against non-target organisms. *Industrial Crops and Products*, 162, 113289. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113289>
- Mssillou, I., Saghrouchni, H., Saber, M., Zannou, A. J., Balahbib, A., Bouyahya, A., . . . Derwich, E. (2022). Efficacy and role of essential oils as bio-insecticide against the pulse beetle *Callosobruchus maculatus* (F.) in post-harvest crops. *Industrial Crops and Products*, 189, 115786. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115786>
- Negrini, M., Fidelis, E., Schurt, D., Silva, F., Pereira, R., & Bizzo, H. (2019). Insecticidal activity of essential oils in controlling fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Arquivos do Instituto Biológico*, 86. <https://doi.org/10.1590/1808-1657001112018>
- Nollet, L. M., & Rathore, H. S. (2017). *Green pesticides handbook: Essential oils for pest control*. CRC Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781315153131>
- Noriega, P., & Dacarro, C. (2008). Aceite foliar de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.: actividad antimicrobiana y antifúngica. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 7(1), 3-8. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047391002> (IN FILE)
- Noriega, P., Uría, L., Ronquillo, C., Galarza, C., & Martínez, I. (2018). Antioxidant potential of five essential oils from kutukÚ biological station. *Pharmacologyonline*, 3, 161-169.
- Oboh, G., Akinbola, I., Ademosun, A., Sanni, D., Odubanjo, O., Olasehinde, T., & Oyeleye, I. (2015). Essential Oil from Clove Bud (*Eugenia aromatica* Kuntze) Inhibit Key Enzymes Relevant to the Management of Type-2 Diabetes and Some Pro-oxidant Induced Lipid Peroxidation in Rats Pancreas in vitro. *Journal of oleo science*, 64. <https://doi.org/10.5650/jos.ess14274>
- Olivares, P. N. (2017). *Entomología - Plagas en hortalizas: Pulgón de las crucíferas*. INIA. Retrieved 2021-01-14T03:47:23Z from <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/FichasT/NR42078.pdf>
- Pal, M., & Singh, R. (2013). Biology and ecology of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linn.) (Homoptera : Aphididae) : A review. *Journal of Aphidology - ISSN 0970-3810, The Aphidological Society, India*, 27, 59-78.

- Park, D. W., Yang, Y. S., Lee, Y.-U., Han, S. J., Kim, H. J., Kim, S.-H., . . . Kim, A. G. (2021). Pesticide Residues and Risk Assessment from Monitoring Programs in the Largest Production Area of Leafy Vegetables in South Korea: A 15-Year Study. *Foods*, 10(2), 425. <https://doi.org/10.3390/foods10020425>
- Park, I.-K., & Shin, S.-C. (2005). Fumigant Activity of Plant Essential Oils and Components from Garlic (*Allium sativum*) and Clove Bud (*Eugenia caryophyllata*) Oils against the Japanese Termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(11), 4388-4392. <https://doi.org/10.1021/jf050393r>
- Passos, B. G., de Albuquerque, R. D. D. G., Muñoz-Acevedo, A., Echeverria, J., Llaure-Mora, A. M., Ganoza-Yupanqui, M. L., & Rocha, L. (2022). Essential oils from *Ocotea* species: Chemical variety, biological activities and geographic availability. *Fitoterapia*, 156, 105065. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fitote.2021.105065>
- Pavela, R. (2006). Insecticidal Activity of Essential Oils Against Cabbage Aphid *Brevicoryne brassicae*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 9(2), 99-106. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2006.10643479>
- Pavela, R., Ferrati, M., Spinozzi, E., Maggi, F., Petrelli, R., Rakotosaona, R., . . . Benelli, G. (2022). The Essential Oil from the Resurrection Plant *Myrothamnus moschatus* Is Effective against Arthropods of Agricultural and Medical Interest. *Pharmaceuticals*, 15(12), 1511. <https://doi.org/10.3390/ph15121511>
- Prakash, B., Singh, P. P., Kumar, A., & Gupta, V. (2022). Botanicals for Sustainable Management of Stored Food Grains: Pesticidal Efficacy, Mode of Action and Ecological Risk Assessment Using Computational Approaches. *Anthropocene Science*, 1(1), 62-79. <https://doi.org/10.1007/s44177-022-00016-2>
- Quispe, G., & Palomino, G. (2022). Efecto insecticida del aceite esencial de eucalipto y altamisa contra el kcona kcona del cultivo de la quinua. *Revista Ciencia Agraria*, 1(2), 17-28. <https://doi.org/10.35622/j.rca.2022.02.002>
- Reis, I. M. A., Cassiano, D. S. A., Conceição, R. S., Freitas, H. F. d., Pita, S. S. d. R., David, J. M., & Branco, A. (2022). Acetylcholinesterase inhibitory activity of *Ocotea pomaderroides* extracts: HPLC-MS/MS characterization and molecular modeling studies. *Natural Product Research*, 36(4), 999-1003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1839453>
- Remaudiere, G., Autrique, A., Eastop, V., Stary, P., & Aymonin, G. (1985). [Contribution to the ecology of African aphids]. [French].
- Rey-Valeirón, C., Guzmán, L., Saa, L. R., López-Vargas, J., & Eduardo, V. (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>

