

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“EFECTO BIOCIDA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE  
CUATRO PLANTAS PARA EL CONTROL ECOLÓGICO DEL  
PULGÓN NEGRO (*Aphis craccivora*) EN CULTIVOS DE  
ALFALFA, 2023”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. BRYAN REY FABRICIO ESCOBAR QUISPE  
Bach. GLADIS MARIELA RAMIREZ HUANCA**

**TACNA – PERÚ  
2023**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“EFECTO BIOCIDA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE  
CUATRO PLANTAS PARA EL CONTROL ECOLÓGICO DEL  
PULGÓN NEGRO (*Aphis craccivora*) EN CULTIVOS DE  
ALFALFA, 2023”**

Tesis sustentada y aprobada el 2 de noviembre de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTA : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS**

**SECRETARIA : MSc. MARISOL MENDOZA AQUINO**

**VOCAL : Dr. GERMAN MAMANI AGUILAR**

**ASESOR : Dr. RICHARD SABINO LAZO RAMOS**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Bryan Rey Fabricio Escobar Quispe y Gladis Mariela Ramirez Huanca, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 71004649 y 47933927 respectivamente, así como Richard Sabino Lazo Ramos con DNI 00516181; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos autores de la tesis titulado: *“Efecto biocida de los aceites esenciales de cuatro plantas para el control ecológico del pulgón negro (Aphis craccivora) en cultivos de alfalfa, 2023”*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Ambiental*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

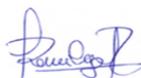
Tacna, 2 de noviembre de 2023



.....  
Bryan Rey Fabricio Escobar Quispe  
DNI: 71004649



.....  
Gladis Mariela Ramirez Huanca  
DNI: 47933927



.....  
Richard Sabino Lazo Ramos  
DNI: 00516181

## DEDICATORIA

Dedico a mi madre, tú fuiste mi guía, mi apoyo incondicional y mi ejemplo de fortaleza. Cada sacrificio que hiciste por mí, tu amor desinteresado y tus enseñanzas me han moldeado en la persona que soy hoy.

Dedico a mi tío, fuiste como un segundo padre para mí. Los momentos que compartimos juntos fueron preciosos, y siempre recordaré tus historias y consejos.

Hoy quiero honrar su memoria viviendo una vida llena de amor, bondad y generosidad, tal como ustedes me enseñaron. Cada logro que alcance y cada obstáculo que supere será dedicado a ustedes.

Bryan Rey Fabricio Escobar Quispe

## DEDICATORIA

A mi padre, mi ídolo y mejor amigo, quien con su sabiduría y amor infinito. Me ha guiado a lo largo de mi vida, has sido una figura fundamental que me ha brindado amor, sabiduría y fortaleza. Tu presencia ha sido un faro en mi camino, iluminando cada paso que he dado.

En este momento tan significativo de mi vida, cuando culmino mi tesis, no puedo dejar de reconocer el papel fundamental que has desempeñado en mi desarrollo académico y personal. Tú has sido mi mayor motivación, alentándome constantemente a perseguir mis sueños y a alcanzar metas cada vez más altas.

Papá, te dedico esta tesis como un tributo a tu amor incondicional y como un reconocimiento a todo lo que has hecho por mí. Mi éxito en este logro académico es también tuyo, porque sin ti, no estaría aquí hoy.

Gladis Mariela Ramirez Huanca

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a Dios, quien nos ha brindado la fuerza y el ánimo para enfrentar los desafíos y superarnos cada día.

También queremos agradecer de corazón a nuestros padres, quienes han sido la piedra angular de apoyo en nuestro camino. Siempre estaremos eternamente agradecidas por su amor incondicional y su constante apoyo. Ahora nos sentimos motivados a cumplir nuestros sueños y honrar el sacrificio y la dedicación que nos han brindado. Los amamos profundamente.

No podemos dejar de mencionar a nuestra amada Universidad Privada de Tacna ya nuestros estimados profesores. Gracias a esta institución educativa ya su cuerpo docente, hemos adquirido valiosos conocimientos que se reflejan en nuestros logros y trabajos. Su dedicación y compromiso con nuestra formación académica nos han permitido crecer y desarrollarnos como profesionales.

Queremos hacer mención especial a nuestro asesor, Dr. Richard Sabino Lazo Ramos. Su experiencia y profesionalismo han sido de gran importancia en nuestra trayectoria académica. Agradecemos su paciencia y confianza en nosotros, así como su apoyo constante y valiosas enseñanzas. Gracias a su guía, estamos alcanzando uno de nuestros objetivos y nos sentimos orgullosos de ello.

Bryan Rey Fabricio Escobar Quispe y Gladis Mariela Ramirez Huanca

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción del Problema.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Justificación e Importancia.....	3
1.3.1. Importancia Social.....	3
1.3.2. Importancia Económica.....	4
1.3.3. Importancia Ambiental.....	4
1.3.4. Importancia Científica.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5
1.5.2. Hipótesis específica.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1. Antecedente internacional.....	7
2.1.2. Antecedente nacional.....	7
2.1.3. Antecedente local.....	8
2.2. Bases Teóricas.....	9
2.2.1. Aceites esenciales.....	9
2.2.2. Función de los aceites esenciales.....	10
2.2.3. Manejo de los insecticidas.....	10

2.2.4. Fuente de los oleos esenciales.....	10
2.2.5. Taxonomía de Eucalipto, Molle, Orégano y Cola de Caballo.....	10
2.2.5.1.Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ).....	10
2.2.5.2.Molle ( <i>Schinus molle</i> ).....	13
2.2.5.3.Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ).....	15
2.2.5.4.Cola de Caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ).....	19
2.2.6. Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ).....	20
2.2.7. Pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ).....	21
2.2.8. Equipo extractor por arrastre de vapor.....	22
2.3. Definición de términos.....	23
2.3.1. Aceite esencial.....	23
2.3.2. Biocida.....	23
2.3.3. Control ecológico.....	24
2.3.4. Insecticida.....	24
2.3.5. A nivel de laboratorio.....	24
2.3.6. Ambiente controlado.....	24
2.3.7. Pulgón.....	24
2.3.8. Mortalidad de áfidos.....	25
2.3.9. Plaga.....	25
2.3.10. Composición química y física.....	25
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	26
3.1. Diseño de la investigación.....	26
3.2. Acciones y actividades.....	26
3.2.1. Procedimiento.....	27
3.2.2.1.Recolección de materia prima.....	27
3.2.2.2. Extracción de los oleos esenciales de molle, eucalipto, orégano.....	27
3.2.2.3.Distribución aleatoria del diseño experimental.....	28
3.3. Materiales e instrumentos.....	30
3.3.1. Componentes biológicos.....	30
3.4. Población y muestra de estudio.....	30
3.5. Operacionalización de variables.....	31
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico.....	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	33
4.1. Caracterización sensorial de oleos esenciales de molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ).....	33
4.1.1. Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ).....	33
4.1.2. Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ).....	33
4.1.3. Molle ( <i>Schinus molle</i> ).....	34

