



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

Efecto de aceites esenciales en la mortalidad, reproducción, y repelencia de *Callosobruchus maculatus*, plaga de la zarandaja (*Lablab purpureus*) almacenada.

**Trabajo de Integración
Curricular previo a la obtención
del título de Ingeniero Agrónomo**

AUTOR:

Victor Hugo Valladares Cabrera

DIRECTOR

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Tinoco Tinoco Freddy Eliazar**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto de aceites esenciales en la mortalidad, reproducción, y repelencia de Callosobruchus maculatus, plaga de la zarandaja (Lablab purpureus) almacenada**, perteneciente al estudiante **Victor Hugo Valladares Cabrera**, con cédula de identidad N° 1150191292.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 4 de Marzo de 2024



Cedula de Identificación por:
FREDDY ELIAZAR
TINOCO TINOCO

F)

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-000746

1/1
Educamos para Transformar

Autoría

Yo, **Victor Hugo Valladares Cabrera**, declaro ser autor 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:



Autor/a: Victor Hugo Valladares Cabrera

Cédula de identidad: 1150191292

Dirección: Las peñas, Loja, Ecuador

Correo electrónico: victor.valladares@unl.edu.ec

Teléfono: 0969370998

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

Yo, **Victor Hugo Valladares Cabrera**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de aceites esenciales en la mortalidad, reproducción, y repelencia de *Callosobruchus maculatus*, plaga de la zarandaja (*Lablab purpureus*) almacenada**, como requisito para optar por 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 Integración Curricular que realice un tercero.

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

Firma:



Autor/a: Victor Hugo Valladares Cabrera

Cédula de identidad: 1150191292

Dirección: Las peñas, Loja, Ecuador

Correo electrónico: victor.valladares@unl.edu.ec

Teléfono: 0969370998

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director/a del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Freddy Tinoco Tinoco Mg. Sc.

Dedicatoria

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida dedico con todo mi corazón mi Trabajo de Integración Curricular a mis padres, A mi mamá por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ella y a mi papá. También quiero agradecer especialmente a mi papá Valla por estar conmigo en todo momento motivándome a superarme, tu apoyo y motivación a lo largo de este tiempo me ha ayudado a tener constancia y determinación para sobrellevar este proceso, este reto universitario no lo hubiese logrado sin tu ayuda.

A mis amigas Andrea, Evelyn, Genesis, Nataly, Valeria quienes sin esperar nada a cambio me brindaron todo su cariño, compartieron sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales, han sido parte de grandes momentos y risas. También esto va para mi grupo de trabajo y amigos de la universidad, Alina, Adrián, Camilo, Osmany y Julia, que hicieron de mis días mejores y compartieron sus conocimientos, alegrías y me ayudaron a que todo esto se haga realidad.

Victor Hugo Valladares Cabrera

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecer a mi Universidad por permitirme tener tan buena experiencia durante todo este tiempo, así también por convertirme en profesional, agradezco a cada uno de los docentes que hicieron parte de este proceso integral de formación.

También quiero agradecer al Dr. Luis Viteri por brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también por su colaboración y paciencia para guiarme en todo este proceso del trabajo de investigación.

De la misma manera agradezco al Dr. Eduardo Valarezo, por su colaboración en la extracción de los aceites esenciales en la Universidad Técnica Particular de Loja, en el laboratorio de química, gracias por su predisposición.

Y finalmente quiero agradecer al profesor Freddy Tinoco Mg.Sc por ayudarme en la dirección de mi trabajo en el último ciclo.

Victor Hugo Valladares Cabrera

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tablas	ix
Índice de Figuras	x
Índice de anexos	x
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción.	4
4. Marco Teórico	7
4.1. Zarandaja	7
4.1.1. Importancia económica de la zarandaja	7
4.1.2. Problemas del Almacenamiento de zarandaja.....	7
4.2. Gorgojo (<i>Callosobruchus maculatus</i>)	7
4.2.1. Taxonomía.....	8
4.2.2. Importancia	8
4.2.3. Ciclo de vida	8
4.2.4. Principales hospederos.....	10
4.2.5. Mecanismos de infección.....	10
4.2.6. Tipos de Perdidas que genera.....	10
4.3. Formas de control del gorgojo	11
4.3.1. Químico.....	11
4.3.2. Agentes naturales	12
4.3.3. Microorganismos	12

4.4. Aceites esenciales	13
4.4.1. Composición química	14
4.4.2. Aplicación de aceites esenciales	15
4.4.3. Modo de acción.....	15
5. Materiales y Métodos	17
5.1. Metodología General	17
5.1.1. Localización del estudio.....	17
5.2. Metodología para el primer objetivo específico	17
5.2.1. Cría masiva de insectos.....	17
5.2.2. Extracción de aceite esencial	17
5.2.3. Cromatografía de gases (GC) de <i>Tagetes patula</i>	18
5.2.4. Toxicidad letal de aceite esencial <i>Tagetes patula</i> sobre la especie <i>Callosobruchus maculatus</i> .	
18	
5.3. Metodología para el segundo objetivo específico	19
5.3.1. Efectos de los aceites esenciales en el desarrollo biológico de <i>Callosobruchus maculatus</i>	19
5.4. Metodología para el tercer objetivo específico.	20
5.4.1. Actividad de repelencia para adultos de <i>Callosobruchus maculatus</i>	20
5.4.2. Análisis estadístico.....	20
6. Resultados	21
6.1. Análisis químico del aceite esencial de <i>Tagetes patula</i>	21
6.2. Toxicidad del aceite esencial de <i>Tagetes patula</i> a los gorgojos <i>Callosobruchus maculatus</i> ..	22
6.3. Efecto del aceite esencial de <i>Tagetes patula</i> en la reproducción de <i>Callosobruchus maculatus</i>	23
6.4. Repelencia de <i>Tagetes patula</i> a <i>Callosobruchus maculatus</i>	23
7. Discusión	25
8. Conclusiones	28
9. Recomendaciones	29
10. Bibliografía	30
11. Anexos	37

Índice de Tablas

Tabla 1. Composición química del aceite esencial <i>Tagetes patula</i>	21
Tabla 2. Toxicidad del aceite esencial <i>Tagetes patula</i> para el gorgojo <i>Callosobruchus maculatus</i>	22

Índice de Figuras

Figura 1. Curva de dosis respuesta del aceite esencial <i>Tagetes patula</i> para <i>Callosobruchus maculatus</i> ; símbolos en la curva representan la media de cada de seis replicas y las líneas verticales el estándar error.	22
Figura 2. Tasa instantánea de crecimiento de <i>Callosobruchus maculatus</i> cuando expuesto a dosis subletales y letales del aceite esencial <i>Tagetes patula</i> ; símbolos representan la media de seis replicas y la línea en cada barra el Error padrón.	23
Figura 3. Repelencia del aceite esencial <i>Tagetes patula</i> para <i>Callosobruchus maculatus</i> ; la barra representa la media de seis replicas y la línea en cada barra el Error padrón.	24

Índice de anexos

Anexo 1. Reproducción masiva del insecto	37
Anexo 2. Extracción del aceite esencial	37
Anexo 3. Ensayo de mortalidad del insecto.....	38
Anexo 4. Ensayo de Repelencia	38
Anexo 5. Ensayo de reproducción.	39
Anexo 6. Certificado de traducción de ingles del resumen	40

1. Título

Efecto de aceites esenciales en la mortalidad, reproducción, y repelencia de *Callosobruchus maculatus*, plaga de la zarandaja (*Lablab purpureus*) almacenada.

2. Resumen

La zarandaja (*Lablab purpureus*) es uno de los granos secos que posee una gran fuente de proteína vegetal, así como también tiene un gran aporte de carbohidratos, grasas, fibra y minerales, es muy resistente a áreas propensas a la sequía. Su almacenamiento para el consumo se ha visto afectado por el ataque del insecto *C. maculatus* causando daños severos en el grano, el daño económico que genera es crítico ya que pierde parcialmente o en su totalidad el valor comercial, haciendo que su pérdida de peso sea de un 50 %. Por este motivo se han utilizado insecticidas de tipo sintético para contrarrestar los ataques del insecto, comprometiendo así la salud y seguridad alimentaria de los consumidores, y generando resistencia a los insectos. A continuación, se realizó la extracción y análisis químico del aceite esencial de *Tagetes patula*, para luego realizar la prueba de actividad de este aceite sobre el insecto *C. maculatus*. El análisis de cromatografía de gases demostró que este aceite esencial está compuesto principalmente por α -Ocimene, y β -Caryophyllene como sus principales componentes; mientras que α -Caryophyllene, Limonene, Piperitone, α -Caryophyllene también están presentes en considerables cantidades. *Tagetes patula* $DL_{50} = 132,09$ (122,03 - 141,97) $\mu\text{L}/\text{kg}$ lo cual resulto ser letal para *C. maculatus* a las 24 horas de ser expuesto por contacto. Así mismo, este aceite resulto ser repelente para *C. maculatus* sin importar la concentración, cuando estuvo expuesto por 24 h. Así como también logro inhibir en la ovoposición y proliferación de los insectos, esta reducción fue dependiente de las concentraciones aplicadas, y a partir de la $LC_{30} = 92,0$ $\mu\text{L}/\text{Kg}$ la tasa de crecimiento es menor a cero (0) y continua hasta ($r_i = -0,15$). En este estudio se demuestra un potencial uso de aceites esencial como medida preventiva y curativa por pequeños productores en las unidades de almacenamiento.

Palabras clave: Letal, *C. maculatus*, Ovoposición, Zarandaja, *Tagetes patula*.

Abstract

Lablab purpureus (hyacinth bean) is one of the dry grains that provides a great source of plant protein, as well as significant amounts of carbohydrates, fats, fiber, and minerals. It is highly resistant to drought-prone areas. However, its storage for consumption has been affected by the attack of the insect *C. maculatus*, causing severe damage to the grain. The economic damage caused by this insect is critical, as it can partially or completely devalue the commercial worth of the grain, leading to a weight loss of up to 50%. For this reason, synthetic insecticides have been used to counteract the insect attacks, thereby compromising consumer health and food safety, and leading to insect resistance. In this study, the extraction and chemical analysis of the essential oil of *Tagetes patula* was performed, followed by testing the activity of this oil on the insect *C. maculatus*. Gas chromatography analysis showed that this essential oil is mainly composed of (E)- β -Ocimene and ρ -Mentha-2,4(8)-diene as its primary components, while (Z)- β -Ocimene, Limonene, Piperitone, and (E)-Caryophyllene are also present in considerable amounts. *Tagetes patula* DL50 = 132.09 (122.03 - 141.97) μ L/kg proved to be lethal to *C. maculatus* within 24 hours of contact exposure. Additionally, this oil was found to be repellent to *C. maculatus* regardless of concentration when exposed for 24 hours. It also successfully inhibited oviposition and the proliferation of the insects, with this reduction being concentration-dependent. Starting from LC30 = 92.0 μ L/kg, the growth rate was below zero (0) and continued to decrease ($r_i = -0.15$). This study demonstrates the potential use of essential oils as a preventive and curative measure by small producers in storage units.

