



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Aceite esencial de origen vegetal como potencial controlador del gorgojo *Pagiocerus frontalis* en maíz blanco almacenado.

**Trabajo de Titulación, previa a la
obtención del Título de Ingeniero
Agrónomo**

AUTOR:

Osmany Manuel Herrera Armijos

DIRECTOR:

Ing. Klever Iván Granda Mora. PhD.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 21 de febrero de 2024

Ing. Klever Iván Granda Mora, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Aceite esencial de origen vegetal como potencial controlador del gorgojo *Pagiocerus frontalis* en maíz blanco almacenado**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Agrónomo**, de la autoría del estudiante **Osmany Manuel Herrera Armijos**, con **cédula de identidad Nro.1105111551**, 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. Klever Iván Granda Mora. PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

Autoría

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

Firma

Cédula de Identidad: 1105111551

Fecha: 07/03/2024

Correo electrónico: osmany.herrera@unl.edu.ec

Celular: 0968836972

Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Osmany Manuel Herrera Armijos**, declaro ser el autor del del Trabajo de Titulación denominado: **Aceite esencial de origen vegetal como potencial controlador del gorgojo *Pagiocerus frontalis* en maíz blanco almacenado**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Agrónomo**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los siete días del mes de marzo de dos mil veinticuatro.

Firma

Autor: Osmany Manuel Herrera Armijos

Cédula de Identidad: 1105111551

Dirección: Esteban Godoy, Loja, Ecuador.

Correo electrónico: osmany.herrera@unl.edu.ec

Celular: 0968836972

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo Titulación: Ing. Iván Granda Mora. PhD.

Dedicatoria

Dedico mi presente Trabajo de Investigación primero a Dios, a mis apreciados padres Eddy y Miryam, a mis queridos hermanos Anita y Ricardo quienes han sido un pilar fundamental y han sido mi mayor motivación para llegar a donde estoy.

Pero sobre todo gracias a ella, que desde un inicio me acompaño en todos los momentos sobre todo en los más complicados, infinitas gracias por todo María Belén, esposa mía gracias por ayudarme a cumplir este sueño.

Esto se logró gracias al grupo de trabajo que se formó por allá en tercer ciclo Adrián, Alina, Camilo, Huguito este hermoso grupo de trabajo llamado *kudzú kudzú* ya que siempre han estado para apoyarme y darme ánimos en los momentos más difíciles de la Carrera. Sin dudarlo esto también va por ustedes Icel, Beto, Rafael y Mauricio quienes han sido como hermanos, infinitas gracias por todo.

Osmany Manuel Herrera Armijos

Agradecimiento

Un agradecimiento a todas las autoridades de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, quienes han hecho posible lograr este Trabajo de Investigación. Al señor Decano Dr. Roosevelt Armijos, al Director de Carrera Ing. Jhonny Granja quienes facilitaron hacer uso de las instalaciones del Laboratorio de Entomología.

Al Dr. Luis Viteri Jumbo por ser el precursor de este trabajo, ya que me dio las pautas necesarias para desarrollar este proyecto, infinitas gracias por siempre estar al pendiente de todo el equipo de BioControl, nunca olvidaré que usted fue quien sembró esa semilla de amar la entomología. Muito Obrigado.

Al Dr. Eduardo Valarezo, quién me ayudó a determinar la composición química de los aceites esenciales en el Laboratorio de Química de la Universidad Técnica Particular de Loja.

A todo el personal de BioControl quienes trabajamos en conjunto en el laboratorio de entomología y me ayudaron durante el proceso práctico del presente estudio.

Un agradecimiento especial al Dr., Iván Granda, quien se ha hecho responsable de dirigir y acompañar mi Trabajo de Investigación en los últimos meses.

Osmany Manuel Herrera Armijos

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de anexos	xi
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Objetivos	6
4.1. Objetivo General	6
4.2. Objetivos Específicos	6
5. Marco Teórico	7
5.1. Antecedentes	7
5.1.1. Importancia económica del maíz.....	7
5.1.2. Manejo poscosecha	7
5.1.3. Principales plagas de granos almacenados	7
5.2. Gorgojo <i>Pagocerus frontalis</i>	8
5.2.1. Clasificación taxonómica	8
5.2.2. Origen y distribución.....	8
5.2.3. Biología	8
5.2.4. Métodos de afectación.....	9
5.2.5. Formas de control.....	9
5.3. Aceites esenciales	10
5.3.1. Propiedades toxicológicas	10

5.3.2.	Formas de conservación	10
5.3.3.	Mecanismos de acción.....	10
5.4.	Aceite esencial de <i>Ruta graveolens</i>	11
5.5.	Aceite esencial de <i>Ocotea quixos</i>	11
6.	Metodología	13
6.1.	Metodología general	13
6.1.1.	Localización del estudio	13
6.1.2.	Cría masiva del gorgojo <i>Pagiocerus frontalis</i>	13
6.1.3.	Extracción de aceites esenciales.....	13
6.1.4.	Identificación de compuestos de aceites esenciales	14
6.2.	Metodología para el primer objetivo	15
6.3.	Metodología para el segundo objetivo	15
6.4.	Análisis estadístico	16
7.	Resultados	17
7.1.	Toxicidad de <i>Ocotea quixos</i> y <i>Ruta graveolens</i>	17
7.2.	Análisis químico de los aceites esenciales	18
7.3.	Evaluación de repelencia.....	21
8.	Discusión	22
9.	Conclusiones	24
10.	Recomendaciones	24
11.	Bibliografía	25
12.	Anexos	32

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del gorgojo <i>Pagiocerus frontalis</i>	8
Tabla 2. Composición química del aceite esencial de <i>Ocotea quixos</i>	18
Tabla 3. Composición química del aceite esencial de <i>Ruta graveolens</i>	20

Índice de figuras

- Figura 1.** Toxicidad de los aceites de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* para el gorgojo *Pagiocerus frontalis*. Las líneas representan los valores estimados de concentración letal (CL) obtenidos en los resultados de concentración - mortalidad sometidos a un análisis Probit. 17
- Figura 2.** Porcentaje de adultos de *Pagiocerus frontalis* que se desplazaron a los recipientes de maíz no tratados y tratados con aceite esencial de *Ocotea quixos* (A) y *Ruta graveolens* (B). Cada barra representa la media de cinco réplicas para cada concentración y aceite esencial. 21

Índice de anexos

Anexo 1. Cría masiva del insecto <i>Pagiocerus frontalis</i>	32
Anexo 2. Identificación taxonómica del insecto	32
Anexo 3. Ensayo de toxicidad.....	33
Anexo 4. Ensayo de repelencia	33
Anexo 5. Extracción de los aceites esenciales.	34
Anexo 6. Certificado de la traducción del resumen	35

1. Título

Aceite esencial de origen vegetal como potencial controlador del gorgojo *Pagocerus frontalis* en maíz blanco almacenado.

2. Resumen

En la región de los Andes el maíz blanco (*Zea mays*) es uno de los alimentos clave tradicionalmente. Esta gramínea se cultiva durante la época de lluvias y se almacena para su uso futuro; en las pequeñas unidades almacenadas de granos de maíz en climas fríos, el gorgojo *Pagiocerus frontalis* es la plaga más importante causando más del 30% en pérdidas. Para su control se utilizan insecticidas sintéticos, pero estos representan graves problemas para la salud de las personas, afectan el medio ambiente, y han creado resistencia en varias especies de insectos plaga. Aquí, se extrajo, evaluó la composición química del esencial de *Ruta graveolens* y de *Ocotea quixos*, y se evaluaron sus actividades contra *Pagiocerus frontalis*. El análisis cromatográfico reveló que el aceite esencial de *Ocotea quixos* está compuesto principalmente por o-Cymene (25,87%); α -Pinene (14,09%); y 1, 8-Cineole (6,91) por su parte los componentes mayoritarios de *Ruta graveolens* son 2-Nonanone (45,80%); y 2-Undecanone (42,47%). Los aceites esenciales de *Ocotea quixos* $CL_{50} = 126,14 [122,34 - 130,02] \mu\text{L/L}^{-1}$ y, para *Ruta graveolens* $CL_{50} = 153,37 [143,55 - 164,30] \mu\text{L/L}^{-1}$, siendo tóxicos para adultos de *Pagiocerus frontalis*. El aceite esencial de *Ocotea quixos* fue repelente para *Pagiocerus frontalis* cuando se expuso por 24h, excepto en la concentración $CL_{10} 88,30 \mu\text{L/L}^{-1}$; (IR= 0,19) misma que no presentó diferencia significativa con respecto al control, contrariamente el aceite esencial de *Ruta graveolens* logro repeler al gorgojo, excepto en la concentración $CL_{90} 319,97 \mu\text{L/L}^{-1}$; (IR= 0,86) que no presentó diferencia significativa con el control. En general, este estudio demuestra que estos aceites esenciales podrían integrarse con éxito en los programas de manejo contra *Pagiocerus frontalis*.

Palabras clave: Biomolécula, Toxicidad, Repelencia, *Pagiocerus frontalis*.

Abstract

In the Andes region, white maize (*Zea mays*) is traditionally one of the key foods. This grass is grown during the rainy season and stored for future use; in small units of stored maize grains in cold climates, the weevil *Pagiocerus frontalis* is the most important pest, causing more than 30% of losses. Synthetic insecticides are used for its control, but these represent serious problems for human health, affect the environment, and have created resistance in several insect pest species. Here, the chemical composition of the essential of *Ruta graveolens* and *Ocotea quixos* was extracted, evaluated, and their activities against *Pagiocerus frontalis* were evaluated. Chromatographic analysis revealed that the essential oil of *Ocotea quixos* is mainly composed of o-Cymene (25.87%); α -Pinene (14.09%); and 1, 8-Cineole (6.91), on the other hand the major components of *Ruta graveolens* are 2-Nonanone (45.80%); and 2-Undecanone (42.47%). The essential oils of *Ocotea quixos* $LC_{50} = 126.14$ [122.34 – 130.02] $\mu\text{L/L}^{-1}$ and, for *Ruta graveolens* $LC_{50} = 153.37$ [143.55 – 164.30] $\mu\text{L/L}^{-1}$, being toxic for adults of *Pagiocerus frontalis*. The essential oil of *Ocotea quixos* was repellent to adults of *Pagiocerus frontalis* when exposed for 24h, except at the concentration $LC_{10} 88.30 \mu\text{L/L}^{-1}$; (IR = 0.19) which did not show significant difference with respect to the control. On the other hand, the essential oil of *Ruta graveolens* was able to repel the weevil, except at the concentration $LC_{90} 319.97 \mu\text{L/L}^{-1}$; (IR= 0.86) which did not show significant difference with the control. Overall, this study demonstrates that these essential oils could be successfully integrated into management programs against *Pagiocerus frontalis*.