4.1.4. Cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ).....	34
4.2. Evaluación del efecto biocida de los oleos esenciales de molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ) en el control ecológico del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) en el cultivo de alfalfa .....	35
4.2.1. Datos obtenidos en el laboratorio al utilizar el biocida de eucalipto en el control de áfidos en una muestra de alfalfa .....	35
4.2.2. Análisis del efecto de biocida del eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) por “el diseño de bloques completos al azar (DBCA)” .....	35
4.2.3. Datos obtenidos en el laboratorio al utilizar el biocida de orégano en el control de áfidos en una muestra de alfalfa .....	37
4.2.4. Análisis del efecto biocida del orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ).....	37
4.2.5. Datos obtenidos en el laboratorio al utilizar el biocida de molle en el control de áfidos en una muestra de alfalfa .....	39
4.2.6. Análisis del efecto de biocida de Molle ( <i>Schinus molle</i> ).....	39
4.2.7. Datos obtenidos en el laboratorio al utilizar el biocida de cola de caballo en el control de áfidos en una muestra de alfalfa .....	41
4.2.8. Análisis del efecto biocida de Cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ).....	41
4.3. Análisis estadístico para probar el aceite más efectivo por Diseño completo al azar (DCA).....	42
4.4. La concentración mínima de biocida en la mortalidad del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) se determinó con el diseño factorial de dos factores; óleos esenciales: 3 niveles, tiempo: 4 niveles .....	44
4.4.1. Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) .....	44
4.4.2. Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) .....	46
4.4.3. Molle ( <i>Schinus molle</i> ) .....	48
4.4.4. Cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ) .....	50
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	52
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS.....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de eucalipto .....	11
Tabla 2. Categorización sistemática del molle.....	13
Tabla 3. Estructura química de molle (Schinus) .....	14
Tabla 4 . Clasificación taxonómica de orégano .....	16
Tabla 5 . Compomentes del aceite esencial de orégano .....	17
Tabla 6. Croquis experimental .....	29
Tabla 7. Variables del estudio.....	31
Tabla 8. Número de áfidos muertos.....	35
Tabla 9. Análisis de varianza para pulgones muertos .....	36
Tabla 10. Pruebas de múltiple rangos para pulgones muertos por dosis de eucalipto.....	36
Tabla 11. Número de áfidos muertos.....	37
Tabla 12. Análisis de varianza para pulgones muertos .....	37
Tabla 13. Pruebas de múltiple rangos para pulgones muertos por dosis de orégano.....	38
Tabla 14. Número de áfidos muertos.....	39
Tabla 15. Análisis de varianza para pulgones muertos .....	39
Tabla 16. Pruebas de múltiple rangos para pulgones muertos por dosis de molle .....	40
Tabla 17. Número de áfidos muertos.....	41
Tabla 18. Análisis de varianza para pulgones muertos .....	41
Tabla 19. Pruebas de múltiple rangos para pulgones muertos por dosis de cola de caballo.....	42
Tabla 20. Comparación de letalidad de aceites - Tabla ANOVA .....	43
Tabla 21. Pruebas de múltiple rangos .....	43
Tabla 22. Comparación múltiple .....	43
Tabla 23. Análisis de varianza para pulgones muertos .....	44
Tabla 24. Camino de máximo ascenso para pulgones muertos .....	45
Tabla 25. Maximización de pulgones muertos en función de la dosis mínima de aceite .....	45
Tabla 26. Análisis de varianza para pulgones muertos .....	46
Tabla 27. Camino de máximo ascenso para pulgones muertos .....	47
Tabla 28. Maximización de pulgones muertos en función de la dosis mínima de aceite .....	47
Tabla 29. Análisis de varianza para pulgones muertos .....	48

Tabla 30. Camino de máximo ascenso para pulgones muertos .....	49
Tabla 31. Maximización de pulgones muertos en función de la dosis mínima de aceite .....	49
Tabla 32. Análisis de varianza para pulgones muertos .....	50
Tabla 33. Camino de máximo ascenso para pulgones muertos .....	51
Tabla 34. Maximización de pulgones muertos en función de la dosis mínima de aceite .....	51

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Estructura química del eucalipto.....	12
Figura 2. Compuestos químicos que actúan como biocida del Eucalipto.....	13
Figura 3. Compuestos químicos que actúan como biocida del Molle.....	15
Figura 4. Compuestos químicos que actúan como biocida del Orégano.....	19
Figura 5. Compuestos químicos que actúan como biocida del Cola de caballo.....	20
Figura 6. Esquema del proceso de operaciones unitarias de los óleos esenciales.....	28
Figura 7. Pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ).....	31
Figura 8. Gráfico del diagrama de medias.....	36
Figura 9. Gráfica de medias para pulgones muertos por dosis de orégano.....	38
Figura 10. Gráfica de medias para Pulgones muertos por Dosis de Molle.....	40
Figura 11. Gráfica de medias por dosis de Cola de caballo.....	42
Figura 12. Gráfica de caja y bigotes para tipo de aceite .....	44

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	63
Anexo 2. Datos para la obtención de la eficiencia máxima.....	64
Anexo 3. Datos de la mortalidad de los pulgones negros.....	66
Anexo 4. Panel fotográfico.....	68
Anexo 5. Secado de la materia prima.....	70
Anexo 6. Extracción de óleos esenciales por el método de arrastre de vapor.....	71
Anexo 7. Óleos esenciales que se obtuvo y su uso.....	74

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue analizar el potencial biocida de aceites esenciales de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo para controlar áfidos en muestras de alfalfa. Se empleó destilación por arrastre de vapor para extraer los aceites esenciales. Se realizaron pruebas con diferentes dosis (1  $\mu$ l, 3  $\mu$ l y 5  $\mu$ l) y se evaluó la mortalidad de los pulgones a intervalos de 10, 20, 40 y 60 minutos. Los resultados obtenidos evidenciaron que: Eucalipto mostró dos grupos distintos de eficacia: la dosis de 1  $\mu$ l provocó 3,75 pulgones muertos, mientras que las dosis de 3  $\mu$ l y 5  $\mu$ l resultaron en 6,125 y 6,75 pulgones muertos, respectivamente. El orégano también mostró dos grupos de eficacia: la dosis de 1  $\mu$ l causó 2,9375 pulgones muertos, mientras que las dosis de 3  $\mu$ l y 5  $\mu$ l resultaron en 5,8125 y 6,375 pulgones muertos, respectivamente. Molle mostró tres grupos de eficacia: la dosis de 1  $\mu$ l provocó 1,4375 pulgones muertos, la dosis de 3  $\mu$ l provocó 3,5 pulgones muertos y la dosis de 5  $\mu$ l provocó 4,4375 pulgones muertos. La cola de caballo mostró dos grupos de eficacia: la dosis de 1  $\mu$ l provocó 0,625 pulgones muertos, mientras que las dosis de 3  $\mu$ l y 5  $\mu$ l resultaron en 1,625 y 2,0 pulgones muertos, respectivamente. El análisis de eficiencia reveló que el orégano y el eucalipto fueron los más efectivos. Las concentraciones mínimas para lograr mortalidad fueron 1  $\mu$ l de aceite de eucalipto en 0,053 minutos, 1  $\mu$ l de aceite de orégano en 0,055 minutos, 1  $\mu$ l de aceite de molle en 0,074 minutos y 1  $\mu$ l de aceite de cola de caballo en 0,777 minutos. Por tanto, los oleos de orégano y eucalipto demostraron mayor efectividad en el control de áfidos en la muestra de alfalfa.