Key Words: Lethal, *C. maculatus*, Oviposition, Hyacinth Bean (or *Lablab purpureus*), *Tagetes patula*.

3. Introducción.

A nivel mundial la zarandaja (*Lablab purpureus*) se utiliza principalmente como verdura, alimento para animales y un fuerte fijador de nitrógeno. Es una excelente fuente de proteína vegetal en la dieta humana porque sus semillas y vainas contienen entre un 20 % y un 28 % de proteína. Esta planta es también una fuerte fuente de carbohidratos, grasas, fibra y minerales (fósforo, calcio, hierro), es extremadamente resistente en áreas propensas a la sequía y ofrece una nutrición relativamente económica que atrae a los investigadores a diseñar forraje, genotipos específicos de legumbres y ensilaje a través de la reproducción genética ([Naeem et al., 2020](#)).

En Ecuador la producción de zarandaja se encuentra sentada en la provincia de Loja en 4 cantones (Sozoranga, Calvas, Celica y Pindal) el nivel de hectáreas sembradas es de 594, el nivel de producción anual es de 190,91 en toneladas. La superficie promedio sembrada de zarandaja seca, es de 11 253 hectáreas, se cosecha aproximadamente 10 001 hectáreas, el rendimiento anual promedio es de 0,19 t/ha ([Flores Pogo, 2013](#)). Se ha demostrado que a pesar de su importancia económica y social en los países en desarrollo, la zarandaja ha recibido poca atención desde el punto de vista de la investigación ([Naeem et al., 2023](#)).

La producción de zarandaja se ha visto obstaculizada debido al ataque de una serie de insectos, y causan daños severos al grano. En una investigación realizada por [Abdullahi and Dandago \(2021\)](#) sostiene que *Callosobruchus* tiene una gran importancia económica, debido a los ataques por esta plaga que a menudo causa calefacción, dando lugar a un amplio crecimiento de moho o algún otro tipo de hongo, la distribución de este insecto es en todo el mundo, especialmente en las regiones cálido templado y tropical, el daño económico que ocasiona es crítico porque los granos infestados pierden parcial o totalmente su valor comercial, debido a que son rechazados para el consumo humano. Por tal razón, ([Khursheed et al., 2022](#)) expone que el uso potencial de los aceites esenciales o sus derivados para el control de plagas, pueden reducir el desarrollo de resistencia en estas plagas.

Pese a la cantidad de distintas investigaciones, el interés en el uso potencial de los aceites esenciales o sus derivados para el control de plagas, como bioinsecticidas, ha crecido enormemente en las últimas dos décadas. Al contrario, su producción comercial en productos para el control de plagas basados en aceites esenciales se ve afectada significativamente, lo que indica que existe una

gran desconexión entre la investigación académica y la práctica industrial ([Isman, 2020](#)). A diferencia de los insecticidas, los aceites esenciales presentan una mayor eficacia, una aplicación más segura y una mayor biodegradabilidad. Además, la alta diversidad en la composición de los aceites esenciales reduce el desarrollo de resistencia en estas plagas. Varios estudios han demostrado las propiedades plaguicidas de los productos botánicos contra varias plagas de granos almacenados con un registro de más de 2000 especies de plantas. Estas plantas se utilizan principalmente como extractos acuosos/disolventes, polvos, lodos, volátiles y aceites ([Mssillou et al., 2022](#)).

Como es de conocimiento, que al aplicar productos químicos en granos almacenados afecta la seguridad alimentaria del consumidor, por lo que se opta por el uso de aceites esenciales, la cual es una alternativa viable menos dañina al no registrar investigaciones y que, además, se desconoce la aplicación de aceite esencial de *Tagetes patula* en *Callosobruchus* para la zarandaja almacenada. Esta investigación se desarrollará para poder dar soluciones más prácticas y menos dañinas con el medio ambiente, y así ayudar a los pequeños productores que cuentan con espacios de almacenamiento más reducidos y puedan controlar los insectos que atacan a los granos. Por esta razón la presente investigación se evaluará el efecto de diferentes concentraciones de aceites esenciales en la mortalidad, repelencia, y reproducción de *Callosobruchus* para zarandaja almacenada y así comprobar su efectividad de los aceites esenciales y su diversidad en su composición química, la misma que ayudará a contrarrestar a los insectos.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la toxicidad de aceites esenciales para el control de la plaga *Callosobruchus maculatus* plaga de la zarandaja (*Lablab purpureus*) almacenada.

Objetivo Especifico

- Construir una curva de dosis de respuesta con aceites esenciales para el gorgojo (*Callosobruchus maculatus*)
- Determinar el efecto de aceites esenciales en la reproducción de (*Callosobruchus maculatus*)
- Evaluar el efecto repelente del aceite esencial para el control de (*Callosobruchus maculatus*)

4. Marco Teórico

4.1. Zarandaja

4.1.1. Importancia económica de la zarandaja

La zarandaja es una excelente fuente de proteína vegetal en la dieta humana porque sus semillas y vainas contienen entre un 20 % y un 28 % de proteína. Esta planta es también una fuerte fuente de carbohidratos, grasas, fibra y minerales (fósforo, calcio, hierro). La zarandaja (*Lablab purpureus*) se utilizan principalmente como verdura, alimento para animales y un fuerte fijador de nitrógeno ([Naeem et al., 2023](#)).

Se estima que es una de las especies de leguminosas domesticadas más variadas y se utiliza como legumbre, verdura, alimento para ganado, abono verde, hierba decorativa o medicinal. Sin embargo, la leguminosa medicinal es extremadamente resistente en áreas propensas a la sequía y ofrece una nutrición relativamente económica que atrae a los investigadores a diseñar forraje, genotipos específicos de legumbres y ensilaje a través de la reproducción genética ([Naeem et al., 2020](#)).

4.1.2. Problemas del Almacenamiento de zarandaja

Las principales especies de insectos plaga que atacan a las leguminosas durante su almacenamiento incluyen a: *C. chinensis*, *C. maculatus*, *C. theobromae*, *C. analis*, *C. phaseolin*, *Acanthoscelides obtectus*, y *Zabrotes subfasciatus*. Los gorgojos se alimentan de cultivos de leguminosas dentro y fuera del campo y son las plagas más destructivas durante el almacenamiento. Las semillas de las leguminosas secas contienen carbohidratos, proteínas y lípidos, que fácilmente son consumidos por los brúquidos. ([Letting et al., 2021](#)).

4.2. Gorgojo (*Callosobruchus maculatus*)

El gorgojo *C. maculatus* es originario de África y se propagó rápidamente por todos los continentes con el comercio de legumbres y entre otros cultivos. Este coleóptero tiene una distribución cosmopolita y se encuentra en todos los continentes excepto en la Antártida. *Callosobruchus*, comprende al menos 20 especies, exhibe una metamorfosis holometábola con

etapas de vida que incluyen huevo, larva, pupa y adulto. Los escarabajos del frejol desarrollan dos formas, es decir, una forma sedentaria y una forma de vuelo o dispersión ([Mssillou et al., 2022](#)).

4.2.1. Taxonomía

Los brúquidos (*Callosobruchus spp*) pertenecen al orden Coleóptera, familia Bruchidae y genero *Callosobruchus* y consisten en más de 1300 especies con 20 de ellas reportadas que afectan de manera negativa a los cultivos de leguminosas en los países en desarrollo ([Letting et al., 2021](#)).

4.2.2. Importancia

La plaga más importante durante el almacenamiento son los brúquidos (*Callosobruchus spp*), lo que resulta en una pérdida total de hasta el 90 % del grano de leguminosa almacenado. Debido a la falta de investigación sobre el mejor método de control para el ataque de brúquidos en zarandaja, la adopción de la producción de zarandaja por parte de los agricultores ha disminuido. Los estudios sobre la resistencia a los brúquidos son necesarios para comprender el modo de resistencia y poder obtener variedades con las características deseadas por los agricultores ([Letting et al., 2021](#)).

4.2.3. Ciclo de vida

C. maculatus al ser un insecto holometábolo consta de cuatro etapas de vida, a saber. huevo, larva (larva), pupa y adulto. Se observaron un total de cuatro estadios larvarios en la etapa larval.

Huevos. Después de tres a cuatro horas después de la emergencia de los adultos, el apareamiento dura de 3 a 6 minutos, después de lo cual la hembra agarra con fuerza la semilla y pone huevos individualmente en cualquier parte de la cubierta de la semilla. El apareamiento con las hembras se observó varias veces. La hembra secreta una sustancia similar al pegamento durante la puesta de huevos, que pega los huevos a la cubierta de la semilla. La hembra pone huevos durante un máximo de 5 a 6 días. Después del apareamiento, pone el número máximo de huevos,

a saber, 35 a 40, el primer día, luego se reduce gradualmente a 7 a 9 huevos. Sin embargo, cuando hay escasez de la cantidad requerida de alevines frescos o un número limitado de alevines, la hembra puede poner varios huevos en un solo alevín. La fecundidad de las hembras es de 120 a 132 huevos. ([Salunkhe & Gaikwad, 2023](#)).

Larva. La etapa larvaria comprende cuatro estadios larvarios. El primer estadio se desarrolla dentro del huevo y hace un agujero circular en la cubierta de la semilla con la ayuda de piezas bucales masticadoras y perfora la semilla alimentándose del endospermo del grano y crece. La duración total de la comida varía de 15 a 19 días. Toda la etapa de larva se completa dentro del grano. La larva en el segundo estadio excava y se alimenta del endospermo del frijol. Esta etapa de estadio dura de 3 a 4 días; en este estadio se ve segmentación en el cuerpo, con el cuerpo ancho detrás de la cabeza y una apariencia jorobada al final. El tercer estadio es de color blanco amarillento, en forma de C, con una pequeña cabeza de color marrón negruzco; es más activo y aumenta de tamaño al alimentarse vorazmente del endospermo; en este estadio son visibles los brotes de las patas y la segmentación en el cuerpo, con una duración de 3 a 4 días. El cuarto estadio también es de color blanco amarillento, en forma de C, con una pequeña cabeza de color marrón negruzco, crece en tamaño y endospermo devorado; con yemas de las patas y crestas de segmentación prominentes. Perfora la semilla en una posición justo debajo de la cubierta de la semilla antes de la pupa, con una duración que varía de 3 a 4 días ([Salunkhe & Gaikwad, 2023](#)).