Keywords: Biomolecule, Toxicity, Repellency, *Pagiocerus frontalis*.

3. Introducción

El maíz es el principal cultivo de cereales en términos de producción mundial y se utiliza para la producción de una variedad de alimentos para humanos, preparados para animales, biocombustibles y otros artículos industriales. El uso alimentario directo del maíz a nivel mundial supera los 150 millones de toneladas cada año ([Serna-Saldivar & Carrillo, 2019](#)).

Según lo indica [Grefa Yumbo \(2021\)](#) el maíz es uno de los cultivos importantes de Latinoamérica, teniendo a México como país de origen. En el Ecuador se han identificado 29 razas de maíz de las cuales 17 pertenecen a la región interandina que se caracterizan por ser tipo harinoso y semiduros ([Isama Amaguaña, 2019](#)). En la Región Sierra se estima un rendimiento cercano a 1,6 toneladas por hectárea para grano seco, donde la producción de maíz suave corresponde a una superficie sembrada de 41.256 ha, en altitudes sobre los 2.000 m.s.n.m. ([Caviedes et al., 2020](#)). Esta producción ha tenido un menor desarrollo tecnológico, que, a pesar de haber incrementado su rendimiento en los últimos años, este valor sigue siendo bajo.

Además de los bajos rendimientos de este cultivo otro problema muy importante aparece en poscosecha donde la contaminación por insectos ha generado grandes daños en los granos almacenados ya que se alimentan directamente perforando al grano y apresurando su descomposición, obligando a los productores a venderlo a precios reducidos y en ocasiones hasta por debajo del costo de producción ([Alam et al., 2019](#)). Dentro de las principales plagas que afectan al maíz blanco almacenado tomamos como referencia a [Rivera et al. \(2022\)](#) donde mencionan que el gorgojo *Sitophilus zeamais* y el barrenador grande de los granos *Prostephanus truncatus* (Horn) ocasionan pérdidas de hasta del 30 %. Por otra parte, [Saldarriaga Vélez \(1984\)](#) indica que el gorgojo *Pagiocerus frontalis* es, dentro del orden Coleóptera, la principal plaga del maíz harinoso almacenado bajo las condiciones tradicionales de los pequeños agricultores de las regiones de clima frío.

Los pesticidas químicos son una solución a nivel mundial para erradicar la presencia de los insectos en granos almacenados; pero se caracterizan por ser tóxicos, no biodegradables, contaminan el medio ambiente, los residuos tóxicos pueden ocasionar daños en la salud humana y también al usar con frecuencia este tipo de productos podemos llegar a crear resistencia en las plagas ([Martínez-Peralta et al., 2022](#)). Ante esta problemática una alternativa para suplir los insecticidas comerciales y poder controlar las diferentes plagas que afectan los granos almacenados son los extractos vegetales, pero es fundamental generar información para

entender su método de acción en aspectos toxicológicos, así como sus formas de extracción y aplicación ([Medina et al., 2012](#)).

En la naturaleza, las características aromáticas de los aceites esenciales cumplen diversas funciones para las plantas, que incluyen: atraer polinizadores e insectos beneficiosos, y utilizar componentes químicos del aceite como materiales de defensa contra plagas y microorganismos ([Luicho Leguía & Rojas Yupanqui, 2020](#)). Entre los productos naturales, los aceites esenciales han sido los más estudiados para reemplazar o mejorar los insecticidas sintéticos. Las cetonas α , β -insaturadas muestran sobre diferentes insectos la mayor capacidad insecticida ([Zygodlo et al., 2021](#)).

Algunas especies de plantas como es el caso de *ruta graveolens* ha sido una alternativa eficaz para controlar varias especies de gorgojos ([Perera & Karunaratne, 2016](#)), pero en el caso de *ocotea quixos* no se han reportado estudios donde se demuestre la toxicidad sobre insectos que afectan a los granos almacenados. Si bien existen estudios donde se demuestra la toxicidad de algunos aceites esenciales sobre una plaga determinada, es fundamental conocer que efecto tienen los principales componentes de los aceites esenciales en el comportamiento del gorgojo *Pagiocerus frontalis*; por tal razón nos hemos planteado los siguientes objetivos.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Identificar dos aceites esenciales de origen vegetal como potenciales controladores del gorgojo *Pagiocerus frontalis* en maíz blanco almacenado.

4.2. Objetivos Específicos

- Calcular las dosis letales de dos aceites esenciales en la especie *Pagiocerus frontalis* en maíz blanco almacenado.
- Evaluar el efecto repelente de los dos aceites esenciales en adultos de la especie *Pagiocerus frontalis* en maíz blanco almacenado.

5. Marco Teórico

5.1. Antecedentes

5.1.1. Importancia económica del maíz

El maíz es uno de los cultivos más importantes de Latinoamérica, es originario de México, en el Ecuador se han podido reconocer 29 razas de maíz ([Tapia et al., 2017](#)); de las cuáles se ha podido determinar que existen 11 variedades nativas y 8 variedades mejoradas de maíz blanco que pertenecen a la región interandina que se caracterizan por ser tipo harinoso y semiduros ([Grefa Yumbo, 2021](#); [Yáñez et al., 2010](#)). En cuanto a la producción en la Región Sierra se estima un rendimiento cercano a 1,6 toneladas por hectárea, donde la producción de maíz suave corresponde a una superficie sembrada de 74.018 hectáreas, en altitudes sobre los 2.000 m.s.n.m., esta producción ha tenido un menor desarrollo tecnológico, por tal motivo este valor de producción sigue siendo muy bajo ([Caviedes et al., 2020](#)).

5.1.2. Manejo poscosecha

El correcto almacenamiento de granos es de vital importancia para el agricultor ya que en esta etapa de poscosecha pueden ocurrir considerables pérdidas sobre todo en el maíz, y estas son ocasionadas por insectos, hongos, pájaros y roedores. Se debe comprender que los insectos dañan de forma directa al grano, ya que su mecanismo de afectación se da a través del centro del grano debido a su alto contenido de aceites, vitaminas y minerales ([Tituaña Peralta, 2022](#)). Los granos almacenados son uno de los principales productos alimenticios para el consumo humano, ahí la importancia de realizar un correcto manejo poscosecha. Por ende, la presencia de plagas constituye un serio problema en el almacenamiento de granos y su industria derivada. Por ejemplo, solamente los gorgojos son responsables de cerca del 40% en la reducción del rendimiento de cosechas a nivel mundial ([Torres et al., 2021](#)).

5.1.3. Principales plagas de granos almacenados

Según [Tituaña Peralta \(2022\)](#) menciona que, los insectos plagas varían dependiendo de la región, la estación o época del año y el periodo del almacenamiento. Los insectos plagas que afectan a los granos almacenados se los clasifica en: plagas primarias y plagas secundarias.

Las plagas primarias se encuentran conformadas por una gran variedad de insectos que atacan de forma directa al grano, por tal motivo son consideradas las más importantes durante el almacenamiento por el daño que ocasionan pudiendo sobrevivir en residuos de los granos; su fuente de alimento es limitada llegando a morir cuando esta escasea, esto se da

principalmente cuando existen altos niveles de poblaciones ([Chávez et al., 2010](#)). El gorgojo *Pagiocerus frontalis* se ubica dentro de las principales plagas primarias ([García-Lara et al., 2007](#)).

5.2. Gorgojo *Pagiocerus frontalis*

5.2.1. Clasificación taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica del gorgojo *Pagiocerus frontalis* ([Marvaldi & Lanteri, 2005](#)).

Reino	Animalia
Clase	Insecta
Orden	Coleóptera
Suborden	Polyphaga
Superfamilia	Curculionoidea
Familia	Curculionidae
Subfamilia	Scolytinae
Tribu	Hylesinin
Subtribu	Borthrosternina
Género	<i>Pagiocerus</i>
Especie	<i>Frontalis</i>

5.2.2. Origen y distribución

Como lo indican [Marvaldi and Lanteri \(2005\)](#) el gorgojo barrenador del grano *Pagiocerus frontalis*, se encuentra distribuido desde el Sur de Estados Unidos, América Central y en tierras altas de países Sudamericanos especialmente en Ecuador, Perú, Colombia y Chile. En estas regiones este gorgojo es una de las principales plagas que ataca al maíz almacenado ([Castro & Mejía, 2011](#)).

En Ecuador al *Pagiocerus frontalis* se lo conoce también como gorgojo volador, se lo registra en toda la región interandina con altitudes entre 1500 y 2600 m s. n. m., y con temperaturas promedio de 14 a 18,5 °C ([Tituaña Peralta, 2022](#)).

5.2.3. Biología

Las larvas del *Pagiocerus frontalis* pasan por cuatro estadios. La duración del estado larval es de 21 a 24 días. El periodo de pupa es de 10 a 12 días, la pre- ovoposición es de 4 a 6 días, la ovoposición de las hembras es de 15 a 27 días, la longevidad de los adultos es mayor

en las hembras que en los machos, teniéndose un promedio de 60 días para las hembras y 47 días para los machos ([Zuñiga Olaguibel, 2022](#)).

El ciclo biológico del gorgojo inicia desde que este es un huevo hasta cuando este sale del grano convertido en adulto. Dentro del grano de maíz el huevo se desarrolla por un periodo de 25 días considerando una temperatura promedio de 23 °C y una humedad relativa de 90 a 60%, como las óptimas para su desarrollo ([Tituaña Peralta, 2022](#)). Tanto las hembras y machos prefieren la actividad nocturna evitando completamente la luz. El desarrollo de los huevos, larvas, pupas y adultos se realiza dentro del grano de maíz, este insecto sale del grano en etapa de adulto para poder infectar los granos aledaños y poderse reproducir ([Alvarez Martinez, 2020](#)).