**Palabras clave:** óleos esenciales; biocida; pulgón negro; arrastre de vapor; cola de caballo.

## ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the biocidal potential of essential oils of molle, eucalyptus, oregano and horsetail to control aphids in alfalfa samples. Steam distillation was used to extract the essential oils. Tests were carried out with different doses (1  $\mu$ l, 3  $\mu$ l and 5  $\mu$ l) and aphid mortality was evaluated at intervals of 10, 20, 40 and 60 minutes. The results obtained showed that: Eucalyptus showed two different groups of efficacy: the dose of 1  $\mu$ l caused 3.75 dead aphids, while the doses of 3  $\mu$ l and 5  $\mu$ l resulted in 6.125 and 6.75 dead aphids, respectively. Oregano also showed two groups of efficacy: the 1  $\mu$ l dose caused 2.9375 dead aphids, while the 3  $\mu$ l and 5  $\mu$ l doses resulted in 5.8125 and 6.375 dead aphids, respectively. Molle showed three groups of efficacy: the 1  $\mu$ l dose caused 1.4375 dead aphids, the 3  $\mu$ l dose caused 3.5 dead aphids and the 5  $\mu$ l dose caused 4.4375 dead aphids. Horsetail showed two groups of efficacy: the 1  $\mu$ l dose resulted in 0.625 dead aphids, while the 3  $\mu$ l and 5  $\mu$ l doses resulted in 1.625 and 2.0 dead aphids, respectively. The efficiency analysis revealed that oregano and eucalyptus were the most effective. The minimum concentrations to achieve mortality were 1  $\mu$ l of eucalyptus oil in 0.053 minutes, 1  $\mu$ l of oregano oil in 0.055 minutes, 1  $\mu$ l of molle oil in 0.074 minutes and 1  $\mu$ l of horsetail oil in 0.777 minutes. Therefore, oregano and eucalyptus oils demonstrated greater effectiveness in controlling aphids in the alfalfa sample.

**Keywords:** essential oils; biocide; black aphid; steam entrainment; horsetail.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, ha habido un notable aumento en el interés por desarrollar biocidas que sean naturales y respetuosos con el medio ambiente, como una opción alternativa a los productos químicos convencionales. Dentro de este contexto, los aceites esenciales han sido identificados como una fuente promisoría de compuestos con actividad biológica que poseen propiedades antimicrobianas y pesticidas.

Una opción ecológica para combatir las plagas es emplear bioinsecticidas naturales, que consisten en extractos de diversas plantas que contienen compuestos químicos con propiedades insecticidas. Durante mucho tiempo, se han utilizado plantas como insecticida contra diversas plagas, lo cual tiene una larga historia en la humanidad.

El objetivo de este estudio es analizar el efecto biocida de los aceites esenciales extraídos de las plantas de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), con el fin de controlar de manera ecológica la plaga de pulgón negro (*Aphis craccivora*) en el cultivo de alfalfa. El estudio se enfocó en determinar la composición y concentración óptima de los aceites esenciales como biocidas, así como evaluar su eficacia en el control del pulgón negro. Para lograr estos objetivos, se llevarán a cabo experimentos específicos para evaluar la eficacia de los aceites esenciales contra la plaga en cuestión.

Los usos excesivos de insecticidas convencionales causan diversos problemas, entre los cuales se destacan la acumulación de sustancias en los organismos vivos y la capacidad de las plagas para desarrollar resistencia han experimentado un aumento en los últimos años, afectando el suelo, agua y aire. Estos problemas generan un aumento en los gastos de los agricultores y pérdida de nutrientes en el suelo, ya que se requiere una mayor cantidad de plaguicidas para controlar las plagas. Un ejemplo de plaga perjudicial en los cultivos son los pulgones, que pueden causar daños en las hortalizas en su etapa de crecimiento y disminuir su valor comercial.

En este trabajo, se busca presentar una opción natural para combatir las plagas perjudiciales, el objetivo es proteger el medio ambiente, fomentar el uso de biocidas orgánicos y salvaguardar la salud humana.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

En los últimos tiempos el uso de insecticida convencional ha generado problemas económicos en los agricultores, en salud y un efecto adverso en el entorno natural se produce debido a que las plagas desarrollan una mayor resistencia a los productos químicos utilizados como insecticidas por ende sus niveles de daños son muy altos, lo cual es una limitante para la buena producción y calidad del producto. Por lo cual es necesario explorar otras opciones para prevenir y eliminar las plagas de forma natural sin afectar nuestro ecosistema y la salud.

Ruiz (2015), explica que los insecticidas y abonos convencionales causan gran preocupación en la actualidad ya que estos son tóxicos para el ser humano y altera el ecosistema. Aquí se utilizan aceites con plantas aromáticas tiene un papel importante ecológico donde actúa como pesticida natural y hoy en día son una alternativa de sustitución a los insecticidas convencionales que causan daño a la salud y medio ambiente.

Por ello, es importante encontrar otras alternativas naturales para reducir el consumo de plaguicidas convencionales.

### 1.2. Formulación del problema

#### 1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto biocida de los aceites esenciales de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para el control ecológico del pulgón negro (*Aphis craccivora*) en el cultivo de alfalfa?

#### 1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las características sensoriales de los aceites esenciales del molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*)?
- b. ¿Cuál es la eficiencia biocida de los aceites esenciales del molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo

(*Equisetum arvense*) para el control ecológico del pulgón negro (*Aphis craccivora*) en el cultivo de alfalfa?

- c. ¿Cuáles son las concentraciones mínimas, biocidas de los aceites esenciales de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), para el control ecológico del pulgón negro (*Aphis craccivora*) en el cultivo de alfalfa?

### **1.3. Justificación e importancia**

Conocido durante mucho tiempo como pesticida de segunda generación, los pesticidas utilizados para controlar plagas han causado estragos, en lo que respeta el entorno natural y el bienestar de las personas tanto para quienes comen alimentos procesados como para quienes lo usan.

Tiene que ver con su gente, su cultura, y los mayores problemas causados por el empleo excesivo de pesticidas convencionales que incluyen la bioacumulación y la fortaleza de las plagas, lo que aumenta los costos para los agricultores porque se necesita usar más pesticidas (Huanca,2019).

Por otro lado, es fundamental crear opciones alternativas para la supervisión de plagas que sean sostenibles, respetuosos con el entorno natural, beneficiosos para el bienestar humana y varias pruebas han demostrado que el uso de plantas con propiedades insecticidas es una de las alternativas ecológicas más importantes. Amigable con los insecticidas sintéticos y económica. Por lo tanto, evaluaremos en el próximo trabajo de investigación del Eucalipto (*Eucalyptus globulus.*), Molle (*Schinus molle*), Orégano (*Origanum vulgare*) y Cola de caballo (*Equisetum arvense*) como alternativa natural contra los pulgones.