Pupa. En esta etapa se revela la estructura de la larva que se rompe y se forma la estructura del adulto; el 1er día se desarrollan rudimentos del ala, antenas, patas y probóscide, mientras que el segundo día se desarrollan el ala, antenas, patas y probóscide; Se inicia la esclerotización del ojo y aparece el desarrollo de pelo cuticular en la cabeza, alas anteriores y patas. El período de pupa varía de 4 a 5 días ([Salunkhe & Gaikwad, 2023](#)).

Adulto. Permanece en el grano durante varios días después de la pupa masticando y quitando un trozo circular de la cubierta de la semilla. Los adultos que emergen de las semillas están bien adaptados a las condiciones de almacenamiento, maduran reproductivamente y no necesitan alimento ni agua para reproducirse. Mientras que después de 24 a 48 horas de emergencia, los adultos alcanzan la madurez sexual. El macho adulto es más pequeño y posee una forma redonda que la hembra. El macho es ovalado, mientras que la hembra es alargada. El pigidio

está cubierto por élitros en el macho y expuesto en la hembra debido a los huevos ([Salunkhe & Gaikwad, 2023](#)).

4.2.4. Principales hospederos

El gorgojo *C. maculatus* es una de las principales plagas de los productos almacenados, incluidos el frejol chileno boca negra (*Vigna unguiculata*), el garbanzo (*Cicer arietinum*), la lenteja (*Lens culinaris*), la soya (*Glycine max.*), zarandaja (*Lablab purpureus*) y frejoles blancos (*Phaseolus vulgaris*). El uso de insecticidas sintéticos ha generado problemas como la contaminación ambiental, la toxicidad humana y el desarrollo generalizado de resistencia a los insecticidas, por lo que existe la necesidad de nuevas alternativas de control de plagas. Recientemente, se llevan a cabo varias investigaciones ([Mssillou et al., 2022](#))

4.2.5. Mecanismos de infección.

El mecanismo de infección de estos insectos empieza por el adulto poniendo huevos en la vaina o en la superficie de la semilla, que se convierten en larvas y excavan a través de las vainas hasta la semilla, alimentándose del cotiledón rico en nutrientes. Las larvas crecen utilizando las sustancias alimenticias y también dañan el embrión en la semilla y los brúquidos adultos emergen creando agujeros en la superficie de la semilla. Por lo tanto, la calidad física y fisiológica de las semillas se ve, a través de la infestación primaria y la infestación secundaria por contaminación con sus excretas y crecimiento de moho, lo que hace que disminuya su valor de mercado. ([Letting et al., 2021](#)).

4.2.6. Tipos de Perdidas que genera.

Un estudio realizado por [Berhe et al. \(2022\)](#) exponen que los granos de garbanzos severamente dañados experimentan pérdidas de calidad y cantidad durante el almacenamiento. Según un análisis de productos de garbanzos almacenados en Etiopía, el daño causado por

Callosobruchus resultó en una pérdida de peso total que oscilaba entre el 36,9 % y el 51,9 %. Además, una investigación de laboratorio reveló que *Callosobruchus* indujo una pérdida de peso del 50 % en productos de garbanzos que se mantuvieron durante ocho meses en el centro de Etiopía. Además de la pérdida real, *Callosobruchus*, daña el grano de garbanzo también se consideró inadecuado para alimentos o piensos, debido al deterioro, el mal olor y la generación de toxinas, así como para la siembra debido a la mala germinación.

Las semillas de garbanzo sufren pérdidas físicas directas y deterioro de la calidad que influyen en el valor de exportación del cultivo, así como en su valor nutricional, lo que afecta directamente la seguridad alimentaria de la nación. Por lo tanto, los sistemas de almacenamiento convencionales, junto con tecnologías de almacenamiento mejoradas, pueden reducir significativamente los daños por pérdidas postcosecha durante el almacenamiento de garbanzos, lo que ayudará a mitigar las enormes pérdidas sufridas ([Berhe et al., 2022](#)).

4.3. Formas de control del gorgojo

Existe información limitada sobre los métodos de control de gorgojo en Zarandaja (*Lablab purpureus*). Entre las que más destacan tenemos: la aplicación de aceite vegetal, detergente en polvo, carbón de bambú, solución de lejía, polvo de galanga y carbarilo para controlar la plaga del gorgojo en zarandaja, lo cual mostró resultados positivos al limitar la población de plagas. Los estudios sobre la aplicación de aceite y extracto de semilla de Neem comprueban su eficacia en el control de gorgojos en zarandaja, pero determinando la concentración y proporciones correctas a aplicar para el control, así como los límites de seguridad de su uso. La brecha existente en los métodos de control de zarandaja ilustra la necesidad de comprender el mecanismo de resistencia y la acción de los genes que es integral en la mejora de variedades resistentes ([Mssillou et al., 2022](#)).

4.3.1. Químico

La prevención del gorgojo en granos almacenados, productos alimenticios y cultivos cosechables ha recibido una atención crucial. Se utilizan varias técnicas para la prevención de granos almacenados y cultivos postcosecha contra este insecto. La prevención y el control de plagas requiere el uso de plaguicidas químicos con frecuencia en terrenos agrícolas y áreas de

almacenamiento. Por lo general, en los granos almacenados, los productos químicos de bromuro de metilo y fosfina que se utilizan principalmente para controlar las plagas de coleópteros. A consecuencia de esto el uso excesivo de estos pesticidas químicos conduce la aparición de varios efectos secundarios, como toxicidad en especies no objetivo, impacto negativo al medio ambiente y resistencia de plagas. El método eficaz que se utiliza normalmente para controlar *C. maculatus*, es la toxicidad fumigante con fosfina; sin embargo, este enfoque trae como efectos secundarios graves en la salud humana. Otro producto que se utiliza para el manejo de plagas en los productos almacenados es el fosfato de aluminio, pero como efecto secundario este compuesto se consideró tóxico para el corazón, vasos sanguíneos, y los pulmones, del ser humano ([Mssillou et al., 2022](#)).

4.3.2. Agentes naturales

Las plantas son la principal fuente de síntesis de productos naturales bioactivos y proporcionan alternativas significativas a los agentes de control de plagas químicos/sintéticos que utilizan actualmente. Todos los productos naturales sintetizados por las plantas se agrupan en metabolitos primarios y secundarios. Los metabolitos primarios se componen de los principales componentes básicos de la vida, como ácidos nucleicos, proteínas, lípidos y carbohidratos. Los metabolitos secundarios simplemente se agrupan en fenólicos (como ácidos fenólicos, lignina, taninos, flavonoides, estilbenos, lignanos y cumarinas), terpenos (como carotenoides, glucosinolatos y alcaloides). Los metabolitos secundarios son los constituyentes clave de las plantas que participan en el mecanismo de defensa de las plantas contra insectos ([Khursheed et al., 2022](#)).

4.3.3. Microorganismos

Las peptidasas producidas por hongos se pueden usar para el control biológico de plagas de insectos y diversos patógenos, incluidas bacterias, hongos y nematodos. Se demostró que las peptidasas alcalinas extracelulares de *Aspergillus fumigatus* cultivadas en presencia del exoesqueleto del gorgojo *C. maculatus* pueden facilitar la colonización del insecto huésped. Las peptidasas de hongos entomopatógenos podrían convertirse en los principales participantes de la

preparación de insecticidas o supervectores con el uso de peptidasas, lipasas y quitinasas de estos hongos para resolver problemas de control de plagas de insectos ([Semenova et al., 2020](#)).

Para el control del gorgojo [Ozdemir \(2023\)](#) realizó un estudio, en donde se probaron combinaciones individuales y binarias de *Beauveria bassiana*, *Trichoderma asperellum* y *Diatomaceous earth*. Los tratamientos *Beauveria bassiana* o *Trichoderma asperellum* usados con *Diatomaceous earth* dieron como resultado una mayor eficacia insecticida contra *C. maculatus*. Estos agentes naturales causaron una disminución considerable de la progenie. producción de la plaga. Incluso con aplicación reducida las tasas, los agentes con un potencial prometedor frente a la plaga mostró resultados aceptables en combinaciones binarias.

4.4. Aceites esenciales

Los aceites esenciales que poseen ingredientes activos que actúan sobre las plagas de almacenamiento. Tradicionalmente, las rebanadas de especias secas o especias molidas se mezclan con alimentos almacenados, pero recientemente sus extractos o aceites han dado resultados alentadores. Estos compuestos no dejan residuos tóxicos en el medio ambiente, no son tóxicos para los mamíferos y tienen propiedades medicinales para los humanos. Se sabe que los sabores y olores característicos derivados de los aceites volátiles de las especias tienen varios efectos sobre las plagas de insectos, incluidas las plagas de insectos de granos almacenados. Se pueden usar de manera sostenible para reemplazar los pesticidas sintéticos.

Algunas plantas que se utilizan para combatir plagas de granos almacenados. Las plantas medicinales, *Artemisia vulgaris*, *Artemisia aucheri*, *Artemisia scoparia*, y *Artemisia sieberi*, repelen o envenenan *Tribolium castaneum*. Los aceites esenciales de *Rosmarinus officinale*. (romero) actúan contra *Sitophilus oryzae*. y *T. castaneum*. En cambio *Mentha piperita* L. y *Mentha arvensis* L. tienen actividad fumigante contra *T. castaneum* ([Bezabih et al., 2022](#)).

Recientemente, los aceites esenciales de plantas (EO) se han puesto de relieve como los principales candidatos para los bioinsecticidas derivados de plantas que cumplen con el estándar biológico sostenible de IPM. Estas mezclas complejas son parte del arsenal defensivo de la planta contra diferentes enemigos, con actividad repelente, fumigante, disuasiva de alimentación y

larvicida. Los constituyentes de los aceites esenciales son compuestos orgánicos altamente volátiles (COV) con bajo peso molecular, comúnmente con terpenoides como grupo dominante. Son mezclas de dos a más de 100 sustancias activas y están determinadas por hasta tres componentes presentes en concentraciones relativamente altas en comparación con otros compuestos de aceites esenciales ([Devrnja et al., 2022](#)).