5.2.4. Métodos de afectación

Los gorgojos adultos raspan la epidermis de la semilla, perforan por la parte apical del grano. Se ha observado que su vida adulta pasan en el interior del grano; sin embargo, cuando la población se incrementa de dos a más adultos por grano, llegan a migrar a otros granos, además los huevos se encuentran en un orificio que la hembra lo realiza con la trompa, la larva barrena en el interior del grano destruyéndolo por completo; cuando está madura se transforma en crisálida y más tarde en barrenador adulto que sale del grano ([Zuñiga Olaguibel, 2022](#)).

5.2.5. Formas de control

Dentro de las principales formas de control de insectos en granos almacenados tenemos la fosfina que es un fuerte agente reductor que inhibe la respiración de los insectos. Dicha fosfina se aplica en forma de fosforo metálico, generalmente en forma de fosforo de aluminio que reacciona con la humedad del aire y una temperatura superior a 15°C para liberar el gas fosfina ([Mir et al., 2023](#)).

El uso de productos químicos o fumigantes es eficaz, pero genera muchos problemas, como la resistencia de los insectos a la fosfina, la naturaleza que agota la capa de ozono y deja residuos en los alimentos. El uso de bromuro de metilo también genera amenazas ambientales y complicaciones en la salud humana ([Mir et al., 2023](#)).

Para el bienestar de la salud humana, así como las preocupaciones ecológicas y el desarrollo de la resistencia de los insectos a los insecticidas químicos convencionales, se han incrementado los esfuerzos en todo el mundo para encontrar agentes de control de insectos

ecológicos, eficaces y más seguros que sean de origen natural ([Devi et al., 2022](#)). Destacando en este aspecto el estudio de los aceites esenciales como potenciales controladores para plagas de granos almacenados.

5.3. Aceites esenciales

5.3.1. Propiedades toxicológicas

Los aceites esenciales son una mezcla compleja de compuestos orgánicos volátiles, algunos de ellos con actividad atrayente o repelente de insectos. Algunos de los aceites esenciales tóxicos sobre diferentes gorgojos son los obtenidos de *Cymbopogon spp*, *Ocimum spp.* y *Eucalyptus spp.*, entre otras especies. También se destaca que los compuestos mayoritarios en estos aceites esenciales posee una alta actividad repelente de los cuáles podemos mencionar: el α -pineno, eugenol, limoneno, terpineol, citronelol, citronelal, alcanfor y timol ([Olivero-Verbel et al., 2009](#); [Shaaya & Rafaeli, 2007](#)).

5.3.2. Formas de conservación

[Olivero-Verbel et al. \(2009\)](#) menciona que los aceites esenciales deben almacenarse bajo congelación a una temperatura aproximada de 4°C hasta su utilización para la realización de los experimentos en laboratorio.

5.3.3. Mecanismos de acción

Los tratamientos con ciertos aceites esenciales han causado síntomas visibles que apuntaban a un modo de acción neurotóxico, incluyendo hiperactividad, convulsiones y temblores seguidos de parálisis, que son similares a los producidos por insecticidas como los organofosforados y los carbamatos, así mismo los aceites esenciales tienen como objetivo el sistema octopaminérgico de los insectos ([Shaaya & Rafaeli, 2007](#)).

La octopamina es una amina biogénica multifuncional de origen natural que desempeña una función clave como neurotransmisor, neurohormona y neuromodulador en los sistemas de invertebrados, con una función fisiológica análoga a la de la noradrenalina en los vertebrados ([Kostyukovsky et al., 2002](#)). Como lo indica [Isman \(2020\)](#) la acción de los aceites esenciales sobre muchas especies de plagas es eficaz y apunta a un lugar de acción en el sistema nervioso de los insectos.

5.4. Aceite esencial de *Ruta graveolens*

Según lo indica [Kambouche et al. \(2008\)](#) llevó a cabo un estudio para demostrar las propiedades insecticidas del aceite esencial de *Ruta graveolens*, donde el aceite esencial fue obtenido de las partes aéreas frescas de la planta recolectadas en Tipaza, Argelia, y se demostró una clara actividad insecticida dependiente de la dosis contra los insectos alemanes. Se informó de cucarachas (*Blattella germanica*). El mayor impacto se observó con una concentración de aceite esencial del 1,6%. También se descubrió que este aceite es eficaz para matar mosquitos *Culex pipiens* con un efecto insecticida del 99 % a una concentración de aceite esencial del 0,6 % después de 30 minutos ([Nahar et al., 2021](#)).

Por su parte [Fekhar et al. \(2017\)](#) exploraron el impacto de la tiónación del aceite esencial de *Ruta montana* sobre la actividad insecticida, utilizando el ensayo de toxicidad de la fumigación empleando adultos de *Sitophilus oryzae*.

El aceite esencial de las partes aéreas de *Ruta chalepensis* posee una importante actividad insecticida contra tres plagas principales, la broca del café (*Hypothenemus hampei*; 82,5% de mortalidad en 24 h), Antestia (*Antestiopsis sp.*; 87,5 % en 24 h) y gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*; 73,5% en 24 h) ([Mendesil et al., 2012](#)). Además una actividad insecticida similar de este aceite esencial, que tiene 2-undecanona como componente principal, se puede evidenciar contra dos escarabajos de la harina, *Tribolium castaneum* y *T. confusum*, en el ensayo de toxicidad por contacto, donde se determina que el valor de la dosis letal media es de 0,09 a 0,13 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ ([Abbad et al., 2014](#)).

5.5. Aceite esencial de *Ocotea quixos*

El aceite esencial de *Ocotea quixos* contiene el 1,8-cineol siendo este el compuesto más abundante (39,2%), confirmando estudios realizados en Ecuador ([Newman & Cragg, 2007](#)). En otras investigaciones también se puede constatar que sabineno (6,5%) y α -pineno (6,3%) son compuestos relevantes que están presentes en el aceite esencial de *Ocotea quixos* ([Scalvenzi et al., 2017](#)).

En una investigación realizada por [Narciso et al. \(2014\)](#) se puede evidenciar resultados de *Ocotea cymbarum*, mostrando su efecto tóxico más fuerte fue el 100% de mortalidad en *Aedes aegypti* larvas de tercera edad en concentraciones ≥ 30 ppm.

La concentración óptima de aceite esencial de *Ocotea quixos* en la que se logra el 100% de mortalidad de termitas se da en concentraciones muy bajas (0,12%), donde presenta efecto

termiticida y repelente contra *N. corniger* ([Arteaga-Crespo et al., 2021](#)). En su investigación [Passos et al. \(2022\)](#) indica en su investigación que el aceite esencial de *Ocotea notata* mostró efectos acaricidas contra *Rhipicephalus microplus*.

6. Metodología

6.1. Metodología general

6.1.1. Localización del estudio

El presente estudio se realizó en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Loja, con coordenadas, a 4° 02' 07" S, 79° 12' 11,2" O; la Argelia, Loja - Ecuador. El diseño fue completamente al azar en condiciones de laboratorio (DCA).

6.1.2. Cría masiva del gorgojo *Pagiocerus frontalis*.

Para la crianza de *Pagiocerus frontalis* en laboratorio, se lo realizó según la metodología reportada por ([Zuñiga Olaguibel, 2022](#)) donde se utilizó contenedores de vidrio provistos en la parte superior de tela organza para facilitar la aireación. Para la alimentación del insecto se llenó el recipiente con maíz blanco, al que se le colocaron unas 70 parejas adultas de *Pagiocerus frontalis*, aproximadamente. Cabe destacar que estos insectos ya se encontraban en maíz con granos infestados en el laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Loja.

Cada cinco días los recipientes fueron removidos con el fin de evitar el ataque de organismos patógenos, a partir de 36 días ya se tuvo insectos adultos mismos que fueron retirados para las pruebas correspondientes ([Zuñiga Olaguibel, 2022](#)).

6.1.3. Extracción de aceites esenciales

Primero se debe seleccionar varias especies de plantas para extraer el aceite esencial, algunas de estas plantas ya son reportadas con principios activos para otras plagas, teniendo entre las principales a: *Ruta graveolens*, *Bursera graveolens*, *Tagetes erecta*, *Ocotea quixos*, *Cupressus*, *Baccharis latifolia*, *Aloysia citrodora*, *Syzygium aromaticum*, *Citrus x limon*. [Álvarez et al. \(2017\)](#) recomienda que el corte del material vegetal se debe realizar por la mañana, evitando utilizar plantas enfermas o que presenten algún tipo de contaminante como polvo, además se debe tener en consideración la época del año, estado fisiológico de la planta y el lugar de la recolección.

El método de extracción se realizó por hidroddestilación utilizando un aparato tipo Clevenger durante 3 horas; cada aceite fue almacenado en frascos ámbar sellados y protegidos de la luz a 4 °C ([Rey-Valeirón et al., 2017](#)).

6.1.4. Identificación de compuestos de aceites esenciales

Según lo expuesto [Viteri et al. \(2022\)](#) indica que para obtener la caracterización química del aceite esencial se debe realizar mediante dos análisis:

- **Análisis cuantitativo**

El análisis cuantitativo se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a un detector de ionización de llama (GC-FID), para el cual se utilizó una cromatografía de gases Thermo Scientific (Trace 1310, Waltham, MA, EE. UU.), un detector de ionización de llama (FID), una columna de GC no polar (TRACE se utilizó TR-5, fase estacionaria 5 % fenilmetil polisiloxano, 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro y 0.25 μm de espesor de capa estacionaria) y un inyector automático (AI 1310, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA). Para la preparación de la muestra, se inyectó 1 μL de solución (1/100, v/v, EO/DCM) con una proporción de división de 1:50. Se utilizó helio como gas portador a 1 ml/min en modo de flujo constante y una velocidad promedio de 25 cm/s. Las temperaturas del inyector y del detector fueron de 230 °C. El programa de temperatura del horno incluyó una isoterma inicial de 50 °C durante 3 min, seguida de una rampa de temperatura a 230 °C a 3 °C/min (60 min) y una isoterma final de 3 min (tiempo total de ejecución 66 min). Las cantidades relativas de los compuestos se calcularon basándose en el área del pico de GC (respuesta FID) sin utilizar un factor de corrección ([Valarezo et al., 2021](#)).