- Reza, L., Ahad, S., & Mohammad, G. (2007). Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brassica napus* L. *Insect Science*, 14(3), 207-212. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00145.x>
- Riss, T. L., Moravec, R. A., Niles, A. L., Duellman, S., Benink, H. A., Worzella, T. J., & Minor, L. (2016). Cell viability assays. *Assay Guidance Manual [Internet]*.
- Robertson, J. L., Jones, M. M., Olguin, E., & Alberts, B. (2017). *Bioassays with arthropods*. CRC press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781315373775>
- Robin, D. C., & Marchand, P. A. (2021). The Slow Decrease of Active Substance Candidates for Substitution in the Framework of the European Pesticide Regulation (EC) No 1107/2009. *European Journal of Risk Regulation*, 14(1), 191-212. <https://doi.org/10.1017/err.2021.20>
- Rodríguez-Gil, A. F., Urbano-Cáceres, E. X., Ramírez-López, L. X., & Meza-Fandiño, D. F. (2022). Niveles de colinesterasa sérica en agricultores de San Pablo de Borbur, Boyacá, expuestos a organofosforados. *Salud UIS*, 55. <https://doi.org/10.18273/saluduis.55.e:23012>
- Romanazzi, G., Orçonneau, Y., Moumni, M., Davillerd, Y., & Marchand, P. A. (2022). Basic Substances, a Sustainable Tool to Complement and Eventually Replace Synthetic Pesticides in the Management of Pre and Postharvest Diseases: Reviewed Instructions for Users. *Molecules*, 27(11), 3484. <https://doi.org/10.3390/molecules27113484>
- Rosa, C. S., Veras, K. S., Silva, P. R., Lopes Neto, J. J., Cardoso, H. L. M., Alves, L. P. L., . . . Moraes, D. F. C. (2016). Composição química e toxicidade frente *Aedes aegypti* L. e *Artemia salina* Leach do óleo essencial das folhas de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 18. https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_006
- Sacchetti, G., Guerrini, A., Noriega, P., Bianchi, A., & Bruni, R. (2006). Essential oil of wild *ocotea quixos* (lam.) kosterm.(lauraceae) leaves from amazonian ecuador. *Flavour and fragrance journal*, 21(4), 674-676. <https://doi.org/doi.org/10.1002/ffj.1648>
- Sampaio, M. V., Korndörfer, A. P., Pujade-Villar, J., Hubaide, J. E. A., Ferreira, S. E., Arantes, S. O., . . . Caballero-López, B. (2017). *Brassica aphid* (Hemiptera: Aphididae) populations are conditioned by climatic variables and parasitism level: a study case of Triângulo Mineiro, Brazil. *Bulletin of Entomological Research*, 107(3), 410-418. <https://doi.org/10.1017/S0007485317000220>
- Scalvenzi, L., Yaguache-Camacho, B., Cabrera-Martínez, P., & Guerrini, A. (2016). ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA IN VITRO DE ACEITES ESENCIALES DE *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. Y *Piper aduncum* L. *Bioagro*, 28(1), 39-46. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85744678005> (IN FILE)