4.4.1. Composición química

Los principales componentes suelen dar las propiedades biológicas del aceite esencial y se pueden dividir en dos grupos principales:

1. Hidrocarburos terpénicos (monoterpenos y sesquiterpenos).
2. Compuestos oxigenados (alcoholes, fenoles, aldehídos y ésteres)

Los terpenos son constituyentes dominantes de los aceites esenciales relacionados con compuestos aromáticos y oxigenados. Una plétora de estudios publicados ha confirmado que las mezclas de aceites esenciales tienen actividad insecticida contra diversos insectos, principalmente en condiciones *in vitro*, y la bioactividad se encuentra frecuentemente relacionada con sus interacciones sinérgicas. Una investigación sobre el uso potencial de los aceites esenciales como bioinsecticidas, indicó que los aceites esenciales obtenidos de varias familias de plantas, incluidas Meliaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Apiaceae, Lamiaceae, y Rutaceae, poseen una actividad insecticida muy fuerte. Actúan como repelente o fumigante, expresando toxicidad por contacto o digestiva en larvas o adultos de los órdenes Lepidópteros, Dípteros, Coleópteros, Hemípteros, e Isópteros ([Devrnja et al., 2022](#)).

[Riaz et al. \(2020\)](#) expone que los componentes que presenta *Tagetes erecta* son Los constituyentes químicos clave son tiofenos, terpenos, flavonoides, benzofuranos, carotenoides y terpenoides.

4.4.2. Aplicación de aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas complejas de terpenos (pineno, limoneno, p-cimeno, etc.) y terpenoides tales como acíclicos alcoholes monoterpenicos (linalool, geraniol), monocíclicos alcoholes (mentol, terpineol, 4-carvomenthenol, etc.) cetonas monocíclicas (pulegona, mentona, carvona), óxidos monocíclicos (1, 8-cineol), aldehídos alifáticos (citral, citronelal), fenoles aromáticos (timol, eugenol), bicíclicos cetonas (tujona), ácidos (ácido citronélico y cinámico, y ésteres (linalilo acetato). La condensación de pirofosfato de isopentenilo unidades da como resultado de la formación de los principales constituyentes de los aceites esenciales, mono y sesquiterpenoides. Considerando que, los diterpenos no pueden ser extraídos por destilación al vapor, por lo tanto, los diterpenos no son el componente de los aceites esenciales.

Los componentes del aceite esencial presentes en los insecticidas y el inhibidor del crecimiento son lipofílicos y actúan como tóxicos, antialimentario y disuasorio para una serie de insectos. Varios Se ha informado que los monoterpenoides tienen propiedades pesticidas. propiedades contra muchas plagas de insectos ([Kumar et al., 2022](#)).

4.4.3. Modo de acción

[Bezabih et al. \(2022\)](#) manifiesta que el modo de acción se refiere a la interacción bioquímica específica a través de la cual un plaguicida muestra su efecto. Básicamente, el modo de acción incluye el efecto sobre ciertas enzimas específicas, proteínas y un sistema biológico. Es la forma en que provoca una alteración fisiológica en su sitio de destino. Por lo tanto, la clase de insecticida, el sitio objetivo y el modo de acción son conceptos altamente interconectados. Comprender el modo de acción es una parte esencial para que los científicos promuevan la calidad y la sostenibilidad de un producto. Se informó a los investigadores que la comprensión de la acción de los pesticidas es multifuncional y normalmente se dirigen a diferentes sistemas metabólicos.

Se establecieron los siguientes modos básicos de acción de la Azadiractina en los insectos:

1. El bloqueo de los receptores de entrada para los fagoestimulantes conduce a la inhibición del proceso de alimentación o la estimulación de las células receptoras de disuasión, o ambos.
2. La inhibición del crecimiento por el bloqueo de una hormona peptídica morfogenética afecta los títulos de ecdisteroide y hormona juvenil.

3. Efectos negativos e histopatológicos directos sobre los músculos de los insectos, el cuerpo graso y las células epiteliales de la cutícula intestinal.

En su trabajo de investigación [Bezabih et al. \(2022\)](#) expone que Azadiractina también ha demostrado sus efectos negativos al reducir el recuento de hemocitos, degenerar los orgánulos y destruir las membranas plasmáticas.

5. Materiales y Métodos

5.1. Metodología General

5.1.1. Localización del estudio

La investigación se desarrolló en el laboratorio de entomología de la Universidad Nacional de Loja, la cual se encuentra ubicada en el sector La Argelia en el sur de la ciudad de Loja.

5.2. Metodología para el primer objetivo específico

5.2.1. Cría masiva de insectos

Los insectos fueron criados en condiciones de laboratorio (27 °C, 75 ± 5 % de humedad relativa, 12 h de escotofase). La zarandaja (*Lablab purpureus*) se obtuvo del mercado local con el nombre común “Zarandaja” (*Lablab purpureus*). Con el fin de evitar posibles infestaciones en el campo y reducir cualquier posible efecto residual del insecticida, los granos de zarandaja se mantuvieron a una temperatura de 10 °C durante 14 días antes de ser ofrecidos a *Callosobruchus maculatus*, Posteriormente, 250 g de zarandaja fueron colocados en frascos de vidrio de 2 litros de capacidad y 200 adultos de *C. maculatus* fueron inseridos, los frascos fueron cerrados con tejido para ventilación; siguiendo metodologías previamente establecidas ([Viteri Jumbo et al., 2014](#); [Viteri Jumbo et al., 2018](#)).

5.2.2. Extracción de aceite esencial

La extracción de los aceites esenciales se la realizó en el laboratorio de la Universidad Técnica Particular de Loja. Inicialmente fueron colectadas hojas de *Tagetes patula* en diferentes lugares y zonas donde no existe riesgo de aplicación de insecticidas. estas hojas fueron posteriormente lavadas, y dejadas por 24 h al ambiente libre; posteriormente fueron colocadas en un equipo tipo Clevenger para ser extraído el aceite esencial vía hidrodestilación como se describe [Jham et al. \(2005\)](#). El proceso de extracción fue por 3 horas y el aceite esencial obtenido se secó

sobre sulfato sódico anhidro y se almacenó en frascos cerrados, protegidos de la luz, a 4 °C, hasta su posterior análisis y utilización.

5.2.3. Cromatografía de gases (GC) de *Tagetes patula*

La caracterización química de los aceites esenciales se realizó mediante espectrometría de masas por cromatografía de gases (GC-MS) utilizando un cromatógrafo de gases SHIMADZU GCMS-QP500, (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón) equipado con un detector de masas por ionización de impacto de electrones (70 eV) y un cromatógrafo de gases GC-2014 (SHIMADZU) equipado con un detector de ionización de llama (GC-FID) ([Jumbo et al., 2022](#)). La identificación de la sustancia se realizó comparando el IA obtenido y los patrones de fragmentación del espectro de masas con los datos de la bibliografía ([Adams, 2005](#)).

5.2.4. Toxicidad letal de aceite esencial *Tagetes patula* sobre la especie *Callosobruchus maculatus*.

Se realizaron bioensayos de dosis-mortalidad para determinar las dosis letales y subletales de los aceites esenciales de *Tagetes patula* para *Callosobruchus maculatus*. Se utilizaron dosis puras de cada aceite esencial para imitar las situaciones que enfrentan los pequeños agricultores. Los aceites esenciales se aplicaron con una micropipeta de 20 a 100 µL en 100 g de zarandaja que se colocaron en frascos de vidrio de 250 mL. Después de la aplicación, los frascos se agitaron manualmente durante 60 s, asegurando una distribución completa del aceite esencial. Treinta adultos de *Callosobruchus maculatus* de 1 a 3 días de edad sin sexar se colocaron en cada frasco, y los frascos se mantuvieron en condiciones controladas (27 °C, 75 ± 5 % de humedad relativa; solo escotofase) durante 24 h. La mortalidad se evaluó después de este período de exposición, y los insectos se consideraron muertos si no podían moverse a una distancia al menos igual a la longitud de su cuerpo. Se utilizaron cinco dosis (5×10^5 ; 1.5×10^6 ; 2.5×10^6 ; 3.5×10^6 ; 4.5×10^6 µL/kg de zarandaja) de aceite de *Tagetes patula* en los bioensayos, según ([Viteri Jumbo et al., 2014](#)).

En cada bioensayo también se utilizó un tratamiento de control (sin aplicación de aceite). Se usaron cinco repeticiones para cada dosis, y las dosis se calcularán como µL de aceite esencial/kg de zarandaja.

5.3. Metodología para el segundo objetivo específico

5.3.1. Efectos de los aceites esenciales en el desarrollo biológico de *Callosobruchus maculatus*.

La tasa de desarrollo (tasa instantánea de aumento – ri) y el crecimiento de la población se utilizaron para estimar los efectos del aceite esencial en el desarrollo biológico de *Callosobruchus maculatus*. Los experimentos sobre la tasa instantánea de aumento y pérdida de grano se realizaron utilizando frascos de vidrio de 250 ml de capacidad que tendrán 100 g de zarandaja sin insecticida. Las masas de zarandaja se tratarán con dosis letales de *Tagetes patula* (en $\mu\text{L}/\text{kg}$ de zarandaja: $\text{DL}_{10} = 55,87$; $\text{DL}_{30} = 92,00$; $\text{DL}_{50} = 132,09$; $\text{DL}_{70} = 187,80$ y $\text{DL}_{90} = 312,20$) aceite esencial, que se basaron en los resultados de dosis-mortalidad obtenidos previamente. Se liberaron 30 insectos adultos en cada frasco y se dejaron colonizar la masa de zarandaja durante 45 días (una generación) en condiciones controladas ($27\text{ }^{\circ}\text{C}$, $75 \pm 5\%$ de humedad relativa, 24 h de ecotofase). Después de este período, se registró el número total de insectos vivos (adultos) y el peso de la zarandaja en cada unidad experimental. Se utilizarán siete réplicas de cada dosis. El tratamiento de control no recibirá ninguna aplicación de aceite esencial. La tasa instantánea de aumento se calculó utilizando la ecuación:

$$ri = \frac{[\ln(\frac{Nf}{Ni})]}{T}$$

Donde:

Nf: número final de insectos vivos (adultos).

Ni: número inicial de insectos vivos (adultos).