- **Análisis cualitativo**

El análisis cualitativo se realizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) para lo cual se utiliza el mismo equipo que en el análisis cuantitativo, excepto el detector que fue reemplazado por un detector de espectrómetro de masas (MS) (cuadrupolo) detector (ISQ 7000, Thermo Scientific, Waltham, MA, EE. UU.). La concentración y las temperaturas de la muestra (rampa, inyector y detector) fueron las mismas que para los análisis cualitativos. Se utilizó helio como gas portador a 0,9 ml/min en modo de flujo constante y una velocidad promedio de 34 cm/s. Las condiciones operativas para el MS fueron las siguientes: multiplicador de electrones 1600 eV, 70 eV, rango de masa 40-350 m/z y velocidad de exploración 2 exploraciones/s. Se utilizó la siguiente ecuación expuesta por [van Den Dool and Kratz \(1963\)](#) para determinar el índice de retención (RI) de cada compuesto. Para la identificación de los compuestos se compararon el IR y los espectros de masas con datos publicados ([Adams, 2017](#)).

$$RI = 100C + 100 \frac{(RT_x - RT_n)}{(RT_N - RT_n)}$$

Donde, C es el número de carbonos de los hidrocarburos alifáticos (C₉ a C₂₅) que eluyen antes del compuesto de interés. RT es el tiempo de retención de x compuesto de interés, n hidrocarburos alifáticos que eluyen antes del compuesto de interés y N hidrocarburos que eluyen después del compuesto de interés.

6.2. Metodología para el primer objetivo

Se utilizó la metodología expuesta por [Viteri et al. \(2022\)](#) donde indica que la unidad experimental consiste en un frasco de vidrio de 250 ml con 50 gramos de maíz blanco y 30 insectos adultos. Los trozos de papel filtro (3 cm² Whatman No. 1) fueron impregnados uniformemente con aceite esencial mismos que se unieron a un hilo de algodón que se conecta a la parte interna de la tapa del recipiente. Los frascos de vidrio se cerraron con una tapa metálica de rosca y luego se sellaron herméticamente con un sellador acrílico translúcido (SACRI-100T 18569 TRUPER). Todas las unidades experimentales se mantuvieron sobre condiciones controladas de temperatura (27 ± 2 °C), humedad relativa (70 ± 5%) y escotofase (24 h).

Se realizaron pruebas preliminares para estimar las concentraciones más altas de aceite esencial que no causarían mortalidad y la concentración más baja capaz de matar el 100% de los insectos probados. Luego, se establecieron varias concentraciones de aceites esenciales dentro de este rango de concentración. Para cada combinación de concentración de aceite esencial se usaron cinco repeticiones. El tiempo de exposición fue de 24 h, y los insectos se consideraron muertos cuando no pudieron moverse una vez estimulados mecánicamente con pinceles de fibra fina. En el control, los frascos de vidrio se cerraron herméticamente sin el papel impregnado de aceite esencial ([Viteri et al., 2022](#)).

6.3. Metodología para el segundo objetivo

La repelencia se evaluó utilizando un aparato que consta de cinco recipientes de plástico circulares (8 cm de diámetro, 12 cm de altura), con un recipiente central (E) conectado a los otros cuatro recipientes (A, B, C y D) mediante cilindros de plástico (10 cm de largo, 1 cm de diámetro), como se describió previamente en otro lugar ([Freitas et al., 2016](#)). Dos contenedores se colocaron en diagonal y se llenaron con 50 gramos de maíz blanco tratado con las concentraciones de aceite esencial obtenidas previamente en los bioensayos para toxicidad del primer objetivo. Los otros dos contenedores se llenaron con 50 gramos de maíz blanco sin tratar

(control). Cuarenta insectos recién emergidos fueron liberados en el contenedor central y se registró el número de insectos en cada contenedor 24 horas después de su liberación. El índice de repelencia (*RI*) se calculó según lo propuesto por ([Mazzonetto & Vendramim, 2003](#); [Viteri et al., 2022](#)) en base a la siguiente ecuación:

$$RI = \frac{(2T)}{(T + C)}$$

En donde *C* es el porcentaje de insectos en los contenedores sin tratar y *T* es el porcentaje de insectos en los contenedores tratados con aceite esencial. El *RI* oscila entre 0 y 2; lo cual indican:

RI < 1,0; repelencia

RI = 0; neutralidad

RI > 1; atracción.

6.4. Análisis estadístico

Las curvas de dosis-mortalidad se estimaron utilizando un análisis Probit con el procedimiento PROC PROBIT ([Institute, 2004](#)). La razón de toxicidad (*RT*₅₀) de los aceites esenciales más promisorios fue calculada en base a la Concentración letal *CL*₅₀ previamente estimada ([Robertson et al., 2017](#)) y en base a la siguiente fórmula:

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

Dónde: *CL*₅₀[2] = concentración letal muestra 2; *CL*₅₀[1] = concentración letal muestra 1.

7. Resultados

7.1. Toxicidad de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* al gorgojo *Pagiocerus frontalis*

Los niveles de mortalidad obtenidos en los bioensayos de dosis - respuesta para *Pagiocerus frontalis* se ajustaron satisfactoriamente al modelo Probit (las pruebas de ajuste mostraron valores χ^2 bajos [$< 6,7$] para *Ocotea quixos*, [$< 4,38$] *Ruta graveolens* y valores P altos [> 0.05]), lo que permitió estimar las concentraciones letales (CL) y subletales para los gorgojos adultos cuando fueron expuestos vía fumigante. La CL_{50} de *Ocotea quixos* para *Pagiocerus frontalis* fue de 126,14 [122,34 – 130,02] $\mu\text{L/L}^{-1}$ y, para *Ruta graveolens* $CL_{50} = 153,37$ [14,55 – 164,30] $\mu\text{L/L}^{-1}$, siendo tóxicos para adultos de *Pagiocerus frontalis* (Figura 1).

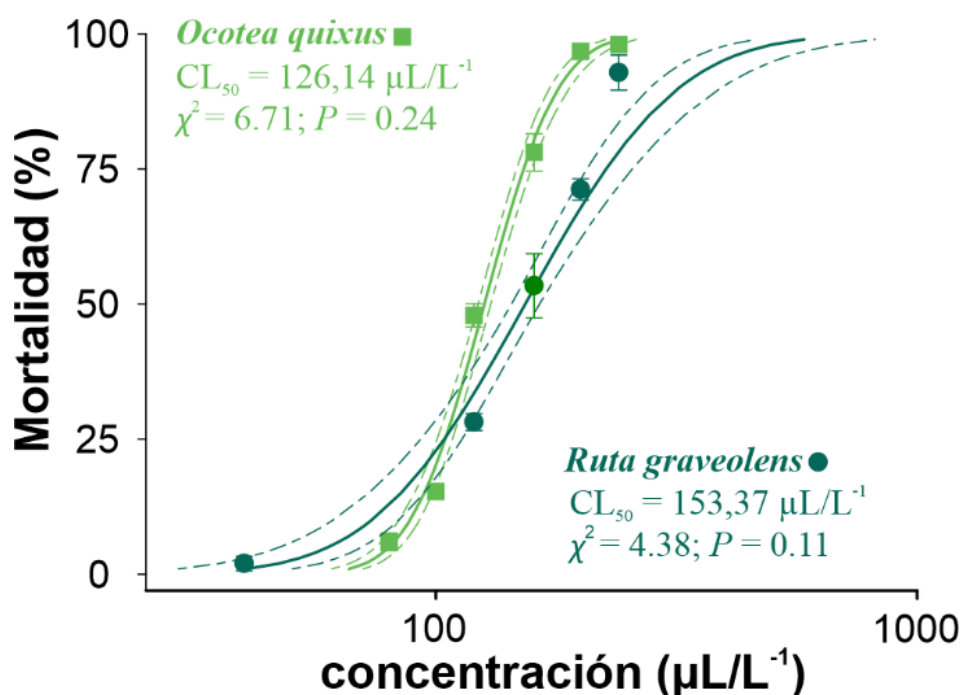


Figura 1. Toxicidad de los aceites de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* para el gorgojo *Pagiocerus frontalis*. Las líneas representan los valores estimados de concentración letal (CL) obtenidos en los resultados de concentración - mortalidad sometidos a un análisis Probit.

7.2. Análisis químico de los aceites esenciales

El análisis cromatográfico reveló que el aceite esencial de *Ocotea quixos* está compuesto principalmente por o-Cymene (25,87%), α -Pinene (14,09%), 1, 8-Cineole (6,91) y Limonene (6,67%) (Tabla 2). Al realizar un análisis de los principales compuestos de este aceite esencial podemos afirmar que los 29 compuestos identificados conforman el 95,16% de la totalidad del aceite.

Tabla 2. Composición química del aceite esencial de *Ocotea quixos*

NC	TR	Compuesto	IRC	IRL	%	SD	Tipo	FQ	PM g/mol
1	8,46	Thujene < α ->	919	924	4,85	0,24	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,24
2	8,78	Pinene < α ->	926	932	14,09	0,70	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
3	9,51	Camphene	943	946	0,22	0,01	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,24
4	10,52	Sabinene	968	969	3,08	0,15	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
5	10,74	Pinene < β ->	973	974	2,53	0,13	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
6	11,25	Myrcene	985	988	1,89	0,09	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
7	12,12	Phellandrene < α ->	1004	1002	4,45	0,22	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
8	12,55	Terpinene < α ->	1013	1014	4,68	0,23	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
9	12,77	Cymene < ρ ->	1018	1020	0,55	0,03	HM	C ₁₀ H ₁₄	134,22
10	13,06	Cymene <o->	1024	1022	25,87	1,29	HM	C ₁₀ H ₁₄	134,22
11	13,16	Limonene	1026	1024	6,67	0,33	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,24
12	13,26	Phellandrene < β ->	1028	1025	0,45	0,02	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
13	13,35	Cineole <1, 8->	1030	1026	6,91	0,35	MO	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25
14	14,56	Terpinene < γ ->	1055	1054	5,45	0,27	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
15	15,83	Terpinolene	1082	1086	0,29	0,01	HM	C ₁₀ H ₁₆	136,23
16	16,76	Linalool	1102	1095	0,30	0,01	MO	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25
17	20,71	Terpinen-4-ol	1184	1174	2,66	0,13	MO	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25
18	21,54	Decanol <3->	1201	1196	3,03	0,15	MO	C ₁₀ H ₂₂ O	158,29
19	23,65	Ascaridole	1247	1234	1,22	0,06	MO	C ₁₀ H ₁₆ O ₂	168,23
20	26,75	Terpinyl acetate < δ ->	1315	1316	0,25	0,01	SO	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196,29