- Schalcher Pereira, Á. I., Guia Schalcher Pereira, A. d., Lopes Sobrinho, O. P., Pereira Cantanhede, E. d. K., & Saldanha Siqueira, L. F. (2014). Atividade antimicrobiana no combate as larvas do mosquito *Aedes aegypti*: Homogeneização dos óleos essenciais do linalol e eugenol. *Educación Química*, 25(4), 446-449. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70065-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70065-5)
- Sheikh, Z., Amani, A., Basseri, H. R., Kazemi, S. H. M., Sedaghat, M. M., Azam, K., . . . Amirmohammadi, F. (2021). Repellent Efficacy of *Eucalyptus globulus* and *Syzygium aromaticum* Essential Oils against Malaria Vector, *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae). *Iran J Public Health*, 50(8), 1668-1677. <https://doi.org/10.18502/ijph.v50i8.6813>
- Silva, A. C., Teodoro, A. V., Oliveira, E. E., Rêgo, A. S., & Silva, R. R. (2013). Toxicity of neem oil to the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar)(Acari: Tetranychidae). *Chilean journal of agricultural research*, 73(3), 315-319. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000300016>
- Simbaqueba, R., & Serna, F. (2021). Áfidos (Hemiptera: Aphididae) de Colombia, con nuevos registros para el norte de Sudamérica - Aphids (Hemiptera: Aphididae) of Colombia, with new records for northern South America. *Caldasia*, 43(1), 1-27. <https://www.jstor.org/stable/48646883>
- Sousa, P. A. S., Neto, J., Barbosa, J. V., Peres, J., Magro, A., Barros, G., . . . Bastos, M. (2023). Novel Approach for a Controlled Delivery of Essential Oils during Long-Term Maize Storage: Clove Bud and Pennyroyal Oils Efficacy to Control *Sitophilus zeamais*, Reducing Grain Damage and Post-Harvest Losses. *Insects*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/insects14040366>
- Spinozzi, E., Ferrati, M., Cappellacci, L., Caselli, A., Perinelli, D. R., Bonacucina, G., . . . Benelli, G. (2023). *Carlina acaulis* L. (Asteraceae): biology, phytochemistry, and application as a promising source of effective green insecticides and acaricides. *Industrial Crops and Products*, 192, 116076. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116076>
- Sridhar, J., Venkateswarlu, V., Shah, M. A., Kumari, N., Bhatnagar, A., Raigond, B., & Chakrabarti, S. K. (2022). Incidence of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. in potato crops in India and its efficiency for transmission of potato virus Yo. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1), 285-291. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00544-1>
- Srinivasan, R., Sevgan, S., Ekesi, S., & Tamò, M. (2019). Biopesticide based sustainable pest management for safer production of vegetable legumes and brassicas in Asia and Africa [<https://doi.org/10.1002/ps.5480>]. *Pest Management Science*, 75(9), 2446-2454. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.5480>
- Sulistyoningrum, A., Saepudin, E., Cahyana, A. H., Rahayu, D., Amelia, B., & Haib, J. (2017). Chemical profiling of clove bud oil (*Syzygium aromaticum*) from Toli-Toli and Bali by GC-MS analysis. AIP Conference Proceedings,