#### **1.3.1. Importancia social**

En cuanto al campo social, podemos ver que al implementar este proyecto se está contribuyendo con el desarrollo sostenible, evitando que los aceites esenciales tengan como destino final una ayuda en la agricultura, así como también logrando una producción responsable mediante la información y aprendizaje del cultivo. En la actualidad hay un mercado a nivel nacional e internacional que utilizan algunas plantas nativas que tienen propiedades de insecticidas, antimicrobianas y antioxidantes para mejorar sus productos y a la vez no elimina las propiedades del suelo, prueba de eso

es la potencialidad creciente que se va experimentando en el biocomercio peruano (Montoya, 2017).

### **1.3.2. Importancia económica**

El establecimiento de una fábrica de aceites esenciales contribuirá al desarrollo económico de las comunidades aledañas, ya que estas comunidades participarán en la producción de aceites esenciales, tiene una aceptación social del alcance poblacional (Chavarría, 2018).

Montoya (2017), Indica que en la industria comercial de recolección y producción de óleos esenciales genera trabajo e ingresos económicos. Dado que en países desarrollados los usos de insecticidas orgánicos, contribuyen a la disminución del impacto ambiental y a la vez proveen el cuidado de la población.

### **1.3.3. Importancia ambiental**

López (2021), manifiesta que el aceite de eucalipto tiene propiedades de pesticida para la erradicación de las plagas en los cultivos, no dejan ningún tipo de residuo ni en la tierra ni tampoco en las cosechas y no causa daños al medio ambiente.

La gestión del ecosistema involucra el intercambio de varias ciencias, en el cual debe existir una interdisciplinariedad y transdisciplinariedad con la finalidad de abarcar las problemáticas, dado que la gestión del medio ambiente va relacionada con las ciencias sociales (Torres, 2017).

### **1.3.4. Importancia científica**

Mitigar la importancia científica en diferentes áreas de la ciencia es la base fundamental, puesto que ayuda a desarrollar la calidad de supervivencia y el confort de las personas, por otro lado, la investigación, el uso de la tecnología y ciencia ayuda a formas nuevos especialistas en determinadas áreas.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto biocida de los aceites esenciales de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum*

*arvense*) para el control ecológico del pulgón negro (*Aphis craccivora*) en el cultivo de alfalfa.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Identificar las características sensoriales de los aceites esenciales del molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*).
- b. Determinar el biocida de mayor eficiencia de los aceites esenciales de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), para el control ecológico del pulgón negro (*Aphis craccivora*) en el cultivo de alfalfa.
- c. Establecer las concentraciones mínimas biocidas de los aceites esenciales obtenidos del molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) para el control ecológico del pulgón negro (*Aphis craccivora*) en el cultivo de alfalfa.

### **1.5. Hipótesis**

#### **1.5.1. Hipótesis general**

Los aceites esenciales de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), tienen propiedades biocidas de acuerdo a su composición física y química.

#### **1.5.2. Hipótesis específica**

- a. El aceite esencial con mayor eficiencia de biocida es el molle (*Schinus molle*) seguido del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en el control ecológico del pulgón negro (*Aphis craccivora*) en los cultivos de tallo bajo en un ambiente controlado.
- b. La concentración mínima de biocida de los aceites esenciales de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), permitirán un óptimo control ecológico sobre el pulgón negro (*Aphis craccivora*) en los cultivos de alfalfa.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Según los autores Aros et al., (2019). nos sugiere que los insecticidas a base de plantas pueden ser una alternativa efectiva y segura a los insecticidas sintéticos. Los insecticidas a base de plantas son derivados de compuestos naturales presentes en las distintas partes de las plantas, como las hojas, las raíces, las semillas y las flores, presentan características y funciones únicas. Estos compuestos pueden actuar de diversas maneras para combatir los pulgones y otros insectos como la interrupción de su ciclo de vida, la repelencia y la toxicidad directa.

En los últimos años la productividad en el sector agrícola fue creciendo. Debido al crecimiento demográfico y la creciente demanda en el mercado. Se evalúa que para el 2050 los habitantes a nivel mundial serán entre 9,4 y 10 mil millones. Debido a la demanda de alimentos, a menudo se utilizan pesticidas químicos para aumentar los rendimientos y proteger los cultivos. No obstante, el mal empleo y el uso excesivo de productos químicos trae consecuencias secundarias que afectan desfavorablemente la salud de los habitantes y el entorno ambiental. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), anualmente se registran entre 200 000 y 5 millones de casos de intoxicación a nivel global por plaguicidas químicos, incluidas 200 000 mil muertes, el 99 % de las cuales se producen en zonas rurales tal como lo explica Hussein (2017).

En India el aumento de ciertas plagas presenta resistencia a los insecticidas convencionales / químico.

La agricultura ecológica propone prácticas fehacientes para reducir el uso de insecticidas convencionales. Busca sustituir los productos químicos por insecticidas orgánicos y promover las prácticas amigables con el medio ambiente. También promueve la correlación biológica y los beneficios de las plantas y especies para la fertilidad del suelo y la salud según Hussein (2017).

El empleo de insecticidas de origen natural, como los aceites esenciales de plantas, se ha observado un crecimiento notable en la popularidad de esta alternativa, que se percibe como más amigable con el medio ambiente y menos riesgosa que los insecticidas químicos tradicionales en el manejo de plagas. En particular, los aceites esenciales de ciertas plantas han mostrado una eficacia prometedora en el control del pulgón, una de las plagas más comunes y perjudiciales para los cultivos. Los oleos

esenciales son sustancias volátiles que se encuentran en plantas y son ampliamente empleados en sectores como la alimentación, la cosmética y la industria farmacéutica. Además, varios estudios han demostrado que muchos aceites esenciales tienen propiedades insecticidas y repelentes de plagas. Por ejemplo, el aceite esencial de menta, eucalipto, orégano y lavanda han demostrado tener efectos repelentes y tóxicos sobre los pulgones cómo lo explican Cantó, Tejero & Guirao (2017).

Un ambiente controlado, es posible realizar pruebas de laboratorio para establecer la eficacia de un óleo esencial como insecticida en contra de los pulgones. Se puede medir la mortalidad de los pulgones después de exponerlos a diferentes concentraciones de los aceites esenciales, así como su capacidad para repeler los insectos. Además, se pueden realizar pruebas para evaluar la persistencia del efecto insecticida de los óleos esenciales, es decir, cuánto tiempo permanecerán activos en el ambiente después de su aplicación. Esto puede ayudar a determinar la frecuencia necesaria de aplicaciones para mantener el control del pulgón de acuerdo con Inclán, Alvarado, & Williams (2007).

### **2.1.1. Antecedente internacional**

Según Huanca (2019), explica que los insecticidas con químicos son muy nocivos, ya que elimina a todos los insectos, los insecticidas convencionales representan un riesgo considerable para la salud de seres humanos y mascotas, dado su alto nivel de toxicidad. La utilización de óleos esenciales se debe considerar como una alternativa importante como pesticidas naturales ya que en la actualidad se realizaron estudios e investigaciones y determinan como posibles alternativas de solución contra las plagas. Durante los últimos años, la investigación del proceso de extracción de aceites de plantas nativas, el interés de la comunidad científica ha sido despertado por este fenómeno, lo que lo ha convertido en un extenso ámbito de estudio y avance, impulsado por su prominencia en sectores como la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria, entre otras.