21	28,86	Eugenol	1362	1356	0,32	0,02	MO	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	164,20
22	29,23	Copaene <α->	1371	1374	0,69	0,03	HS	C ₁₅ H ₂₄	204,36
23	31,20	Caryophyllene <(E)->	1417	1417	2,01	0,10	HS	C ₁₅ H ₂₄	204,35
24	34,06	Amorpha-4,7(11)-diene	1485	1479	0,76	0,04	HS	C ₁₅ H ₂₄	204,35
25	34,21	Selinene <β->	1488	1489	0,57	0,03	HS	C ₁₅ H ₂₄	204,35
26	34,48	Isodaucene	1495	1500	0,29	0,01	HS	C ₁₅ H ₂₄	204,35
27	38,01	Thujopsan-2-α-ol	1584	1586	0,29	0,01	SO	C ₁₅ H ₂₆ O	222,37
28	38,15	Caryophyllene oxide	1587	1582	0,61	0,03	SO	C ₁₅ H ₂₄ O	220,35
29	46,03	Bisabolol acetate <epi-α->	1801	1802	0,22	0,01	DO	C ₁₇ H ₂₈ O ₂	264,40

NC: número de compuesto. TR: tiempo de retención. IRC: índice de retención calculado. IRL índice de retención de bibliografía.
 FQ: fórmula química. PM: Peso molecular.

De igual forma el aceite esencial de *Ruta graveolens* está compuesto principalmente por 2-Nonanone (45,80%), 2-Undecanone (42,47%), y 2-Decanone (1,88%) (Tabla 3). Los 13 compuestos identificados en este análisis conforman el 97,30% de la totalidad del aceite esencial.

Tabla 3. Composición química del aceite esencial de *Ruta graveolens*

NC	TR	Compuesto	IRC	IRL	%	SD	Tipo	FQ	PM (g/mol)
1	11,55	Octanone <2->	992	988	0,68	0,03	OT	C ₈ H ₁₆ O	128,22
2	16,40	Nonanone <2->	1094	1087	45,80	2,29	OT	C ₉ H ₁₈ O	142,24
3	16,90	Nonanol <2->	1104	1097	0,37	0,02	OT	C ₉ H ₂₀ O	144,25
4	17,02	Nonanal <n->	1107	1100	0,42	0,02	OT	C ₉ H ₁₈ O	142,24
5	18,50	Geijerene	1138	1138	0,84	0,04	HS	C ₁₂ H ₁₈	162,27
6	21,14	Decanone <2->	1193	1190	1,88	0,09	MO	C ₁₀ H ₂₀ O	156,27
7	22,91	Hexenyl 2-methyl butanoate <(3Z)->	1230	1229	1,66	0,08	SO	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	184,27
8	25,89	Undecanone <2->	1295	1293	42,47	2,12	SO	C ₁₁ H ₂₂ O	170,29
9	26,25	Undecenal <(8Z)->	1303	1300	0,27	0,01	SO	C ₁₁ H ₂₀ O	168,28
10	26,50	Citronellic acid	1309	1312	0,30	0,02	MO	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170,25
11	28,97	Undecanal <2-methyl->	1365	1365	0,98	0,05	SO	C ₁₂ H ₂₄ O	184,32
12	30,29	Tetradecane <n->	1395	1400	0,91	0,05	HS	C ₁₄ H ₃₀	198,39
13	34,53	Tridecanone <2->	1496	1495	0,73	0,04	MO	C ₁₃ H ₂₆ O	198,34

NC: número de compuesto. TR: tiempo de retención. IRC: índice de retención calculado. IRL índice de retención de bibliografía. FQ: fórmula química. PM: Peso molecular.

7.3. Evaluación de repelencia

El aceite esencial de *Ocotea quixos* fue repelente para adultos de *Pagiocerus frontalis* cuando se expuso por 24h, excepto en la concentración CL₁₀ 88,30 $\mu\text{L/L}^{-1}$; (IR= 0,19) mismo que no presentó diferencia significativa con respecto al control (Fig. 2A). Contrariamente el aceite esencial de *Ruta graveolens* logro repeler al gorgojo, excepto en la concentración CL₉₀ 319,97 $\mu\text{L/L}^{-1}$; (IR= 0,86) que no presentó diferencia significativa con el control (Fig. 2B)

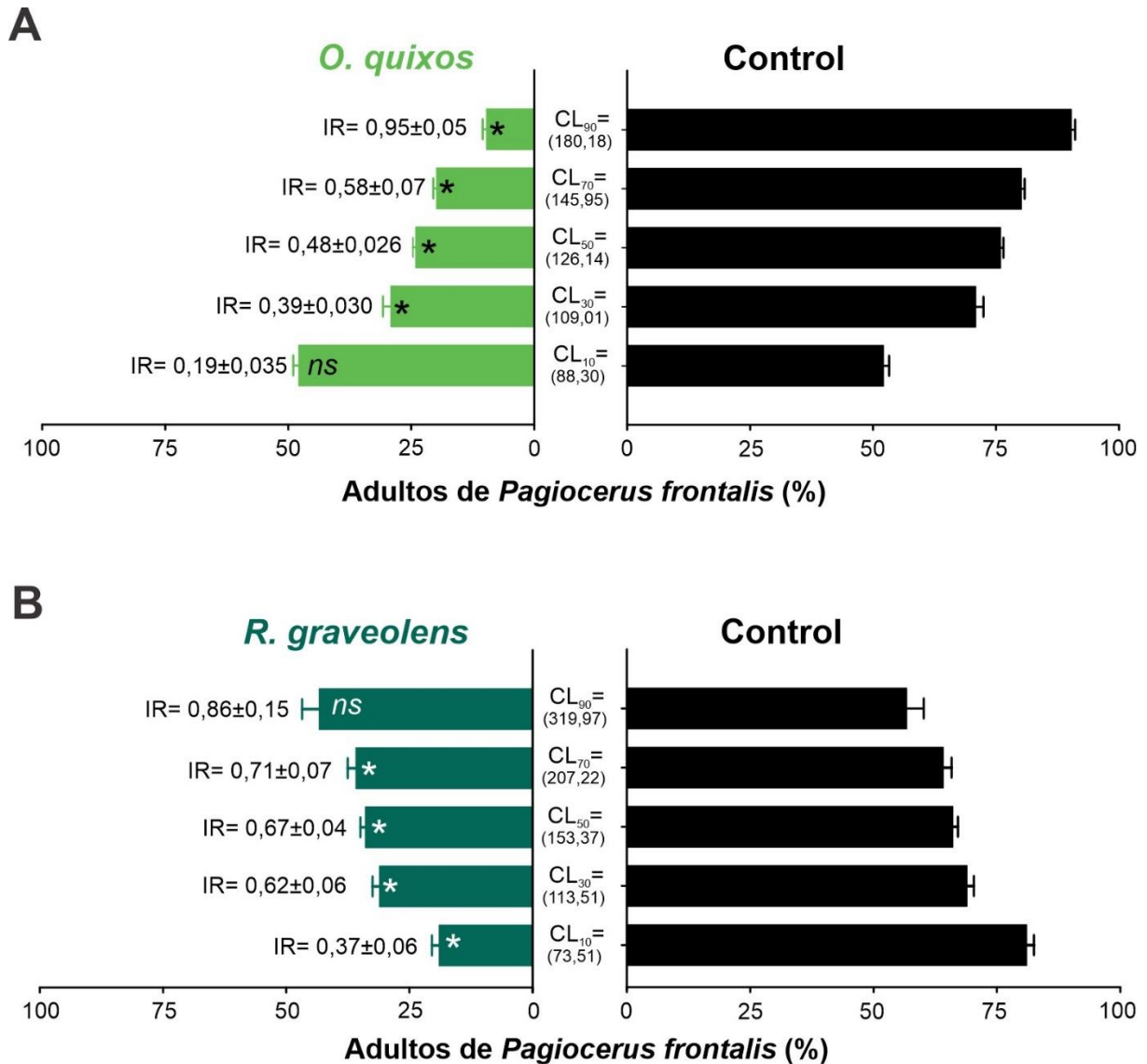


Figura 2. Porcentaje de adultos de *Pagiocerus frontalis* que se desplazaron a los recipientes de maíz no tratados y tratados con aceite esencial de *Ocotea quixos* (A) y *Ruta graveolens* (B). Cada barra representa la media de cinco réplicas para cada concentración y aceite esencial.

8. Discusión

Los aceites esenciales han demostrado ser una de las opciones más promisorias para reemplazar los insecticidas sintéticos para el control de insectos plagas. Estos productos son considerados insecticidas naturales eficaces, seguros y ecológicos. Aquí, se demuestra la toxicidad y repelencia de los aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* contra una de las principales plagas del maíz blanco almacenado; el gorgojo *Pagiocerus frontalis*.

Los aceites esenciales aquí evaluados, presentaron una composición química diversa como es común en estos productos. Sin embargo, los componentes o-Cymene, α -Pinene y 1,8-Cineole se presentan en mayor cantidad en *Ocotea quixos*; y 2-Nonanone y 2-Undecanone destacan en el aceite esencial de *Ruta graveolens*. Una composición química similar de *Ocotea quixos* con α -Pinene como mayoritario fue reportado previamente ([Noriega & Dacarro, 2008](#); [Scalvenzi et al., 2016](#)); sin embargo, valores menores de este compuesto en este mismo aceite esencial también fueron encontrados ([Noriega & Samaniego, 2006](#)). Estas variaciones es común en aceites esenciales y pueden ser atribuidas a factores bióticos, abióticos, metodología de extracción, parte de la planta utilizada, entre otros ([Attia et al., 2018](#); [Valarezo et al., 2021](#)). En el caso del aceite esencial de *Ruta graveolens* los compuestos mayoritarios aquí encontrados fueron similares a otros estudios ([Reddy & Al-Rajab, 2016](#); [Rojas et al., 2011](#)). Y justamente de su composición química y la proporción de cada uno de estos compuestos depende la actividad biológica de estos productos.