T: número de insectos en el recipiente tratado

Los bioensayos para el crecimiento de la población se realizaron utilizando los mismos procedimientos experimentales descritos anteriormente, excepto que los 30 adultos de *Callosobruchus maculatus* que se liberaron en cada frasco se retiraron 15 días después, siguiendo el método descrito por [Trematerra et al. \(1996\)](#). La progenie de los adultos *Callosobruchus maculatus* obtenidos de la zarandaja se evaluaron cada dos días después de la emergencia y se

registraron los datos y los datos acumulados se normalizaron según lo sugerido por ([SAS, 2002](#); [Trematerra et al., 1996](#))

5.4. Metodología para el tercer objetivo específico.

5.4.1. Actividad de repelencia para adultos de *Callosobruchus maculatus*.

El experimento de repelencia se realizó en un aparato que consta de cinco recipientes circulares de plástico (12 cm de diámetro, 8 cm de altura), con un recipiente central (E) conectado a los otros cuatro recipientes (A, B, C y D) mediante cilindros de plástico. (12 cm de largo, 1 cm de diámetro), como describe ([Fouad, 2012](#); [Mazzonetto & Vendramim, 2003](#)). Los recipientes A y B se colocarán de manera diagonal y se llenaron con 100 g de zarandaja tratados con *Tagetes patula* (se usaron cinco dosis [en $\mu\text{L}/\text{kg}$ zarandaja $DL_{10} = 5,58$; $DL_{30} = 9,28$; $DL_{50} = 13,20$; $DL_{70} = 18,78$ y $DL_{90} = 31,22$) aceite esencial. Los contenedores C y D (controles) se llenaron con 100 g de zarandaja sin tratar. En el contenedor central se liberaron 30 adultos de *Callosobruchus maculatus* y a las 24 h se registraron el número total de insectos por contenedor. El porcentaje de repelencia (PR) se calculó según lo propuesto por ([Mazzonetto & Vendramim, 2003](#)):

$$RI = \frac{(2 \times T)}{(T + C)} * 100$$

Donde:

RI = índice de repelencia

C = número de insectos en el con recipientes

T = número de insectos en el recipiente tratado.

5.4.2. Análisis estadístico

Las curvas de dosis-mortalidad se estimaron en análisis Probit utilizando el procedimiento ([SAS, 2002](#)). La tasa instantánea de crecimiento fue analizada mediante una regresión lineal simple (Sigma Plot. 14.5).

6. Resultados

6.1. Análisis químico del aceite esencial de *Tagetes patula*.

La composición química del aceite esencial *Tagetes patula* es presentado en la tabla 1. Mediante el análisis CG-EM se identificaron treinta y dos constituyentes químicos que representan el 97,18 % del aceite esencial de *Tagetes patula*, destacándose el <(E)-β- Ocimene (18,50 %) y el <ρ- Mentha-2,4(8)-diene (17,68 %) como compuestos mayoritarios.

Tabla 1. Composición química del aceite esencial *Tagetes patula*.

Planta	NC	TR	Compuesto	RIC	RIR	Media	SD
<i>Tagetes patula</i>	1	8,75	Pinene <α->	925	932	0,24	0,01
	2	10,50	Sabinene	967	969	0,75	0,04
	3	11,23	Myrcene	984	988	1,07	0,05
	4	12,16	Hexenyl acetate <(3Z)->	1005	1004	0,18	0,01
	5	13,12	Limonene	1025	1024	8,50	0,42
	6	13,45	Ocimene <(Z)-β->	1032	1032	8,80	0,44
	7	13,96	Ocimene <(E)-β->	1043	1044	18,50	0,92
	8	14,31	Tagetone <dihydro->	1050	1046	0,52	0,03
	9	15,83	Mentha-2,4(8)-diene <ρ->	1082	1085	17,68	0,88
	10	16,28	Cymenene <ρ->	1091	1089	0,62	0,03
	11	16,74	Linalool	1101	1095	1,18	0,06
	12	18,14	Epoxy-ocimene <(Z)->	1130	1128	0,34	0,02
	13	18,63	Myroxide <(E)->	1140	1140	6,33	0,32
	14	18,93	Tagetone <(E)->	1147	1139	0,24	0,01
	15	19,30	Tagetone <(Z)->	1154	1148	3,43	0,17
	16	20,68	Terpinen-4-ol	1183	1174	0,27	0,01
	17	21,28	Cymen-9-ol <ρ->	1196	1204	0,26	0,01
	18	21,56	Caranone <cis-4->	1202	1200	0,42	0,02
	19	23,14	Ocimenone <(Z)->	1236	1226	1,11	0,06
	20	23,52	Ocimenone <(E)->	1244	1235	0,69	0,03
	21	24,34	Piperitone	1262	1249	7,30	0,36
	22	25,44	Thujanol acetate <neoiso-3->	1285	1281	2,42	0,12
	23	27,17	Menthol <8-hydroxy-neo->	1324	1328	2,39	0,12
	24	28,25	Piperitenone	1349	1340	1,73	0,09
	25	30,54	Italicene <iso->	1401	1401	0,62	0,03
	26	31,17	Caryophyllene <(E)->	1416	1417	5,90	0,29
	27	32,90	Cinnamyl acetate <(E)->	1457	1443	1,23	0,06
	28	33,82	Germacrene D	1479	1480	0,69	0,03
	29	34,44	Bicyclogermacrene	1494	1500	1,07	0,05
	30	38,11	Caryophyllene oxide	1586	1582	0,74	0,04
	31	44,28	Bisabolone <(6S,7R)->	1752	1748	0,56	0,03
	32	46,87	Nerolidyl isobutyrate <(E)->	1826	1825	1,39	0,07
						97,18	

6.2. Toxicidad del aceite esencial de *Tagetes patula* a los gorgojos *Callosobruchus maculatus*.

El aceite esencial de *Tagetes patula* presento toxicidad para los mayores gorgojos de frijol almacenado del género *Lablab*. Basados en la dosis letal (DL₅₀) la especie de *Callosobruchus maculatus* fue susceptible para este aceite (Figura 1).

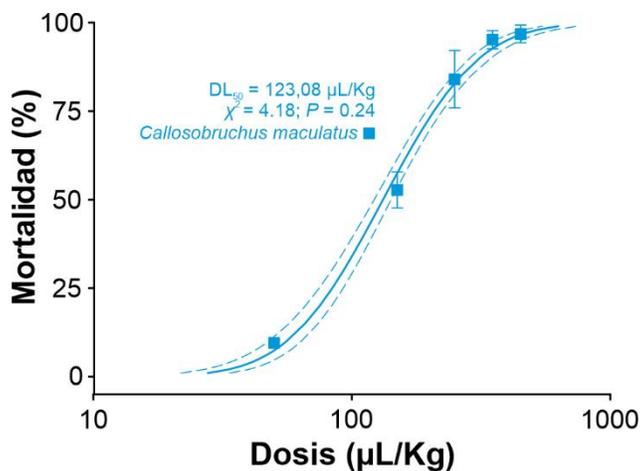


Figura 1. Curva de dosis respuesta del aceite esencial *Tagetes patula* para *Callosobruchus maculatus*; símbolos en la curva representan la media de cada de seis replicas y las líneas verticales el estándar error.

Sin embargo, si nos referimos a la dosis letal (DL₉₀) no hubo diferencia en la susceptibilidad de esta especie para este aceite esencial (Tabla 2).

Tabla 2. Toxicidad del aceite esencial *Tagetes patula* para el gorgojo *Callosobruchus maculatus*.

Aceite esencial	Especie	Dosis Letal	µL/Kg (IC)	χ^2	P
<i>Tagetes patula</i>	<i>Callosobruchus maculatus</i>	DL ₁₀	55,87 (47,66 - 63,69)	4,18	0,24
		DL ₅₀	132,09 (122,03 - 141,97)		
		DL ₉₅	398,48 (359,31- 450,77)		

IC = Intervalo de confianza

6.3. Efecto del aceite esencial de *Tagetes patula* en la reproducción de *Callosobruchus maculatus*.

La tasa instantánea de crecimiento de *C. maculatus* fue alterada significativamente por las concentraciones del aceite esencial de *T. patula*. Esta reducción fue dependiente de las concentraciones aplicadas, y a partir de la $LC_{30} = 92,0 \mu\text{L/Kg}$ la tasa de crecimiento es menor a cero (0) y continua hasta -0,15 (**Figura 2**); lo que significa que la población de individuos se extinguirá en esas condiciones y ambiente.

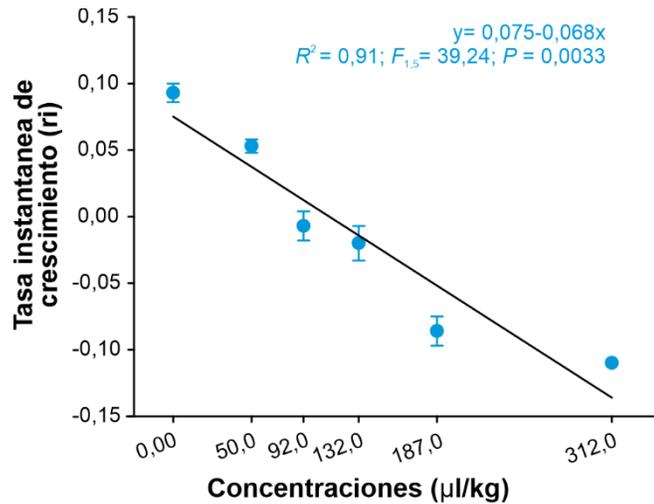


Figura 2. Tasa instantánea de crecimiento de *Callosobruchus maculatus* cuando expuesto a dosis subletales y letales del aceite esencial *Tagetes patula*; símbolos representan la media de seis replicas y la línea en cada barra el Error padrón.

6.4. Repelencia de *Tagetes patula* a *Callosobruchus maculatus*.

El aceite esencial de *Tagetes patula* presentó fuerte repelencia para *Callosobruchus maculatus*. La repelencia observada fue independiente de las concentraciones usadas. Así, concentraciones subletales y subletales consiguen repeler adultos de *C. maculatus* en condiciones de laboratorio (**Figura 3**).

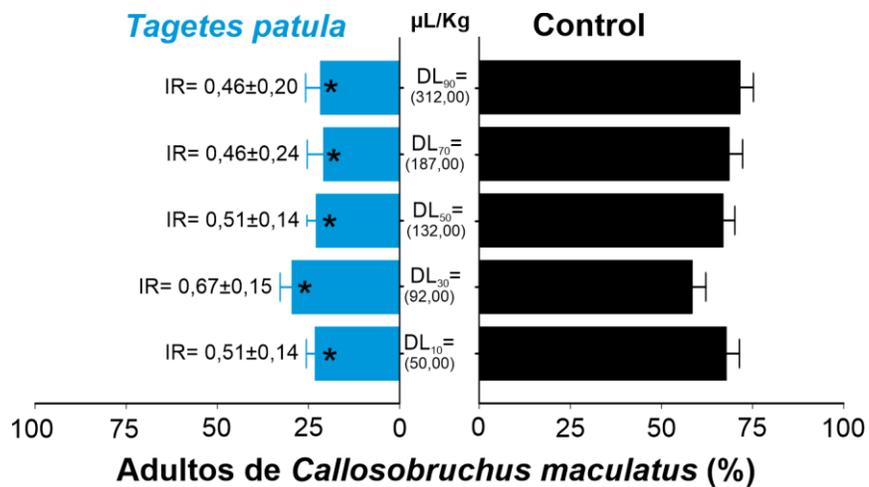


Figura 3. Repelencia del aceite esencial *Tagetes patula* para *Callosobruchus maculatus*; la barra representa la media de seis replicas y la línea en cada barra el Error padrón.