### **2.1.2. Antecedente nacional**

La cola de caballo (*Equisetum arvense*) contienen compuestos como la escopoletina y la quercetina, que ha demostrado tener actividad insecticida contra el pulgón cómo afirma Cuadrado (2016).

En resumen, los óleos esenciales obtenidos de los árboles de molle, las hojas de eucalipto, el orégano son extractos naturales altamente concentrados y cola de

caballo tienen potencial como alternativa para el control del pulgón debido a su actividad insecticida. No obstante, se requiere llevar a cabo investigaciones adicionales para evaluar su efectividad en distintos entornos de cultivo y en contraste con los pesticidas tradicionales.

En particular, el aceite de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo han sido reportados como posibles alternativas para el control del pulgón.

El pulgón es un insecto que puede causar daño a diversas plantas y cultivos, su control puede ser difícil debido a su rápida reproducción y capacidad de desarrollar resistencia a los insecticidas convencionales. En investigaciones anteriores, se ha evidenciado que los aceites esenciales extraídos de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo tienen efectos insecticidas sobre el pulgón, lo que los convierte en una opción como insecticida ecológico para eliminar el pulgón en las plantas según Cruz & Orihuela (2015).

El óleo de molle (*Schinus molle*) ha demostrado tener eficiencia como biocida contra diversas plagas, incluido el pulgón. Su efecto se debe a la presencia de la composición de 1,8-cineol, el  $\alpha$ -pineno y el limoneno. El aceite esencial extraído del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) ha demostrado poseer propiedades insecticidas eficaces contra el pulgón debido a su contenido de 1,8-cineol y el  $\alpha$ -pineno de acuerdo con Cruz & Orihuela (2015).

### **2.1.3. Antecedente local**

Arapa (2012), indica que determinó los parámetros físico-químico que realizó la caracterización de los elementos del aceite esencial extraído del molle mediante el método de destilación por arrastre de vapor de agua. Estas actividades se llevaron a cabo en el centro de producción (CP) los Palos, situado en la provincia de Tacna, así como en el distrito de Tarata, que forma parte de la provincia de Tarata.

En dicha investigación, demostró que el aceite de molle tiene propiedades tales como hidrocarburos terpenicos y presenta factores volátiles en el cual identificaron un color transparente y presenta tenuemente un color amarillo, olor herbáceo, un aroma a mentolado con un sabor herboso ligeramente amargo. El aceite de molle se puede identificar fácilmente por su olor y sabor.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Aceites esenciales**

Castro (2019), describe que los óleos esenciales de plantas aromáticas desempeñan un papel significativo en el sistema de protección natural de las plantas. Las herbáceas producen aceites a fin de protegerse de los peligros ambientales. Las partes de una planta que contienen más aceites esenciales suelen ser las más vulnerables a la invasión microbiana: corteza, savia, hojas, semillas y cáscaras de frutos. Las moléculas de los aceites esenciales tienen una amplia gama de funciones biológicas. Se sabe que protegen el medio ambiente, relajan el cuerpo e incluso tranquilizan la mente.

Se denominan aceites por su aspecto físico y constante, similar al óleo graso, sin embargo, se diferencian al desprender una pequeña cantidad de esencia sobre una lámina, se evapora rápidamente y desaparecen sin dejar rastro ni marca de grasa (John, 2019).

“Los terpenoides, sesquiterpenos, alcoholes, ácidos, ésteres acíclicos, aldehídos y lactonas son componentes de los aceites esenciales (AE), que son líquidos hidrófobos concentrados, fragantes y volátiles extraídos de las plantas”. Los aceites esenciales se estudian por su acción antibacteriana contra varios tipos de bacterias y hongos, así como por sus propiedades citostáticas e insecticidas.

También se utilizan como aromatizantes y aditivos alimentarios naturales. Los efectos antioxidantes de los aceites esenciales se deben a la presencia de componentes fenólicos. Los componentes más importantes que influyen en la composición son de origen geográfico, el nivel de precipitaciones y las condiciones climáticas según los siguientes autores Castro et al., (2019).

Luengo (2004) indica que el óleo esencial de plantas muestra un 0,1 y el 1 % de peso seco. Son fluidos insolubles en agua, soluble en alcohol y disolvente orgánico. Son incoloros cuando se encuentran frescos y a una temperatura ambiente, puesto que cuando experimentan oxidación, sufren un proceso de retonificación que les confiere un tono amarillento profundo como medida preventiva contra dicho proceso de oxidación, se debe colocar en un recipiente de vidrio de color oscuro y perfectamente tapados).

A excepción del aceite esencial de canela, sasafrás y clavo, en general los aceites de plantas son menos densos cuando entra en contacto con el agua, exhibe un alto índice de refracción.

### **2.2.2. Función de los aceites esenciales**

Tejero (2022), indica que las plantas tienen propiedades en sus raíces, semillas, flores y cortezas, que contienen unas composiciones muy favorables para la agricultura, ya que presentan hidrocarburos terpenicos, fenólicos entre otras. El aceite esencial fortalece a las plantas en el desarrollo del producto (no deja caer las flores), las protegen de las condiciones climáticas, por otro lado, también ayuda en la polinización a través de la fragancia que emana, entre otros beneficios.

### **2.2.3. Manejo de los insecticidas**

Heredia (2020), manifiesta que el correcto manejo de insecticidas es fundamental para fomentar las buenas prácticas del correcto uso de los plaguicidas, por otra parte, el uso de insecticida o plaguicidas es primordial para el cuidado fitosanitaria de los productos agrícolas. La aplicación de plaguicidas es de forma directa a los cultivos en el cual también afecta al suelo, la aplicación de insecticida sirve para mantener y limpiar la infraestructura, las herramientas y el equipo. Los cultivos se ven significativamente restringidos en su producción debido a las plagas que los efectos, lo cual constituye uno de los factores principales. Hay varias formas de reducir estas plagas antes de que causen un daño económico significativo.

### **2.2.4. Fuente de los oleos esenciales.**

Diaz (2013), menciona que el óleo esencial se obtiene de toda la planta tales como: flores, frutas, hojas, raíces, semillas y cortezas. Una ilustración es el aceite esencial de lavanda que surge de los florales, el óleo esencial de patchouli es extraído de hojas y el óleo de naranja se obtiene de su fruto.

### **2.2.5. Taxonomía de Eucalipto, Molle, Orégano y Cola de Caballo**

#### **2.2.5.1. Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)**

##### **a. Origen, generalidades y características**

Balmelli (1995), la extracción de los aceites se realiza de su flor, fruta, hoja, raíz, semilla y corteza del vegetal. Un caso ilustrativo sería la procedencia de diferentes óleos esenciales: el aceite de lavanda se extrae de flores, el patchuli proviene de hojas y el óleo de naranja se obtiene de su fruto.

Marco (2004), “el *Eucalyptus (globulus)* es nativo del este, sureste y áreas de la costa oeste de Tasmania, así como de las islas del estrecho de Bass y el sur de Victoria, Australia”.