Los resultados del presente estudio demuestran el potencial insecticida de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* para adultos de *Pagiocerus frontalis* vía fumigante. La toxicidad del aceite esencial de *Ocotea quixos* a artrópodos ha sido reportada en otros estudios; con efectos letales para *Nasutitermes corniger* ([Arteaga-Crespo et al., 2021](#)) y para el ácaro *Rhipicephalus microplus* ([Passos et al., 2022](#)). Es conocido que la actividad biológica de los aceites esenciales es atribuida a los compuestos mayoritarios; por tanto, este efecto para el aceite esencial de *Ocotea quixos* los compuestos o-Cymene, α -Pinene y 1,8-Cineole serían los responsables de este efecto insecticida. En este sentido el efecto insecticida de o-Cymene fue comprobado para *Tribolium castaneum* ([Luo et al., 2019](#)) *Blattella germanica* ([Chang et al., 2012](#)) *Liposcelis bostrychophila* ([Feng et al., 2021](#)). Similarmente α -Pinene también presentó toxicidad a plagas a granos almacenados como *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricorne*, y *Liposcelis bostrychophila*, presentando en algunos casos mejor efecto tóxico que el producto de tierra de diatomeas Detech® ([Atay et al., 2023](#); [Langsi et al., 2020](#); [Sun et al., 2020](#)); y 1,8-

Cineole también controló *Callosobruchius maculatus*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* y *Tribolium castaneum* ([Aggarwal et al., 2001](#); [Lee et al., 2004](#)).

Por su parte el potencial insecticida del aceite esencial de *Ruta graveolens* ha sido evidenciado en otros insectos plaga de granos almacenados como *Sitophilus Oryzae* ([Perera & Karunaratne, 2016](#)), *Sitophilus zeamais* ([Achimón et al., 2022](#); [Perera et al., 2022](#); [Zurita Vásquez et al., 2017](#)), *Ectomyelois ceratoniae* Zeller y *Ephestia kuehniella* ([Chaaban et al., 2019](#)) y otras plagas de importancia agrícola como el áfido *Rhopalosiphum padi* L. ([Wang et al., 2022](#)), o el mosquito *Culiseta longiareolata* ([Bouabida & Dris, 2020](#)). Y en estudios realizados por [Faria et al. \(2016\)](#) este mismo aceite esencial presentó efectos nematocida. El efecto tóxico del aceite esencial de *Ruta graveolens* es atribuido a sus principales componentes aquí encontrados, siendo el 2-Nonanone y 2-Undecanone. Cuando insolado el componente 2-Nonanone fue reportado como tóxico para *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae* y *Tribolium castaneum* ([Ncibi et al., 2020](#); [Yücel et al., 2023](#)) y contra el acaro *Rhipicephalus annulatus* ([Youssef et al., 2024](#)). Similarmente 2-Undecanone también mostró toxicidad a otras plagas de granos almacenados como *Tenebrio molitor* y *Trogoderma granarium*, *Sitophilus oryzae*, y *Tribolium castaneum* ([Faiza et al., 2023](#); [Nahar et al., 2021](#); [Najem et al., 2020](#)); además de la hormiga *Solenopsis invicta* ([Kurmanbayeva et al., 2023](#)).

Además, nuestros resultados evidenciaron el efecto repelente del aceite esencial de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* a adultos de *Pagiocerus frontalis*. Para el aceite esencial de *Ocotea quixos* la repelencia fue directamente proporcional a la concentración usada, con un efecto nulo en la menor concentración. Aunque son pocos los estudios de este aceite esencial evaluando repelencia en insectos, los compuestos mayoritarios de este producto como α -Pinene y 1,8-cineol presentaron repelencia a *Sitophilus zeamais* y *Callosobruchus maculatus* respectivamente ([Barbosa et al., 2021](#); [Langsi et al., 2020](#); [Xu et al., 2023](#)). Ya el aceite esencial de *Ruta graveolens* tuvo un efecto repelente inversamente proporcional, logrando repeler al gorgojo *Pagiocerus frontalis*, excepto en la mayor concentración, resultados similares fueron encontrados por [Najem et al. \(2020\)](#) donde este aceite fue repelente para *Tribolium castaneum* Herbst. Similarmente en otro estudio [Hadis et al. \(2003\)](#) indica que este mismo aceite repele el mosquito *Mansonia spp.*, al oeste de Etiopía. Contrariamente a los estudios reportados, el aceite esencial de *Ruta graveolens* presentó un efecto atrayente a adultos de *Ceratitis capitata*. ([Mabrouka et al., 2018](#)).

Los resultados obtenidos en este estudio, junto con la información disponible en literatura, confirman que el uso de aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* puede convertirse en una herramienta a ser incorporada en Programas de Manejo Integrado de *Pagiocerus frontalis*, lo que contribuiría a una reducción significativa en el consumo de insecticidas sintéticos.

9. Conclusiones

- Los aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* presentan 100 % de toxicidad a adultos de *Pagiocerus frontalis*, por lo que pueden ser consideradas potenciales herramientas para su uso en el manejo integrado de plagas.
- Ambos aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Ruta graveolens* de manera general lograron repeler a adultos de *Pagiocerus frontalis*, claro está que en el caso de *Ocotea quixos* se necesita una concentración letal más alta, respecto a la utilizada en el aceite esencial de *Ruta graveolens*.

10. Recomendaciones

- Realizar estudios sobre efectos biológicos en *Pagiocerus frontalis* al ser expuestos a las distintas concentraciones subletales de estas biomoléculas.

11. Bibliografía

- Abbad, A., Kasrati, A., Jamali, C. A., Zeroual, S., Ba M'hamed, T., Spooner-Hart, R., & Leach, D. (2014). Insecticidal properties and chemical composition of essential oils of some aromatic herbs from Morocco. *Natural product research*, 28(24), 2338-2341. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14786419.2014.936015>
- Achimón, F., Peschiutta, M. L., Brito, V. D., Beato, M., Pizzolitto, R. P., Zygadlo, J. A., & Zunino, M. P. (2022). Exploring contact toxicity of essential oils against *Sitophilus zeamais* through a Meta-Analysis Approach. *Plants*, 11(22), 3070. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants11223070>
- Adams, R. P. (2017). Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 5 online ed. *Gruver, TX USA: Texensis Publishing*.
- Aggarwal, K. K., Tripathi, A. K., Prajapati, V., & Kumar, S. (2001). Toxicity of 1, 8-cineole towards three species of stored product coleopterans. *International Journal of Tropical Insect Science*, 21(2), 155-160. <https://doi.org/10.1017/S1742758400020208>
- Alam, M. J., Ahmed, K. S., Hossen, B., Mozammel, H., & Hoque, A. (2019). Storage pests of maize and their status in Bangladesh. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 20(02), 1724-1730. <https://doi.org/https://doi.org/10.18801/jbar.200219.210>
- Alvarez Martinez, J. P. (2020). Métodos de control para gorgojo de maíz (*Pagiocerus frontalis*) en almacén.
- Álvarez, M. R., Meléndez, L. A., & Cosío, S. M. R. (2017). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. <http://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1001/540>
- Arteaga-Crespo, Y., Ureta-Leones, D., García-Quintana, Y., Montalván, M., Gilardoni, G., & Malagón, O. (2021). Preliminary predictive model of termiticidal and repellent activities of essential oil extracted from *Ocotea quixos* leaves against *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae) using one-factor response surface methodology design. *Agronomy*, 11(6), 1249. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11061249>
- Atay, T., Alkan, M., Ertürk, S., & Toprak, U. (2023). Individual and combined effects of α -Pinene and a native diatomaceous earth product on control of stored product beetle pests. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 26(4), 102149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aspen.2023.102149>
- Attia, E. Z., Abd El-Baky, R. M., Desoukey, S. Y., Mohamed, M. A. E. H., Bishr, M. M., & Kamel, M. S. (2018). Chemical composition and antimicrobial activities of essential oils of *Ruta graveolens* plants treated with salicylic acid under drought stress conditions. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 254-264. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fjps.2018.09.001>
- Barbosa, D. R. e. S., de Oliveira, J. V., da Silva, P. H. S., Santana, M. F., Breda, M. O., de França, S. M., & de Miranda, V. L. (2021). Lethal and sublethal effects of chemical constituents from essential oils on *Callosobruchus maculatus* (F.)(Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in cowpea stored grains. *Journal of Plant Diseases and*

- Protection*, 128, 1575-1586. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41348-021-00543-x>
- Bouabida, H., & Dris, D. (2020). Effect of rue (*Ruta graveolens*) essential oil on mortality, development, biochemical and biomarkers of *Culiseta longiareolata*. *South African Journal of Botany*, 133, 139-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.07.005>
- Castro, R., & Mejía, K. (2011). Preferencia alimentaria de *Pagiocerus frontalis* en variedades de maíz en el distrito de Coya–Provincia de Calca. In.
- Caviedes, M., Carvajal-Larenas, F. E., & Zambrano, J. L. (2020). Tecnologías para el cultivo de maíz (*Zea mays*. L) en el Ecuador. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.18272/aci.v14i1.2588>
- Chaaban, S. B., Hamdi, S. H., Mahjoubi, K., & Jemâa, J. M. B. (2019). Composition and insecticidal activity of essential oil from *Ruta graveolens*, *Mentha pulegium* and *Ocimum basilicum* against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 126, 237-246. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41348-019-00218-8>
- Chang, K.-S., Shin, E.-H., Park, C., & Ahn, Y.-J. (2012). Contact and fumigant toxicity of *Cyperus rotundus* steam distillate constituents and related compounds to insecticide-susceptible and-resistant *Blattella germanica*. *Journal of Medical Entomology*, 49(3), 631-639. <https://doi.org/https://doi.org/10.1603/ME11060>
- Chávez, E. C., Flores, J. L., Fuentes, Y. M. O., Acevedo, L. G., Zabeth, M. H. B., & Portugal, V. O. (2010). Evaluación de aceites y extractos vegetales para el control de *Sitophilus zeamais* y su efecto en la calidad de semilla de maíz. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42(1), 135-145.
- Devi, T. B., Raina, V., & Rajashekar, Y. (2022). A novel biofumigant from *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray for control of stored grain insect pests. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 184, 105116.
- Faiza, A., Rafik, B., Aissa, H., & Othmane, M. (2023). Chemical Composition and Toxic Effect of Plant Essential Oil Against *Sitophilus Oryzae* (L)(Insecta: Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Advanced Zoology*, 44(5). <https://doi.org/10.17762/jaz.v44i5.2556>
- Faria, J. M., Rodrigues, A. M., Sena, I., Moiteiro, C., Bennett, R. N., Mota, M., & Figueiredo, A. C. (2016). Bioactivity of *Ruta graveolens* and *Satureja montana* essential oils on *Solanum tuberosum* hairy roots and *Solanum tuberosum* hairy roots with *Meloidogyne chitwoodi* co-cultures. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(40), 7452-7458. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b03279>
- Fekhar, N., Boutoumi, H., Krea, M., Moulay, S., Asma, D., & Benmaamar, Z. (2017). Thionation of essential oils from Algerian *Artemisia herba-alba* L. and *Ruta montana* L.: Impact on their antimicrobial and insecticidal activities. *Chemistry Journal of Moldova*, 12(2), 50-57.