7. Discusión

Los resultados aquí obtenidos muestran el potencial insecticida del aceite esencial de *Tagetes patula* para *Callosobruchus maculatus* que es la principal plaga de la zarandaja (*Lablab purpureus*) almacenada. La composición química de este aceite esencial revela que al Ocimene <(E)-β-> y Mentha-2,4(8)-diene <ρ-> como sus principales componentes; mientras que Ocimene <(Z)-β->, Limonene, Piperitone, Caryophyllene (E)-> también están presentes en considerables cantidades. Además de estas biomoléculas ser tóxicas vía contacto a *C. maculatus* como medida preventiva este aceite esencial fue repelente a estos insectos. Similarmente como método curativo, dosis subletales reducen drásticamente la proliferación de este insecto en grados de *L. purpureus*.

El aceite esencial de *Tagetes patula* de nuestro estudio presentó a Ocimene <(E)-β-> y Mentha-2,4(8)-diene <ρ-> con 18 % y 17 % respectivamente y Ocimene <(Z)-β->, Limonene, Piperitone, Caryophyllene <(E)-> con una composición entre el 7 % y 9 % aproximadamente. Resultados similares fueron encontrados en estudios anteriores para *Tagetes patula* en donde los compuestos <(E)-β-> Ocimene y Mentha-2,4(8)-diene <ρ-> fueron reportados como principales ([Arab et al., 2022](#); [Giarratana et al., 2017](#); [Jayaram et al., 2022a](#); [Kafaltiya et al., 2019](#); [Kimutai et al., 2017](#); [Mlala et al., 2018](#); [Najar et al., 2024](#); [Safar et al., 2020](#); [Tamut et al., 2017](#); [Tamut et al., 2019](#)). Los compuestos en menor proporción como piperitone y limoneno aquí encontrados también fueron relatados en proporciones aproximadas ([Azeem et al., 2019](#); [El Gendy et al., 2018](#); [Kikawa et al., 2015](#)). Aunque los compuestos mayoritarios aquí reportados, también fueron encontrados como minoritarios en otros estudios ([Hernandez-Leon et al., 2020](#); [Najar et al., 2024](#)). Indicando variabilidad en la composición química de los aceites esenciales que puede ser influenciada por factores bióticos y abióticos.

El efecto insecticida del aceite esencial de *T. patula* para *C. maculatus* fue evidente en nuestro estudio. La toxicidad de aceites esenciales a insectos es atribuida a su compleja composición de metabolitos secundarios presentes. Así, en otros estudios este aceite esencial también fue reportado como tóxico para plagas de granos almacenados como *Sitophilus zeamais*, *Sitophilus Oryzae*; *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricorne*, *Rhyzopertha dominica*, *Alphitobius diaperinus* ([Abouelatta et al., 2022](#); [Arab et al., 2022](#); [Arena et al., 2018](#); [Opiyo et al., 2022](#); [Santos et al., 2016](#); [Zhang et al., 2022](#)); así como otras plagas incluyendo áfidos *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum padi* ([Czerniewicz & Chrzanowski, 2021](#)), ácaros *Tetranychus urticae*,

Rhipicephalus microplus, *Varroa destructor* ([Ismail et al., 2019](#); [Politi et al., 2019](#); [Sabahi et al., 2018](#)), hemípteros *Cimex lectularius*, *Bemisia tabaco*, *Lygus hesperus* ([Fabrick et al., 2020](#); [Politi et al., 2017](#)) y los lepidópteros *Tuta absoluta*, *Spodoptera frugiperda* ([Cristina e Santos et al., 2022](#); [Erdogan & Mustafa, 2021](#); [Henagamage et al., 2023](#)). En otros estudios α -Ocimene también fue tóxico a *Tribolium castaneum*, *Liposcelis bostrychophila* ([Cao et al., 2018](#)), β -Mentha-2,4(8)-diene *R. microplus* y *A. aegypti*. ([Camilotti et al., 2015](#)) β -Ocimene fue tóxico para *Myzus persicae* ([Kang et al., 2018](#)), *Rhipicephalus microplus* ([Hüe et al., 2015](#)) Limonene *Callosobruchus maculatus* y *Callosobruchus subinnotatus* ([Nyamador et al., 2017](#)), *Sitophilus zeamais* ([Kamanula et al., 2017](#)). Y Piperitone resultó ser tóxico para *Tribolium confusum* y *Sitophilus zeamais* ([Debbabi et al., 2020](#)), *Euwallacea perbrevis* ([Kendra et al., 2023](#)). Por lo que la actividad insecticida de *T. patula* para *C. maculatus* puede atribuirse a los principales compuestos aquí encontrados.

Además, los resultados sugieren que dosis subletales del aceite esencial aquí evaluado consiguen reducir drásticamente la progenie de *C. maculatus*. Efecto que podría ser debido a posibles trastornos fisiológicos en estos insectos que conllevan a reducir la oviposición. En este sentido ha sido demostrado que el aceite esencial de *Tagetes patula* y derivados del mismo género, inhibieron en la oviposición de algunos insectos entre ellos, *Myzus persicae* ([Dardouri et al., 2017](#)), *Meloidogyne incognita* ([Aiyelaagbe et al., 2020](#)), *Lygus hesperus* y *Bemisia tabaci* ([Fabrick et al., 2020](#)), *Acrobasis advenella* ([Magierowicz et al., 2020](#)), *Tuta absoluta* ([Erdogan & Mustafa, 2021](#)), *Callosobruchus maculatus* y *Callosobruchus chinensis*, ([Jayaram et al., 2022b](#)), *Lucilia cuprina* ([Chaaban et al., 2019](#)). Similarmente fue reportado que el monoterpeno α -Ocimene afectó negativamente en la reproducción de insectos como *Hyphantria cunea* Drury ([Tang et al., 2016](#)), *Myzus persicae* ([Kang et al., 2018](#)).

Aquí también se encontró que el aceite esencial de *T. patula* puede ser utilizada como una medida preventiva contra *C. maculatus* en pequeñas unidades de almacenamiento; ello debido a su fuerte efecto repelente mismo en dosis subletales. Lo aquí reportado concuerda con otros estudios donde *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum*, y *Rhyzopertha dominica* ([Abouelatta et al., 2022](#); [Restello et al., 2009](#)) fueron repelidos por este aceite esencial. Similarmente otros insectos como *Megalurothrips sjostedti*, *Spodoptera frugiperda* o *Diaphorina citri* ([Cristina e Santos et al., 2022](#); [Diabate et al., 2019](#); [Henagamage et al., 2023](#); [Mendoza-García et al., 2015](#)) también fueron

repelidos al igual que los ácaros *Tetranychus urticae*, *Rhipicephalus microplus* ([Ismail et al., 2019](#); [Politi et al., 2017](#)). En este mismo sentido estudios realizados por [Kimutai et al. \(2017\)](#) y [Azeem et al. \(2019\)](#) reportaron que este aceite esencial repelió los vectores *Phlebotomus duboscqi* y *Aedes aegypti*. Aunque [Ben Abdallah et al. \(2023\)](#) también reportó que este mismo aceite esencial no repelió al lepidóptero *Tuta absoluta*; lo que demuestra cierta especificidad de este bioproducto.

Conclusivamente el aceite esencial de *T. patula* ha surgido como una nueva herramienta bioracional de control de plagas de granos almacenados en pequeñas unidades de almacenamiento. Ello debido a su efecto tóxico a *C. maculatus* que es la principal plaga de la zarandaja almacenada, demostrando un potencial uso como medida preventiva y curativa por pequeños productores en las unidades de almacenamiento.

8. Conclusiones

- El aceite esencial de *Tagetes patula* tiene efecto tóxico para adultos de *C. maculatus*, por lo que puede ser considerado potencial herramienta para su uso en el manejo integrado de plagas.
- Por lo tanto, se ha determinado que este aceite esencial tuvo propiedad insecticida, y a su vez también logró repeler a los insectos sin importar la concentración.
- Queda demostrado que el aceite esencial de *Tagetes patula* y derivados del mismo género, inhibieron en la oviposición del insecto, evitando así su proliferación y evitando futuros daños.

9. Recomendaciones

- Realizar un estudio más a profundidad, a nivel molecular en el que se demuestre cual es el mecanismo de acción de este aceite sobre los insectos.
- Utilizar mezclas con diferentes aceites incluyendo el que se usó en esta investigación y a su vez realizar ensayos en otras especies de insectos.