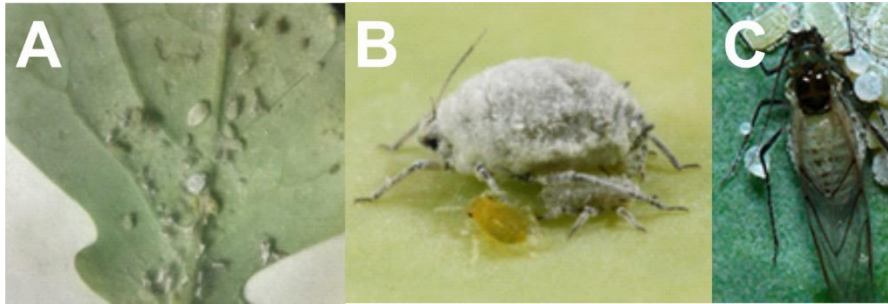
- Tambe, E., & Gotmare, S. (2021). A review of extraction methods, geographic variation in chemical composition, and identification of marker compounds in bud, leaf, and stem clove oil. *RESEARCH JOURNAL OF CHEMISTRY AND ENVIRONMENT*, 25, 149-169. <https://doi.org/10.25303/2512rjce149169>
- Thanigaivel, A., Vasantha-Srinivasan, P., Senthil-Nathan, S., Edwin, E.-S., Ponsankar, A., Chellappandian, M., . . . Kalaivani, K. (2017). Impact of *Terminalia chebula* Retz. against *Aedes aegypti* L. and non-target aquatic predatory insects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 137, 210-217. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.11.004>
- Tian, B.-l., Liu, Q.-Z., Liu, Z.-L., Li, P., & Wang, J.-W. (2015). Insecticidal Potential of Clove Essential Oil and Its Constituents on *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) in Laboratory and Field. *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 957-961. <https://doi.org/10.1093/jee/tov075>
- Tine-Djebbar, F., Dris, D., Guenez, R., Tine, S., & Soltani, N. (2021, 2021//). Larvicidal Activity of Lamiaceae and Lauraceae Essential Oils and Their Effects on Enzyme Activities of *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). *Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions (2nd Edition)*, Cham.
- 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/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/10.1016/j.scitotenv.2020.137328>
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., . . . Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 1112. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031112>
- 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), 3961. <https://doi.org/10.3390/molecules26133961>
- Valverde Cadillo, A., Valverde Apfata, N., & Solano Porras, R. (2021). Eficacia del aceite de neem, aceite de eucalipto y caolín en el control biológico de *Brevicoryne brassicae*. *Agroindustrial Science*, 11(2), 185-192. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.08>

- Valverde Cadillo, A., Valverde Apfata, N., & Solano Porras, R. (2022). Biología y performance del predador *Hippodamia convergens*, alimentado con pulgones de col *Brevicoryne brassicae*, *Myzaphis rosarum* y *Myzus persicae*. *Agroindustrial Science*, 12(3), 235-243. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.03.01>
- Van, T., Thang, T., Luu, T., & Doan, V.-D. (2021). An overview of the chemical composition and biological activities of essential oils from *Alpinia* genus (Zingiberaceae). *RSC Advances*, 11, 37767-37783. <https://doi.org/10.1039/d1ra07370b>
- Vargas-Méndez, L. Y., Sanabria-Flórez, P. L., Saavedra-Reyes, L. M., Merchan-Arenas, D. R., & Kouznetsov, V. V. (2019). Bioactivity of semisynthetic eugenol derivatives against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae infesting maize in Colombia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1613-1620. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.09.010>
- Vasanth-Srinivasan, P., Senthil-Nathan, S., Ponsankar, A., Thanigaivel, A., Chellappandian, M., Edwin, E.-S., . . . Al-Dhabi, N. A. (2018). Acute toxicity of chemical pesticides and plant-derived essential oil on the behavior and development of earthworms, *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) and *Eisenia fetida* (Savigny). *Environmental Science and Pollution Research*, 25(11), 10371-10382. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9236-6>
- Viteri, D. M., & Linares-Ramírez, A. M. (2022). Timely Application of Four Insecticides to Control Corn Earworm and Fall Armyworm Larvae in Sweet Corn. *Insects*, 13(3), 278. <https://doi.org/10.3390/insects13030278>
- Viteri Jumbo, L. O., Faroni, L. R. A., 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. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.038>
- Viteri Jumbo, L. O., Haddi, K., Faroni, L. R. D., Heleno, F. F., Pinto, F. G., & Oliveira, E. E. (2018). Toxicity to, oviposition and population growth impairments of *Callosobruchus maculatus* exposed to clove and cinnamon essential oils. *PloS one*, 13(11), e0207618. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207618>
- Wan Mohd Nuzul Hakimi Wan Salleh, F. A. (2017). *Phytochemistry and Biological Activities of the Genus Ocotea (Lauraceae): A Review on Recent Research Results (2000-2016)* (Vol. Volume: 7). Issue: 5. https://japsonline.com/bib_files/abstract.php?article_id=japs2284
- Yamaguchi, K. K. d. L., Alcantara, J. M., Lima, E. S., & Veiga-Junior, V. F. d. (2013). Chemical composition and platelet aggregation activity of essential oils of two species of the genus *Ocotea* (Lauraceae). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(4), 518-523. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.855364>