- Feng, Y.-X., Zhang, X., Wang, Y., Chen, Z.-Y., Lu, X.-X., Du, Y.-S., & Du, S.-S. (2021). The potential contribution of cymene isomers to insecticidal and repellent activities of the essential oil from *Alpinia zerumbet*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 157, 105138. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.105138>
- Freitas, R. C. P., Faroni, L. R. D. A., Haddi, K., Jumbo, L. O. V., & Oliveira, E. E. (2016). Allyl isothiocyanate actions on populations of *Sitophilus zeamais* resistant to phosphine: Toxicity, emergence inhibition and repellency. *Journal of Stored Products Research*, 69, 257-264. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.09.006>
- García-Lara, S., Espinosa Carrillo, C., & Bergvinson, D. J. (2007). *Manual de plagas en granos almacenado y tecnologías alternas para su manejo y control*. CIMMYT.
- Grefa Yumbo, M. E. (2021). *Respuesta del maíz blanco harinoso tipo chazo a las condiciones agroclimáticas de Cevallos, Tungurahua, Ecuador*
- Hadis, M., Lulu, M., Mekonnen, Y., & Asfaw, T. (2003). Field trials on the repellent activity of four plant products against mainly *Mansonia* population in western Ethiopia. *Phytotherapy research*, 17(3), 202-205. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ptr.1051>
- Institute, S. (2004). *SAS/ETS 9.1 User's Guide*. SAS Institute.
- Isama Amaguaña, A. (2019). *Identificación de las principales plagas del cultivo del maíz suave (Zea mays L.) en la parroquia de Eugenio Espejo, Otavalo, Imbabura El Angel: UTB, 2019]*.
- Isman, M. B. (2020). Bioinsecticides based on plant essential oils: A short overview. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 75(7-8), 179-182.
- Kambouche, N., Merah, B., Bellahouel, S., Bouayed, J., Dicko, A., Derdour, A., . . . Soulimani, R. (2008). Chemical composition and antioxidant potential of *Ruta montana* L. essential oil from Algeria. *Journal of medicinal food*, 11(3), 593-595.
- Kostyukovsky, M., Rafaeli, A., Gileadi, C., Demchenko, N., & Shaaya, E. (2002). Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 58(11), 1101-1106.
- Kurmanbayeva, A., Ospanov, M., Tamang, P., Shah, F. M., Ali, A., Ibrahim, Z. M., . . . Khan, I. A. (2023). Regioselective Claisen–Schmidt Adduct of 2-Undecanone from *Houttuynia cordata* Thunb as Insecticide/Repellent against *Solenopsis invicta* and Repositioning Plant Fungicides against *Colletotrichum fragariae*. *Molecules*, 28(16), 6100. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules28166100>
- Langsi, J. D., Nukenine, E. N., Oumarou, K. M., Moktar, H., Fokunang, C. N., & Mbata, G. N. (2020). Evaluation of the insecticidal activities of α -Pinene and 3-Carene on *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Insects*, 11(8), 540. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects11080540>
- Lee, B.-H., Annis, P. C., & Choi, W.-S. (2004). Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1, 8-cineole against 3 major stored-grain insects. *Journal of*

- Luicho Leguía, M. L., & Rojas Yupanqui, L. F. (2020). Actividad insecticida de los aceites esenciales de las plantas para el control de coleópteros de los granos agrícolas almacenados: revisión Sistemática.
- Luo, C., Li, D., Wang, Y., Guo, S., Zhang, D., & Du, S. (2019). Chemical composition and insecticide efficacy of essential oils from *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* Swingle against *Tribolium castaneum* Herbst in stored medicinal materials. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(5), 1182-1194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1685914>
- Mabrouka, G., Guarino, S., Virgilio, C., Filippo, S., Milko, S., Nuray, B., . . . Gabriella, L. V. (2018). Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann)(Diptera Tephritidae). *Journal of Pest Science*, 91(2), 907-917. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-0952-6>
- Martínez-Peralta, E. R., Ahmed, A. M., & Cabezas-Guerrero, M. F. (2022). Ozone Impacts in Suppressing Stored Grain Insect Pests in Maize: A Clean and Safe Control Strategy Compared with Phosphine Toxin-Gases. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control*, 14(1), 213-219. <https://doi.org/10.21608/eajbsf.2022.245226>
- Marvaldi, A., & Lanteri, A. (2005). Clave de taxones superiores de gorgojos sudamericanos basada en caracteres de los adultos (Coleoptera, Curculionoidea). *Revista chilena de historia natural*, 78(1), 65-87. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2005000100006>
- Mazzonetto, F., & Vendramim, J. D. (2003). Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology*, 32, 145-149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1519-566X2003000100022>
- Medina, M. R., de Anda, G. F. V., & Monroy, J. G. (2012). Revisión de la intoxicación aguda por fosforo de aluminio. *Medicina Crítica*, 26(4), 242-246.
- Mendesil, E., Tadesse, M., & Negash, M. (2012). Efficacy of plant essential oils against two major insect pests of coffee (coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, and antestia bug, *Antestiopsis intricata*) and maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(3), 366-372.
- Mir, S. A., Mir, M. B., Shah, M. A., Hamdani, A. M., Sunooj, K. V., Phimolsiripol, Y., & Khaneghah, A. M. (2023). New prospective approaches in controlling the insect infestation in stored grains. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 102058.
- Nahar, L., El-Seedi, H. R., Khalifa, S. A., Mohammadhosseini, M., & Sarker, S. D. (2021). Ruta essential oils: Composition and bioactivities. *Molecules*, 26(16), 4766.
- Najem, M., Bammou, M., Bachiri, L., Bouiamrine, E. H., Ibijbijen, J., & Nassiri, L. (2020). Ruta chalepensis L. Essential Oil Has a Biological Potential for a Natural Fight against the Pest of Stored Foodstuffs: *Tribolium castaneum* Herbst. *Evidence-Based*

- Narciso, J. O. A., Soares, R. O. d. A., Reis dos Santos Mallet, J., Guimarães, A. É., de Oliveira Chaves, M. C., Barbosa-Filho, J. M., & Maleck, M. (2014). Burchellin: study of bioactivity against *Aedes aegypti*. *Parasites & vectors*, 7, 1-10.
- Ncibi, S., Attia, S., Diop, S. M. B., Hance, T., & Ammar, M. (2020). Bio-insecticidal activity of three essential oils against *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792)(Coleoptera: Bostrichidae). *African Entomology*, 28(2), 339-348.
- Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2007). Natural products as sources of new drugs over the last 25 years. *Journal of natural products*, 70(3), 461-477.
- Noriega, P., & Dacarro, C. (2008). Aceite foliar de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.: actividad antimicrobiana y antifúngica. *La granja*, 7(1), 3-8.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n7.2008.01>
- Noriega, P., & Samaniego, M. (2006). Análisis de la composición química del aceite esencial extraído de las hojas de *Ocotea Quixos* (Ishpink) por Cromatografía gaseosa acoplada a masas. *La granja*, 5(1), 3-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n5.2006.01>
- Olivero-Verbel, J., Caballero-Gallardo, K., Jaramillo-Colorado, B., & Stashenko, E. (2009). Actividad repelente de los aceites esenciales de *Lippia origanoides*, *Citrus sinensis* y *Cymbopogon nardus* cultivadas en Colombia frente a *Tribolium castaneum*, Herbst. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 41(3), 244-250.
- 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>
- Perera, A., & Karunaratne, M. (2016). Efficacy of essential oil of *Ruta Graveolens* leaves against *Sitophilus Oryzae* (Linnaeus) as a biorational pesticide in post-harvest pest management. <http://dr.lib.sjp.ac.lk/handle/123456789/5750>
- Perera, A., Karunaratne, M., & Chinthaka, S. (2022). Prolonged repellent activity of *Ruta graveolens* essential oil adsorbed on different mineral matrices against *Sitophilus zeamais* (L.)(Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 97, 101976. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jspr.2022.101976>
- Reddy, D. N., & Al-Rajab, A. J. (2016). Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of *Ruta graveolens* L. volatile oils. *Cogent Chemistry*, 2(1), 1220055. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23312009.2016.1220055>
- Rey-Valeirón, C., Guzmán, L., Saa, L. R., López-Vargas, J., & Valarezo, E. (2017). Acaricidal activity of essential oils of *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch and *Schinus molle* L. on unengorged larvae of cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Journal of Essential Oil Research*, 29(4), 344-350. <https://doi.org/10.1080/10412905.2016.1278405>