10. Bibliografia

- Abdullahi, N., & Dandago, M. A. (2021). Postharvest losses in food grains—A Review. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 3(2), 25-36. <https://doi.org/https://doi.org/10.53663/turjfas.958473>
- Abouelatta, A., Arab, R., & Khalil, F. (2022). Study on *Tagetes minuta* (Fam. Asteraceae) essential oil and its effects on some stored product insects. *Ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, 53, 11191-11203.
- Adams, R. (2005). Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. *Carol Stream*, 16, 65-120.
- Aiyelaagbe, O., Olaide, O., Claudius-Cole, A., Aiyelaagbe, I., & Ojo, O. (2020). Egg hatch inhibition of root-knot nematodes by *Tagetes patula* extracts.
- Arab, H. R. A., Keratum, A. Y., Abouelatta, A. M., El-Tawelah, N. M., Hafez, Y., & Abdelaal, K. (2022). Fumigant and mixing with medium effect of *Citrus reticulata* and *Tagetes minuta* essential oil against adults of *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (herbst).
- Arena, J. S., Omarini, A. B., Zunino, M. P., Peschiutta, M. L., Defagó, M. T., & Zygadlo, J. A. (2018). Essential oils from *Dysphania ambrosioides* and *Tagetes minuta* enhance the toxicity of a conventional insecticide against *Alphitobius diaperinus*. *Industrial Crops and Products*, 122, 190-194. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.077>
- Azeem, M., Zaman, T., Tahir, M., Haris, A., Iqbal, Z., Binyameen, M., . . . Mozūraitis, R. (2019). Chemical composition and repellent activity of native plants essential oils against dengue mosquito, *Aedes aegypti*. *Industrial Crops and Products*, 140, 111609. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111609>
- Ben Abdallah, S., Riahi, C., Vacas, S., Navarro-Llopis, V., Urbaneja, A., & Pérez-Hedo, M. (2023). The dual benefit of plant essential oils against *Tuta absoluta*. *Plants*, 12(5), 985. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12050985>
- Berhe, M., Subramanyam, B., Chichaybelu, M., Demissie, G., Abay, F., & Harvey, J. (2022). Post-harvest insect pests and their management practices for major food and export crops in east africa: an ethiopian case study. *Insects*, 13(11), 1068. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects13111068>
- Bezabih, G., Satheesh, N., Workneh Fanta, S., Wale, M., & Atlabachew, M. (2022). Reducing postharvest loss of stored grains using plant-based biopesticides: A review of past research efforts. *Advances in Agriculture*, 2022, 6946916. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2022/6946916>
- Camilotti, J., Ferarrese, L., de Campos Bortolucci, W., Takemura, O. S., Junior, R. P., Alberton, O., . . . Gazim, Z. C. (2015). Essential oil of parsley and fractions to in vitro control of

- cattle ticks and dengue mosquitoes. *Journal of Medicinal Plants Research*, 9(40), 1021-1030. <https://doi.org/https://doi.org/10.5897/JMPR2015.5941>
- Cao, J.-Q., Guo, S.-S., Wang, Y., Pang, X., Geng, Z.-F., & Du, S.-S. (2018). Toxicity and repellency of essential oil from *Evodia lenticellata* Huang fruits and its major monoterpenes against three stored-product insects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 160, 342-348. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.054>
- Chaaban, A., Santos, V. M. C. S., Martins, C. E. N., Brum, J. S., Bertoldi, F. C., & Molento, M. B. (2019). Tissue damage and cytotoxic effects of *Tagetes minuta* essential oil against *Lucilia cuprina*. *Experimental Parasitology*, 198, 46-52. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.01.013>
- Cristina e Santos, P., Granero, F. O., Junior, J. L. B., Pavarini, R., Pavarini, G. M. P., Chorilli, M., . . . Silva, R. M. G. d. (2022). Insecticidal activity of *Tagetes erecta* and *Tagetes patula* extracts and fractions free and microencapsulated. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 45, 102511. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102511>
- Czerniewicz, P., & Chrzanowski, G. (2021). The Effect of *Santolina chamaecyparissus* and *Tagetes patula* essential oils on biochemical markers of oxidative stress in aphids. *Insects*, 12(4), 360. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects12040360>
- Dardouri, T., Gautier, H., Costagliola, G., & Gomez, L. (2017). How French marigold (*Tagetes patula* L.) volatiles can affect the performance of green peach aphid.
- Debbabi, H., El Mokni, R., Chaieb, I., Nardoni, S., Maggi, F., Caprioli, G., & Hammami, S. (2020). Chemical composition, antifungal and insecticidal activities of the essential oils from Tunisian *Clinopodium nepeta* subsp. *nepeta* and *Clinopodium nepeta* subsp. *glandulosum*. *Molecules*, 25(9), 2137. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25092137>
- Devrnja, N., Milutinović, M., & Savić, J. (2022). When scent becomes a weapon-plant essential oils as potent bioinsecticides. *Sustainability*, 14(11), 6847. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14116847>
- Diabate, S., Martin, T., Murungi, L. K., Fiaboe, K. K. M., Subramanian, S., Wesonga, J., & Deletre, E. (2019). Repellent activity of *Cymbopogon citratus* and *Tagetes minuta* and their specific volatiles against *Megalurothrips sjostedti*. *Journal of Applied Entomology*, 143(8), 855-866. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jen.12651>
- El Gendy, N. G., El, A., & Atteya, A. K. (2018). Modification of growth, flowering and chemical composition of *Tagetes patula* plants. *Middle East J*, 7(2), 534-547.
- Erdogan, P., & Mustafa, Z. (2021). Larvicidal effect of some plant extracts against tomato leaf miner (*Tuta absoluta* meyrick; Lepidoptera: Gelehiidae). *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 9(3), 101-107.
- Fabrick, J. A., Yool, A. J., & Spurgeon, D. W. (2020). Insecticidal activity of marigold *Tagetes patula* plants and foliar extracts against the hemipteran pests, *Lygus hesperus* and *Bemisia*

- Flores Pogo, M. C. (2013). *Plan de negocio para la producción y exportación de zarandaja a la India* Quito: Universidad de las Américas, 2013.].
- Fouad, H. A. (2012). Extraction and repellent activity of *Lepidoploa aurea* and *Memora nodosa* against stored grain and byproduct pests. *Vie et Milieu-Life and Environment*, 62(1), 11-15.
- Giarratana, F., Muscolino, D., Ziino, G., Giuffrida, A., Marotta, S. M., Lo Presti, V., . . . Panebianco, A. (2017). Activity of *Tagetes minuta* Linnaeus (Asteraceae) essential oil against L3 *Anisakis larvae* type 1. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(5), 461-465. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.05.005>
- Henagamage, A. P., Ranaweera, M. N., Peries, C. M., & Premetilake, M. M. S. N. (2023). Repellent, antifeedant and toxic effects of plants-extracts against *Spodoptera frugiperda* larvae (fall armyworm). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 48, 102636. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102636>
- Hernandez-Leon, A., González-Trujano, M. E., Narváez-González, F., Pérez-Ortega, G., Rivero-Cruz, F., & Aguilar, M. I. (2020). Role of β -caryophyllene in the antinociceptive and anti-inflammatory effects of *Tagetes lucida* cav. Essential oil. *Molecules*, 25(3), 675. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25030675>
- Hüe, T., Cauquil, L., Fokou, J. B. H., Dongmo, P. M. J., Bakarnga-Via, I., & Menut, C. (2015). Acaricidal activity of five essential oils of *Ocimum* species on *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* larvae. *Parasitology Research*, 114(1), 91-99. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00436-014-4164-6>
- Ismail, M. S. M., Tag, H. M., & Rizk, M. A. (2019). Acaricidal, ovicidal, and repellent effects of *Tagetes patula* leaf extract against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Plant Protection Research*, 59(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.24425/jppr.2019.129285>
- Isman, M. B. (2020). Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. *Phytochemistry Reviews*, 19(2), 235-241. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11101-019-09653-9>
- Jayaram, C. S., Chauhan, N., Dolma, S. K., & Reddy, S. G. E. (2022a). Chemical Composition and Insecticidal Activities of Essential Oils against the Pulse Beetle. *Molecules*, 27(2).
- Jayaram, C. S., Chauhan, N., Dolma, S. K., & Reddy, S. G. E. (2022b). Chemical composition and insecticidal activities of essential oils against the pulse beetle. *Molecules*, 27(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules27020568>
- Jham, G. N., Dhingra, O. D., Jardim, C. M., & Valente, V. M. M. (2005). Identification of the major fungitoxic component of *Cinnamom bark* oil. *Fitopatologia Brasileira*, 30.

- 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>
- Kafaltiya, M., Lohani, H., Haider, S. Z., Chauhan, N. K., & Joshi, N. (2019). Chemical composition of the essential oils of *Tagetes patula* L. during different phenological stages. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 12(4), 117-122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2086827>
- Kamanula, J. F., Belmain, S. R., Hall, D. R., Farman, D. I., Goyder, D. J., Mvumi, B. M., . . . Stevenson, P. C. (2017). Chemical variation and insecticidal activity of *Lippia javanica* (Burm. f.) Spreng essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Industrial Crops and Products*, 110, 75-82. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.036>
- Kang, Z.-W., Liu, F.-H., Zhang, Z.-F., Tian, H.-G., & Liu, T.-X. (2018). Volatile β -ocimene can regulate developmental performance of peach aphid *Myzus persicae* through activation of defense responses in chinese cabbage *Brassica pekinensis* [Original Research]. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00708>
- Kendra, P. E., Montgomery, W. S., Tabanca, N., Schnell, E. Q., Vázquez, A., Menocal, O., . . . Cloonan, K. R. (2023). Piperitone (p-Menth-1-En-3-One): A new repellent for tea shot hole borer (Coleoptera: Curculionidae) in Florida avocado groves. *Biomolecules*, 13(4), 656. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/biom13040656>
- Khursheed, A., Rather, M. A., Jain, V., Wani, A. R., Rasool, S., Nazir, R., . . . Majid, S. A. (2022). Plant based natural products as potential ecofriendly and safer biopesticides: A comprehensive overview of their advantages over conventional pesticides, limitations and regulatory aspects. *Microbial Pathogenesis*, 173, 105854. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.micpath.2022.105854>
- Kikawa, C., Kyarimpa, C., Ndiege, I., Kabasa, J., Nagawa, C., & Wasswa, J. (2015). Evaluation of anti-oxidant properties in essential oil and solvent extracts from *Tagetes minuta*. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 9, 98-104. <https://doi.org/https://doi.org/10.5897/AJPAC2015.0616>
- Kimutai, A., Ngeiywa, M., Mulaa, M., Njagi, P. G. N., Ingonga, J., Nyamwamu, L. B., . . . Ngumbi, P. (2017). Repellent effects of the essential oils of *Cymbopogon citratus* and *Tagetes minuta* on the sandfly, *Phlebotomus duboscqi*. *BMC Research Notes*, 10(1), 98. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s13104-017-2396-0>
- Kumar, S., Mahapatro, G., Yadav, D. K., Tripathi, K., Koli, P., Kaushik, P., . . . Nebapure, S. (2022). Essential oils as green pesticides: An overview. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 92. <https://doi.org/https://doi.org/10.56093/ijas.v92i11.122746>
- Letting, F. K., Venkataramana, P. B., & Ndakidemi, P. A. (2021). Breeding potential of lablab [*Lablab purpureus* (L.) Sweet]: a review on characterization and bruchid studies towards