García (2015), indica que el *Eucalyptus (globulus Labill)* las características físicas de la planta son: árbol esbelto que alcanza hasta los 100 metros de altitud. Su corteza es de color blanco, gris azulado o verde y se desacopla con facilidad del tallo, que es muy característico. Las hojas jóvenes son ovales-lanceoladas, sésiles, con tonalidades verdes y heladas; los adultos son hoz-lanceolados, con pecíolos largos, de color verde oscuro. Su fruto es una cápsula cuadrada, como una pirámide invertida, con un botón en la parte superior. Suelen ser solitarios, no tienen tallos y *Eucalyptus (globulus ssp globulus)* es una especie más frecuente en comparación con otras variedades pertenecientes con el mismo género, *E. nitens* o *E. camaldulensis*, el fruto es pequeño, agrupado y pedunculado en el cual cuenta con siete categorías taxonómicas como se observa en la Tabla 1.

Montoya (1995), lo define como un majestuoso al “*Eucalyptus (globulus ssp globulus)* es un árbol imponente que puede alcanzar los 70 metros de altura y tener un diámetro de 2 metros”. Sin embargo, en la mayoría de los casos, su altura oscila alrededor de los 50 metros y su diámetro alrededor de 1,50 metros, medidos a una altura de 1,30 metros desde el suelo.

## b. Clasificación taxonómica

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de eucalipto*

<b>Taxón</b>	<b>Nombre</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Eucalyptus</i>
Especie	<i>Eucalyptus globulus Labill</i>

*Nota.* Descripción taxonómica de la planta aromática (García,2015)

### c. Estructura química del aceite esencial del Eucalyptus

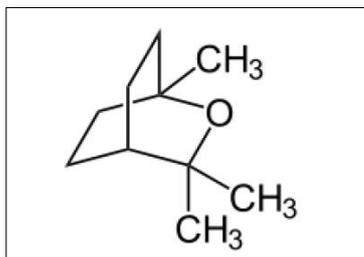
Pluas (2015), señala que el eucalipto contiene componentes agrios y resinas. Asimismo, se encuentra monoterpenos y aldehidos. Los óleos esenciales son una parte significativa de la composición química del Eucalipto, destacándose por su abundancia, siendo su principal componente el eucaliptol (óxido de éter terpénico). También abarca: “terpineol, carburos de terpeno (alfapineno), alcoholes alifáticos, sesquiterpénicos, aldehídos (ácido butírico, ácido valeriano, ácido caproico) y cetonas.

También contiene taninos (sustancias desintoxicantes), pigmentos flavonoides (quercetol propofol)” y complejos de propofol, luteolina, ácidos fenólicos (ácidos gálicos, ácidos cafeicos), componentes gomosos y amargos.

Clark y Cameron (2000), indica que Eucalyptus está esencialmente presente en una concentración de aproximadamente el 70 %. globulus, esta molécula es empleada en la fabricación. Según nos indica su estructura química se nuestra en la Figura 1.

**Figura 1**

*Estructura química del eucalipto*



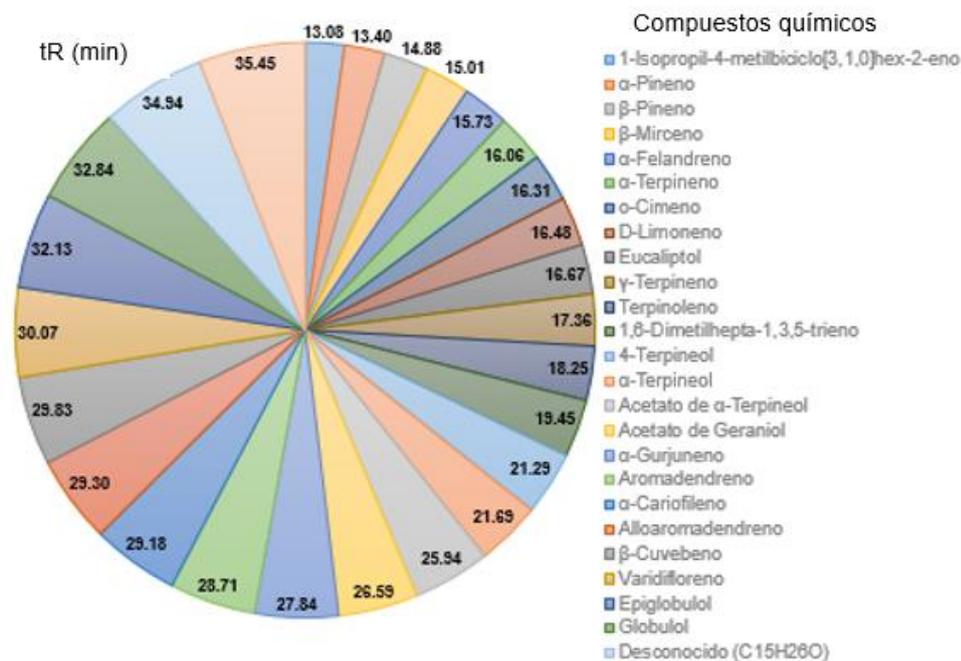
*Nota.* Formula química de eucalipto (Huanca, 2019).

### d. Características químicas

“El aceite esencial de eucalipto está compuesto principalmente de monoterpenos y sesquiterpenos. Los componentes más significativos son el 1,8-cineol (también conocido como eucaliptol), alfa-pineno, limoneno, alfa-terpineol y globulol”, según se muestra su estructura química en la Figura 2 (Palomino, 2022).

**Figura 2**

*Compuestos químicos que actúan como biocida del Eucalipto*



Nota. Descripción de los compuestos químicos (Palomino, 2022).

### 2.2.5.2. Molle (*Schinus molle*)

#### a. Origen, generalidades y características

Padín (2015), explica que el “Árbol americano es originario de la región de los Andes de América del Sur, distribuido en los trópicos y subtrópicos desde el sur de México, norte de Chile y Argentina, y particularmente abunda en el Perú”, en el cual cuenta con siete categorías taxonómicas como se observa en la Tabla 2.

#### b. Clasificación de la taxonomía

**Tabla 2**

*Categorización sistemática del molle*

Taxón	Nombre
Reino	Plantae
División	Fanerógama Magnoliophyta
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Sapindales
Familia	Anacardiáceas
Género	<i>Arboles</i>
Especie	<i>Schinus molle</i>

Nota. Descripción taxonómica de la planta aromática (Padín, 2015).

c. Composición del aceite esencial del Molle (*Schinus*)

Tabla 3

Estructura Química de molle (*Schinus*)