- Rivera, J. E., Tafoya, F., López-Muraira, I., Silos-Espino, H., Carrillo-Rodríguez, J., & Segovia, C. P. (2022). Evaluación de extractos vegetales como una alternativa de control para dos plagas de maíz almacenado, *sitophilus zeamais* (motschulsky) y *prostephanus truncatus* (horn). *Revista Bio Ciencias*, 9, 13 pág-13 pág. <https://doi.org/https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1282>
- Robertson, J. L., Jones, M. M., Olguin, E., & Alberts, B. (2017). *Bioassays with arthropods*. CRC press.
- Rojas, J., Mender, T., Rojas, L., Gullien, E., Buitrago, A., Lucena, M., & Cardenas, N. (2011). Estudio comparativo de la composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Ruta graveolens* L. recolectada en los estados Mérida y Miranda, Venezuela. *Avances en Química*, 6(3), 89-93.
- Saldarriaga Vélez, A. (1984). El *Pagiocerus frontalis* (F.), plaga del maíz almacenado: biología, hábitos y notas ecológicas. *Revista Colombiana de Entomología*, 10(3-4), 9-14. <https://doi.org/https://doi.org/10.25100/socolen.v10i3-4.10280>
- Scalvenzi, L., Grandini, A., Spagnoletti, A., Tacchini, M., Neill, D., Ballesteros, J. L., . . . Guerrini, A. (2017). Myrcia splendens (Sw.) DC.(syn. M. fallax (Rich.) DC.)(Myrtaceae) essential oil from Amazonian Ecuador: A chemical characterization and bioactivity profile. *Molecules*, 22(7), 1163.
- 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), 039-046.
- Serna-Saldivar, S. O., & Carrillo, E. P. (2019). Food uses of whole corn and dry-milled fractions. In *Corn* (pp. 435-467). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00016-4>
- Shaaya, E., & Rafaeli, A. (2007). Essential oils as biorational insecticides—potency and mode of action. In *Insecticides design using advanced technologies* (pp. 249-261). Springer.
- Sun, J. S., Feng, Y., Wang, Y., Li, J., Zou, K., Liu, H., . . . Du, S.-s. (2020). α -pinene, caryophyllene and β -myrcene from *Peucedanum terebinthaceum* essential oil: Insecticidal and repellent effects on three stored-product insects. *Records of Natural Products*, 14(3), 189. <https://doi.org/10.25135/rnp.149.19.05.1287>
- Tapia, C., Paredes Andrade, N., Naranjo Quinaluisa, E. J., Tacán, M., Monteros, A., Pérez Ruíz, C. F., & Valverde Vanegas, Y. M. (2017). Caracterización morfológica de la diversidad de razas de *Zea mays* en la Sierra norte de Ecuador.
- Tituaña Peralta, J. I. (2022). *Evaluación de beauveria bassiana para el control del gorgojo barrenador del grano (pagiocerus frontalis), en grano almacenado de maíz (zea mays l.), bajo condiciones controladas, Salache–Latacunga–Cotopaxi-2021* Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].
- Torres, L. M. R., Huanca, B. R., & Quispe, L. S. (2021). Actividad insecticida del aceite esencial de Pampa Anís (*Tagetes filifolia* Lag.) sobre el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*). *Revista de Investigaciones*, 10(3), 186-197.

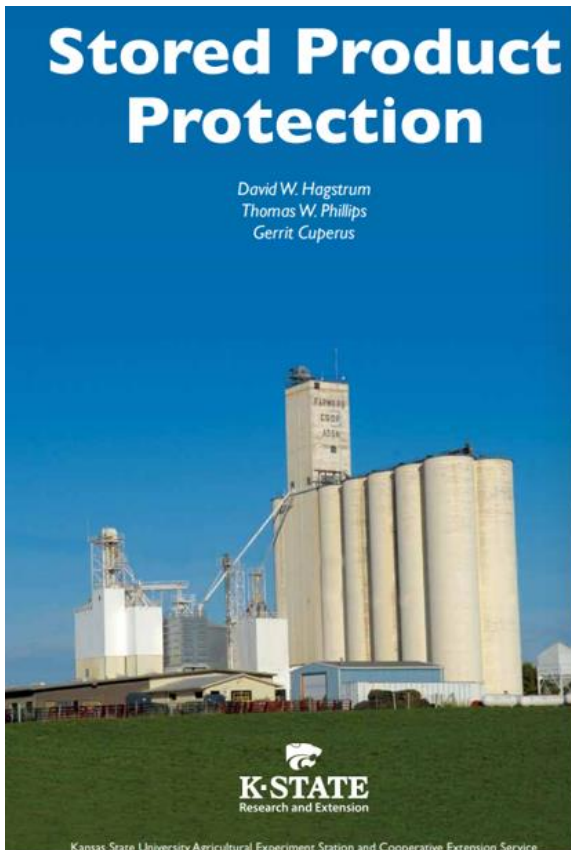
- Valarezo, E., Vullien, A., & Conde-Rojas, D. (2021). Variability of the chemical composition of the essential oil from the Amazonian ishingpo species (*Ocotea quixos*). *Molecules*, 26(13), 3961. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules26133961>
- van Den Dool, H., & Kratz, P. D. (1963). A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of chromatography*.
- Viteri, L. O. J., 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.
- Wang, S., Li, S. C., Cheng, F. S., Ren, T., Mei, D. H., Gao, K., & Song, Q. Y. (2022). Antifungal, Repellency, and Insecticidal Activities of *Cymbopogon distans* and *Ruta graveolens* Essential Oils and Their Main Chemical Constituents. *Chemistry & Biodiversity*, 19(10), e202200351. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cbdv.202200351>
- Xu, G., Zheng, Q., Wei, P., Zhang, J., Liu, P., Zhang, H., . . . Chen, Q. (2023). Metabolic engineering of a 1, 8-cineole synthase enhances aphid repellence and increases trichome density in transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Pest Management Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ps.7520>
- Yáñez, C., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Zambrano Mendoza, J. L., Caicedo, M., Heredia, J., . . . Quimbita, A. (2010). Guía de producción de maíz de altura.
- Youssef, A. A., Abdelgawad, A. A., Abdel-Ghany, H. S., & Abdelshafy, S. (2024). Chemical Composition of the Essential Oil from *Ruta chalepensis* L. Growing Wild and its Acaricidal Activity Against the Cattle Tick *Rhipicephalus annulatus* (Acari: Ixodidae). *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 55(4), 955-964. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2023.250314.1676>
- Yücel, Y. Y., Karakoç, Ö. C., Servî, H., Gücel, S., Nalbantsoy, A., & Polatoğlu, K. (2023). Fumigant and contact toxicity of *Ruta chalepensis* l.(Rutaceae) essential oil against five coleopteran stored product pests and its effects on cholinesterases. *Plant Protection Bulletin*, 63(4), 52-65. <https://doi.org/https://doi.org/10.16955/bitkorb.1374633>
- Zuñiga Olaguibel, M. (2022). Composición química de los aceites esenciales de *Minthostachys spicata* (Benth) Epling, *Clinopodium bolivianum* (Benth) Kuntze, *Tanacetum vulgare* Linnaeus y *Mentha x piperita* var. *Citrata* (Ehrh.) Briq y su efecto insecticida para *Pagiocerus frontalis*.
- Zurita Vásquez, H., Valle Velástegui, L., Vásquez, C., Curay Quispe, S., Buenaño Sánchez, M., & Guevara Freire, D. (2017). Efficiency of using insecticide plants on control of maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky,(Coleoptera: Curculionidae). *Investigación Agraria*, 19(2), 120-126. <https://doi.org/https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2017.diciembre.120-126>.
- Zygadlo, J. A., Achimón, F., Brito, V. D., Krapacher, C. R., Arena, J. S., Leal, L., . . . Herrera, J. M. (2021). Essential oils as the basis for the development of bioinsecticides. In: Universidad Nacional de Córdoba.

12. Anexos

Anexo 1. Cría masiva del insecto *Pagiocerus frontalis*.



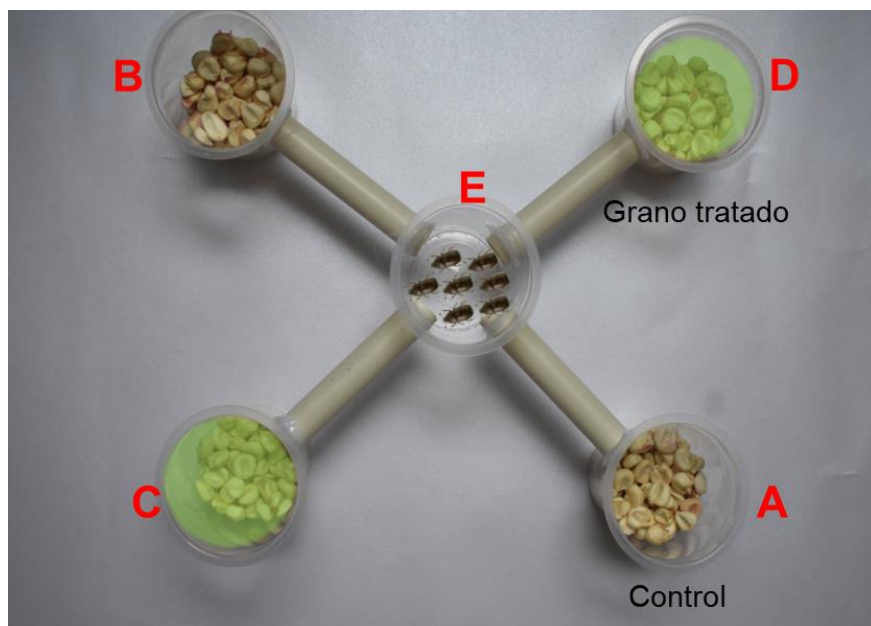
Anexo 2. Identificación taxonómica del insecto



Anexo 3. Ensayo de toxicidad



Anexo 4. Ensayo de repelencia



Anexo 5. Extracción de los aceites esenciales.



Loja, 27 de febrero de 2024

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Doctora.

Erika Lucía González Carrión. PhD.

Docente de la Facultad de la Educación, el Arte y la Comunicación de la Universidad Nacional de Loja

CERTIFICO:

En mi calidad de traductora del idioma Inglés, con capacidades que pueden ser probadas a través de las traducciones realizadas para revistas de alto impacto como: Comunicar(Q1): <https://bit.ly/3v0JggL> así como a través de la Certificación de conocimiento del Inglés, nivel B2, que la traducción del Resumen (Abstract) del Trabajo de Integración Curricular denominado: *Aceite esencial de origen vegetal como potencial controlador del gorgojo Pagiocerus frontalis en maíz blanco almacenado*; de autoría del señor estudiante: **Osmany Manuel Herrera Armijos** con CI: **1105111551**, es correcta y completa, según las normas internacionales de traducción de textos.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la interesada, **Osmany Manuel Herrera Armijos** hacer uso legal del presente, según estime conveniente.

Atentamente,



Dra. Erika González Carrión. PhD.

Docente de la Facultad de la Educación, el Arte y la Comunicación Universidad Nacional de Loja