- Yang, C. Y., Lee, S., Seo, M., & Yoon, J. (2022). Cinnamyl alcohol: An attractant of the flower thrips *Frankliniella intonsa*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25, 101925. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.101925>
- Yeddes, W., Mejri, I., Grati Affes, T., Khammassi, S., Hammami, M., Aidi-Wannes, W., & Saidani Tounsi, M. (2022). Combined effect of essential oils from Clove (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry), Thyme (*Thymus vulgaris* L.) and Lemon peel (*Citrus limon* (L.) Osbeck) on anti-bacterial, cytotoxic and anti-inflammatory activities. *Trends in Phytochemical Research*, 6(1), 11-18. <https://doi.org/10.30495/tpr.2022.1949608.1239>
- 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/10.1007/s11356-022-20848-0>
- Yogarajalakshmi, P., Venugopal Poonguzhali, T., Ganesan, R., Karthi, S., Senthil-Nathan, S., Krutmuang, P., . . . Vasantha-Srinivasan, P. (2020). Toxicological screening of marine red algae *Champia parvula* (C. Agardh) against the dengue mosquito vector *Aedes aegypti* (Linn.) and its non-toxicity against three beneficial aquatic predators. *Aquatic Toxicology*, 222, 105474. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105474>
- Zhang, Q. H., Schneidmiller, R. G., & Hoover, D. R. (2013). Essential oils and their compositions as spatial repellents for pestiferous social wasps. *Pest Management Science*, 69(4), 542-552. <https://doi.org/10.1002/ps.3411>
- Zhou, J., Zou, K., Zhang, W., Guo, S., Liu, H., Sun, J., . . . Borjigidai, A. (2018). Efficacy of Compounds Isolated from the Essential Oil of *Artemisia lavandulaefolia* in Control of the Cigarette Beetle, *Lasioderma serricorne*. *Molecules*, 23(2). <https://doi.org/10.3390/molecules23020343>

11. Anexos

Anexo 1. *Brevicoryne brassicae* (A), Adulto áptero (B), Adulto alado (C)



Anexo 2. Daños causados por *Brevicoryne brassicae*



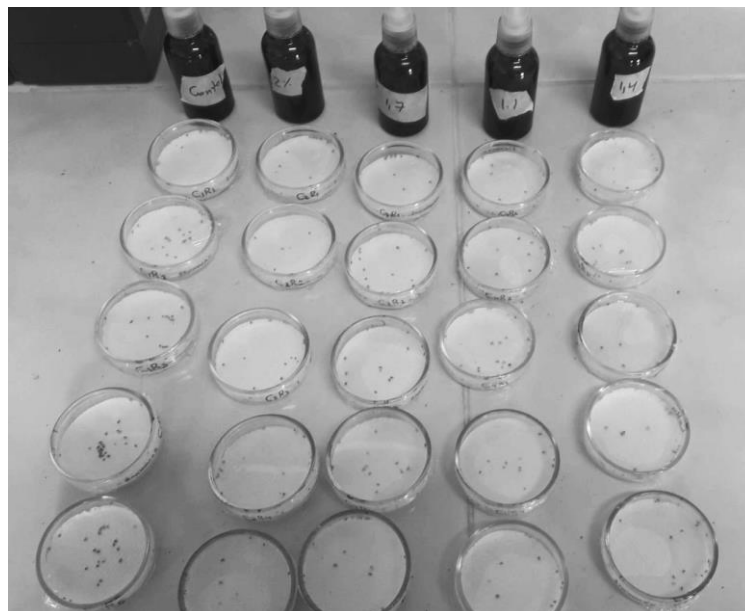
Anexo 3. Cría masiva de *Brevicoryne brassicae*