Número	Componente	TR <sup>a</sup> (min)	% en la muestra <sup>b</sup>
1	Tolueno	4,246	0,12
2	Hexano,2,4-dimetil-	4,986	0,08
3	1-heptano,2,6-dimetil-	8,336	0,05
4	Triciclo (2.2.1.0(2,6)) heptano,1,7,7-trimetil-	11,110	4,34
5	Biciclo (3.1.0) hex-2-eno,2-metil-5-(1-metiletil)-	11,634	0,18
6	α-pineno	12,338	16,56
7	Camfeno	13,716	19,10
8	Beta-pineno	16,640	8,85
9	β-mirceno	19,066	1,53
10	α-felandreno	21,043	19,59
11	o-cimeno	24,297	3,11
12	3-(4-metilbenzoil)-2-thioxo-4-thiazolil 4-metilbenzoato	24,374	0,92
13	o-cimeno	24,525	1,85
14	1-pentanona,1-(4-metilfenil)-	24,598	0,92
15	o-cimeno	24,619	1,53
16	β-felandreno	25,415	15,16
17	γ -terpineno	25,459	1,53
18	D-limoneno	25,547	4,04
19	1,3,6-octatrieno,3,7-dimetil-, (Z)-	29,932	0,19
20	Ciclohexano, 1-metil-4-(1-metiletilideno)-	35,962	0,05
21	Terpinen-4-ol	44,329	0,01
22	2-ciclohexen-1-ona, 4-(1-metiletil)-	44,954	0,01
23	Biciclo (3.1.0) hexan-3-ol, 4-metileno-1-(metiletil)-, (1.α.,3.α.,5. α.)-	46,141	0,01
24	Bornil acetato	51,305	0,02
25	Ciclohexano, 1-etenil-1-metil-2,4-bis(1-metiletenil)-, (1S-(1.α.,2. β.,4. β.)-)	56,615	0,01
26	1H-Cicloprop(e)azuleno, 1a,2,3,4, 4a,5,6,7b-octahidro-1,1,4,7-tetrametil-	57,394	0,02
27	Cariofileno	57,823	0,04
28	Humuleno	59,360	0,01
29	γ-muuroleno	60,400	0,00
30	Germacreno D	60,578	0,02
31	Ciclohexano, 1-etenil-1-metil-2-(metiletenil)-4-(1-metiletilideno)-	61,262	0,07
32	α-muuroleno	61,438	0,01
33	Naftaleno, 1,2,3,4, 4a,5,6, 8a-octahidro-7-metil-4-metileno-1-(1-metiletil)-	61,995	0,01
34	Naftaleno, 1,2, 4a,5,8, 8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-	62,395	0,04
35	Ciclohexanemetanol, 4-etenil-, α. α.,4-trimetil-3-(1-metiletenil)-	63,459	0,01
36	(2E,4S,7E)-4-Isopropil-1,7-dimetilciclododecano-2,7-dienol	64,566	0,01
37	1H-Cicloprop(e)azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4-metileno-	64,695	0,01
			100,00

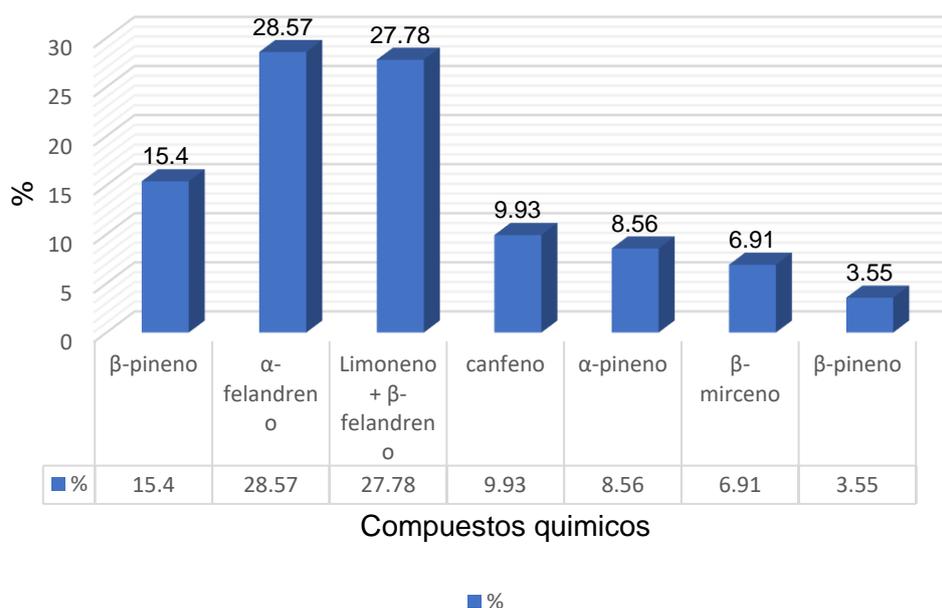
Nota. Descripción de los compuestos químicos (Quiroz & Salvatierra, 2021).

#### d. Características químicas

Los compuestos químicos del aceite esencial de molle incluyen: “Alfa-pineno: Un monoterpeno que le da al óleo su aroma característico. 1,8-cineol: También conocido como eucaliptol, es otro componente responsable del aroma y propiedades refrescantes, entre otros”. En la Figura 3 se observa los compuestos químicos que tienen propiedades de biocida (Murrieta et al., 2023).

**Figura 3**

*Compuestos químicos que actúan como biocida del Molle*



*Nota.* Descripción de los compuestos químicos (Murrieta et al., 2023).

#### 2.2.5.3. Orégano (*Origanum vulgare*)

##### a. Origen, generalidades y características

El orégano es una planta herbácea con un aroma distintivo y es un ingrediente culinario fundamental en la gastronomía mediterránea y en diversas cocinas a nivel global. Información sobre su origen, generalidades y características:

- **Origen:** El orégano, conocido científicamente como *Origanum vulgare*, tiene su origen en la región mediterránea, aunque también se encuentra en algunas partes de Asia y América del Norte. A lo largo de numerosos siglos, el orégano ha sido empleado tanto en la culinaria como con fines medicinales.
- **Generalidades:** El orégano es una hierba perenne que se clasifica dentro de la familia de las lamiáceas. Alcanza una altura de aproximadamente 30 a 90

centímetros y tiene hojas opuestas y ovaladas que son ligeramente peludas. Las flores del orégano son pequeñas y pueden ser blancas, rosadas o púrpuras.

#### Características:

- **Aroma y sabor:** El orégano tiene un aroma distintivo y un sabor fuerte y ligeramente amargo. Su sabor es una combinación de notas terrosas, picantes y astringentes.
- **Uso culinario:** El orégano se emplea de manera extensa como aderezo en la gastronomía mediterránea, especialmente en platos italianos como la pizza, las pastas y las salsas de tomate.
- **Propiedades medicinales:** El orégano tiene propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias. Contiene compuestos como el carvacrol y el timol, Se cree que poseen propiedades que pueden ser positivas para el bienestar de la salud. Se ha utilizado tradicionalmente para tratar problemas digestivos, resfriados, dolores de cabeza y como expectorante.
- **Cultivo:** El orégano se puede cultivar en climas cálidos y soleados. Prefiere suelos bien drenados y ligeramente alcalinos. Se puede cultivar a partir de semillas o mediante esquejes de las plantas existentes.
- **Varietades:** Además del orégano común (*Origanum vulgare*), existen otras variedades de orégano. La clasificación taxonómica que se muestra en la Tabla 4 (Cristancho & Rincón, 2018).

**Tabla 4**

#### *Clasificación taxonómica de orégano*

<b>Taxón</b>	<b>Nombre</b>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Subfamilia	Nepetoideae
Tribu	Mentheae
Género	Origanum
Especie	O. vulgare
Nombre científico	Origanum vulgare L
Nombre común	Orégano

*Nota.* Descripción taxonómica de la planta aromática (Socorro, Fidel, & Ranferi, 2020).