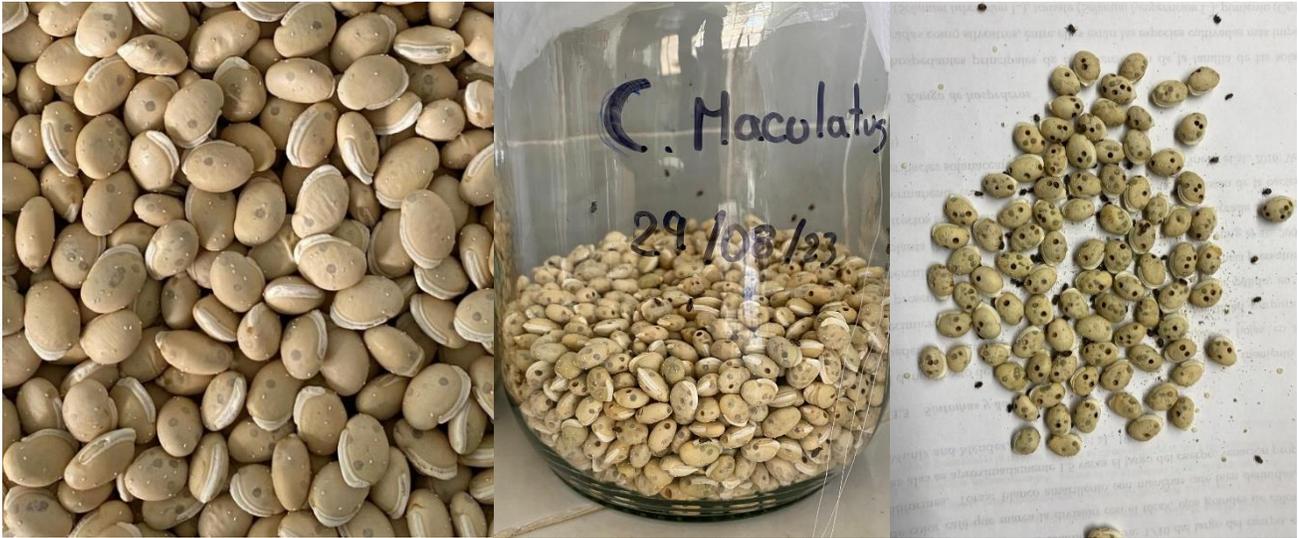
- improved production and utilization in Africa. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(8), 3081-3101. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10722-021-01271-9>
- Magierowicz, K., Górska-Drabik, E., & Golan, K. (2020). Effects of plant extracts and essential oils on the behavior of *Acrobasis advenella* (Zinck.) caterpillars and females. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127(1), 63-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41348-019-00275-z>
- Mazzonetto, F., & Vendramim, J. D. (2003). Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology*, 32.
- Mendoza-García, E. E., Ortega-Arenas, L. D., Serrato Cruz, M. A., Diaz Cedillo, F., Villanueva-Jiménez, J. A., López-Arroyo, J. I., & Pérez-Pacheco, R. (2015). Efecto biológico del aceite de *Tagetes coronopifolia* (Asteraceae) contra *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 41(2), 157-162.
- Mlala, S., Oyedeji, O. O., Sewani-Rusike, C. R., Oyedeji, A. O., & Nkeh-Chungag, B. N. (2018, 2018//). Chemical Composition and Antioxidant Activity of *Tagetes minuta* L. in Eastern Cape, South Africa. *Emerging Trends in Chemical Sciences*, Cham.
- 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>
- Naeem, M., Shabbir, A., Aftab, T., & Khan, M. M. A. (2023). Chapter 15 - Lablab bean (*Lablab purpureus* L.)—An untapped resilient protein reservoir. In M. Farooq & K. H. M. Siddique (Eds.), *Neglected and Underutilized Crops* (pp. 391-411). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90537-4.00018-1>
- Naeem, M., Shabbir, A., Ansari, A. A., Aftab, T., Khan, M. M. A., & Uddin, M. (2020). Hyacinth bean (*Lablab purpureus* L.) – An underutilised crop with future potential. *Scientia Horticulturae*, 272, 109551. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109551>
- Najar, B., Fratini, F., Pieraci, Y., Bozzini, M. F., Copetta, A., Pistelli, L., . . . Marchioni, I. (2024). Volatilomics analysis of oyster leaf, nasturtium, and french marigold edible flowers and leaves, along with antibacterial potency assessment of their hydrosols. *Nasturtium, and French Marigold Edible Flowers and Leaves, Along with Antibacterial Potency Assessment of Their Hydrosols*. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4698752>
- Nyamador, S. W., MondÃ, A. D., Kasseny, B. D., Ketoh, G. K., & Glitho, I. A. (2017). Insecticidal activity of four essential oils on the survival and oviposition of two sympatric bruchid species: *Callosobruchus maculatus* F. and *Callosobruchus subinnotatus* PIC.(Coleoptera: Chrysomelidea: Bruchinae). *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 8(9), 103-112. <https://doi.org/https://doi.org/10.5897/JSPPR2017.0240>

- Opiyo, S. A., Njoroge, P. W., & Ndirangu, E. G. (2022). A review pesticidal activity of essential oils against *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granaries* and *Sitophilus zeamais*. <https://doi.org/https://doi.org/10.9790/5736-1504013951>
- Ozdemir, I. O. (2023). Efficacy of diatomaceous earth, and entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, and *Trichoderma asperellum* in combination and separately, against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1), 48. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41938-023-00699-8>
- Politi, F. A. S., Fantatto, R. R., da Silva, A. A., Moro, I. J., Sampieri, B. R., Camargo-Mathias, M. I., . . . Furlan, M. (2019). Evaluation of *Tagetes patula* (Asteraceae) as an ecological alternative in the search for natural control of the cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Experimental and Applied Acarology*, 77(4), 601-618. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10493-019-00368-2>
- Politi, F. A. S., Nascimento, J. D., da Silva, A. A., Moro, I. J., Garcia, M. L., Guido, R. V. C., . . . Furlan, M. (2017). Insecticidal activity of an essential oil of *Tagetes patula* L. (Asteraceae) on common bed bug *Cimex lectularius* L. and molecular docking of major compounds at the catalytic site of ClAChE1. *Parasitology Research*, 116(1), 415-424. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00436-016-5305-x>
- Restello, R., Menegatt, C., & Mossi, A. (2009). Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Revista Brasileira De Entomologia - REV BRAS ENTOMOL*, 53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0085-56262009000200015>
- Riaz, M., Ahmad, R., Rahman, N. U., Khan, Z., Dou, D., Sechel, G., & Manea, R. (2020). Traditional uses, Phyto-chemistry and pharmacological activities of *Tagetes Patula* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 255, 112718. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112718>
- Sabahi, Q., Hamiduzzaman, M. M., Barajas-Pérez, J. S., Tapia-Gonzalez, J. M., & Guzman-Novoa, E. (2018). Toxicity of anethole and the essential oils of lemongrass and sweet marigold to the parasitic mite *Varroa destructor* and their selectivity for honey bee (*Apis mellifera*) workers and larvae. *Psyche*, 2018, 6196289. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2018/6196289>
- Safar, A. A., Ghafoor, A. O., & Dastan, D. (2020). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of *Tagetes patula* l. Essential oil raised in Erbil, Iraq. *Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences*, 9(1). https://doi.org/https://doi.org/10.4103/jrptps.JRPTPS_68_19
- Salunkhe, D., & Gaikwad, S. (2023). Life Stages of Cowpea Weevil *Callosobruchus maculatus* (F). *Indian Journal of Entomology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.55446/IJE.2023.1099>

- Santos, P. C., Santos, V. H., Mecina, G. F., Andrade, A. R., Fegueiredo, P. A., Moraes, V. M., . . . Silva, R. M. (2016). Insecticidal activity of *Tagetes sp.* on *Sitophilus zeamais* Mots. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 2(4), 31-38.
- SAS, I. (2002). *Visualizing categorical data*. Sas Institute Cary, NC.
- Semenova, T. A., Dunaevsky, Y. E., Beljakova, G. A., & Belozersky, M. A. (2020). Extracellular peptidases of insect-associated fungi and their possible use in biological control programs and as pathogenicity markers. *Fungal Biology*, 124(1), 65-72. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.funbio.2019.11.005>
- Tamut, O., Kanwar, P., Archana, P. R., Namita, S. P., Kumar, P., & Verma, P. K. (2017). Gas chromatography-mass spectrometry analysis for profiling of essential oil constituents derived from leaves of french marigold (*Tagete patula*). *Indian J. Agric. Sci*, 87, 385-389. <https://doi.org/https://doi.org/10.56093/ijas.v87i3.68754>
- Tamut, O., Singh, K., & Panwar, S. (2019). Variations in quantitative and qualitative composition of essential oils from leaves and flowers of french marigold (*Tagetes patula*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8, 1037-1042. <https://doi.org/https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807.124>
- Tang, R., Zhang, F., & Zhang, Z.-N. (2016). Electrophysiological responses and reproductive behavior of fall webworm moths (*Hyphantria cunea* Drury) are Influenced by volatile compounds from Its mulberry host (*Morus alba* L.). *Insects*, 7(2), 19. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/insects7020019>
- Trematerra, P., Fontana, F., & Mancini, M. (1996). Analysis of development rates of *Sitophilus oryzae* (L.) in five cereals of the genus Triticum. *Journal of Stored Products Research*, 32(4), 315-322. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(96\)00035-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0022-474X(96)00035-5)
- 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/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207618>
- Zhang, W.-J., Liu, Q.-Y., Li, D.-W., Zhang, Z.-M., & You, C.-X. (2022). Antagonistic storage potential of *Tagetes minuta*, *Eupatorium fortunei* and *Ocimum basilicum* oils with volatile secondary metabolites against *Tribolium castaneum* and *Lasioderma serricorne*. *Industrial Crops and Products*, 187, 115502. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115502>

11. Anexos.

Anexo 1. Reproducción masiva del insecto



Anexo 2. Extracción del aceite esencial



Anexo 3. Ensayo de mortalidad del insecto



Anexo 4. Ensayo de Repelencia



Anexo 5. Ensayo de reproducción.



Anexo 6. Certificado de traducción de ingles del resumen

Loja,20 de mayo de 2024.

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN

Scarlet Anahí Peñaranda Mendoza

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN MENCIÓN INGLÉS

CERTIFICO:

Que se ha realizado la traducción de español a inglés del resumen derivado del Trabajo de Integración Curricular denominado “**Efecto de aceites esenciales en la mortalidad, reproducción, y repelencia de *Callosobruchus maculatus*, plaga de la zarandaja (*Lablab purpureus*) almacenada.**” de autoría del Sr. Víctor Hugo Valladares Cabrera, portador de la cédula de ciudadanía número 1150191292, estudiante de la carrera de Agronomía de la Facultad de Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, mismo que se encuentra bajo la dirección del Ing. Freddy Tinoco M.Sc.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad facultando al interesado, **Víctor Hugo Valladares Cabrera** hacer uso del presente en lo que considere conveniente.



Lic.Scarlet Peñaranda Mendoza

Registro N° 1031-2021-2383870

Teléfono: 0999211420