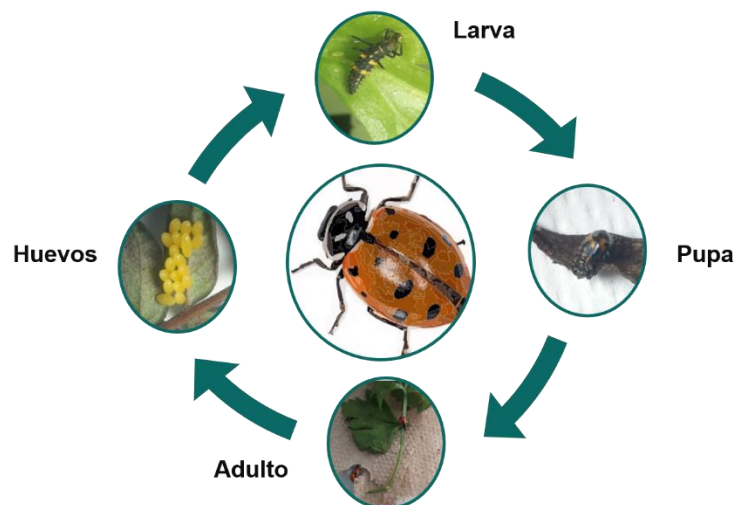
Anexo 4. Extracción de aceites esenciales



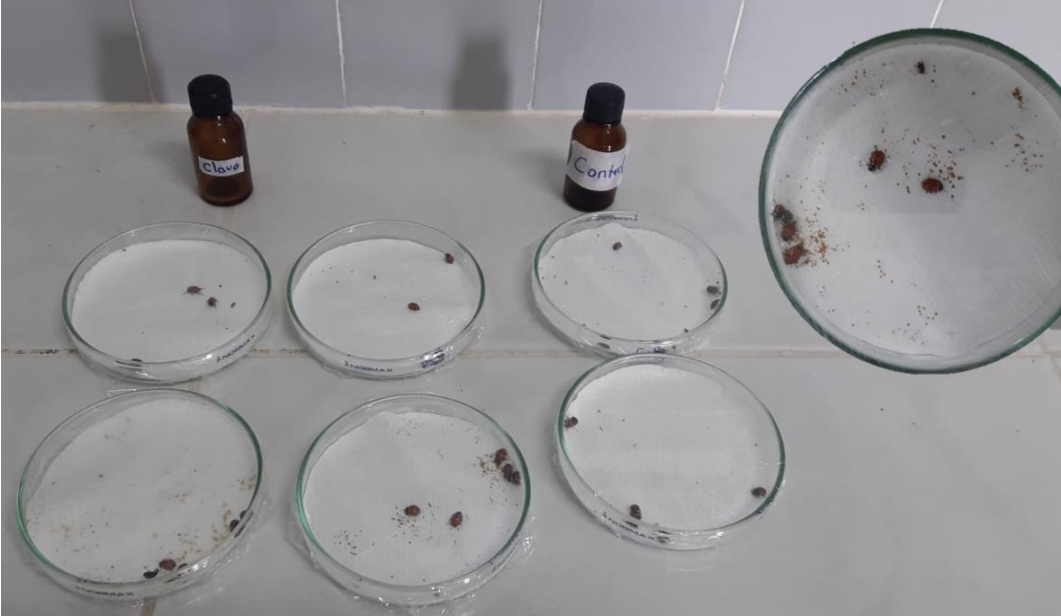
Anexo 5. Evaluación de ensayo de toxicidad



Anexo 6. Cría masiva de *Hippodamia convergens*



Anexo 7. Evaluación de ensayo de selectividad



Anexo 8. Certificado de traducción 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: "TOXICIDAD DE BIOINSECTICIDAS DE ORIGEN VEGETAL EN *Brevicoryne brassicae* Y SUS EFECTOS EN ORGANISMOS NO OBJETIVOS EN CONDICIONES DE LABORATORIO", autoría de la Srta. Diana Lizbeth Diaz Landi, con CI. 2150028427, egresada en la Carrera de Agronomía, de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, 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, 13 de junio de 2023.

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



Líderes en la Enseñanza del Inglés

Matríz - 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