## b. Composición del aceite esencial del orégano

El aceite esencial de orégano está compuesto por diversos elementos químicos que desempeñan un papel fundamental en su fragancia característica y en sus beneficios para la salud. La estructura química del aceite de orégano se caracteriza por una combinación única de compuestos. Puede variar según la especie de orégano y las condiciones de crecimiento, pero algunos de los componentes principales incluyen:

- **Carvacrol:** Este componente se encuentra en gran cantidad en el aceite de orégano y se cree que es responsable de sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes.
- **Timol:** Otro componente importante que se encuentra en el aceite de orégano, también conocido por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes.
- **P-Cimeno:** Un terpeno que contribuye al aroma característico del aceite de orégano y también tiene propiedades antimicrobianas.
- **Gamma-terpineno:** Otro terpeno presente en el aceite de orégano, que puede tener propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.
- **Linalol:** Un alcohol terpénico que se encuentra en menor cantidad en el aceite de orégano, pero que también aporta su aroma y puede tener propiedades antimicrobianas.

Además de estos componentes principales, el aceite de orégano también puede contener otros compuestos como alfa-pineno, beta-pineno, eugenol y terpineno-4-ol, entre otros. Es importante tener en cuenta que la composición química exacta puede variar según el método de sustracción y las condiciones de producción del aceite de orégano.

## c. Composición Química de oleo esencial de Orégano (*Origanum vulgare*)

**Tabla 5**

*Componentes del aceite esencial de orégano (O. vulgare) identificados por GS-MS*

<b>Tr (min)</b>	<b>Compuesto</b>	<b>familia química</b>	<b>Área relativa (%)</b>
13,14	p-cymene	Hidrocarburo monoterpénico	11,66
14,32	$\gamma$ -Terpinene	Hidrocarburo monoterpénico	5,51
21,78	Thymol	Compuesto oxigenado	67,51
23,21	Eugenol	Compuesto oxigenado	1,82
24,89	Caryophyllene	Sesquiterpeno bicíclico	5,38
25,26	$\alpha$ -Bergamotene	Hidrocarburos esquiterpénico	1,32
25,26	$\alpha$ -Bergamotene	Hidrocarburo sesquiterpénico	1,65
28,90	Caryophyllene oxide	Terpenoide oxigenado	2,22

*Nota.* Descripción de los compuestos químicos (Acevedo,2018).

Esta especie presenta dos quimiotipos comunes, la importancia de esta planta radica en el notable valor agregado que se atribuye a su aceite esencial, gracias a los componentes químicos como el carvacrol y el timol particularmente el timol, el cual constituye el 67,51 % de su composición.

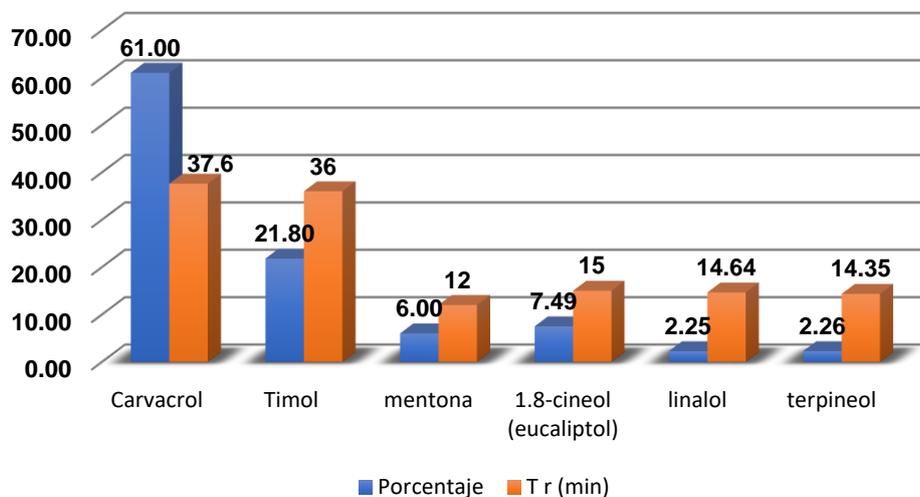
Debido a su eficacia como agente antimicrobiano, el timol es ampliamente utilizado en diversos productos para el cuidado bucal, como enjuagues y pastas dentales, con el propósito de eliminar las bacterias presentes en la boca y proporcionar el timol posee un sabor agradable. Además, se emplea por vía oral en el tratamiento de diversas condiciones como la bronquitis, la tos ferina, el dolor de garganta, la diarrea, la dispepsia y la gastritis, problemas dermatológicos como desinfectante urinario y antihelmíntico. El timol es empleado en enjuagues bucales con el fin de prevenir la aparición de caries y eliminar el mal aliento. También se utiliza en el tratamiento de la alopecia areata y como ingrediente en productos antiinflamatorios. Gracias a sus propiedades antibacterianas y antifúngicas, el timol se incluye en soluciones oftálmicas. Asimismo, encuentra aplicación en la industria de la cosmética y perfumería según Acevedo (2018).

#### **d. Características químicas**

“Los aceites esenciales son extractos naturales de origen vegetal compuestos por diversas sustancias orgánicas volátiles, como alcoholes, acetonas, cetonas, éteres y aldehídos. Estas sustancias se sintetizan y almacenan en los canales secretorios de las plantas”. Tal como se puede apreciar en la Figura 4 (Nava, 2010).

**Figura 4**

*Compuestos químicos que actúan como biocida del Orégano*



*Nota.* Descripción de los compuestos químicos (Nava, 2010).

#### 2.2.5.4. Cola de Caballo (*Equisetum arvense*)

Contiene propiedades fungicidas por el cual actúa como un insecticida para las plantas. Esto es a la gran cantidad de sílice que contiene además es un agente defensor que induce a la fortaleza de las plantas. La cola de caballo contiene una sustancia llamada "equitaceína", así como ácido silícico. Estos componentes son mejorados para fortalecer la planta. "La cola de caballo también contiene flavonoides, además, es rico en varios ácidos orgánicos, como la nicotina, la palustrina y la dimetilsulfona. Todos estos ingredientes hacen de Padderok uno de los fungicidas más eficientes en agricultura ecológica". Inclusive se cree que algunas propiedades insecticidas funcionan contra los pulgones y los ácaros rojos (Mayorga, 2014).

Las diferencias morfológicas entre las especies peruanas se basaron originalmente en el tamaño de la planta y las ramas. "Cola de caballo (*Equisetum bogotense*) <50 cm de largo, eje <2 mm de ancho, con 4-7 surcos longitudinales y menos ramas que surcos (1-4); mientras que la especie *E. El subgénero Hippochaete Giganteum* y *E. myriochaetum* miden más de 1 m de altura y tienen tallos de más de 3 mm de ancho", que generalmente coinciden con el número de surcos alrededor del tallo. Las dos últimas especies se distinguen con una lupa (10X) por la cantidad de filas estomáticas y "el margen de las costillas, *E. giganteum* tiene 2-6 filas y costillas dentadas, mientras que *E. myriochaetum* tiene filas de estomas y costillas dentadas. Materiales a revisar muestra un tallo de 2 a 4 mm de ancho, tantas ramas como surcos",

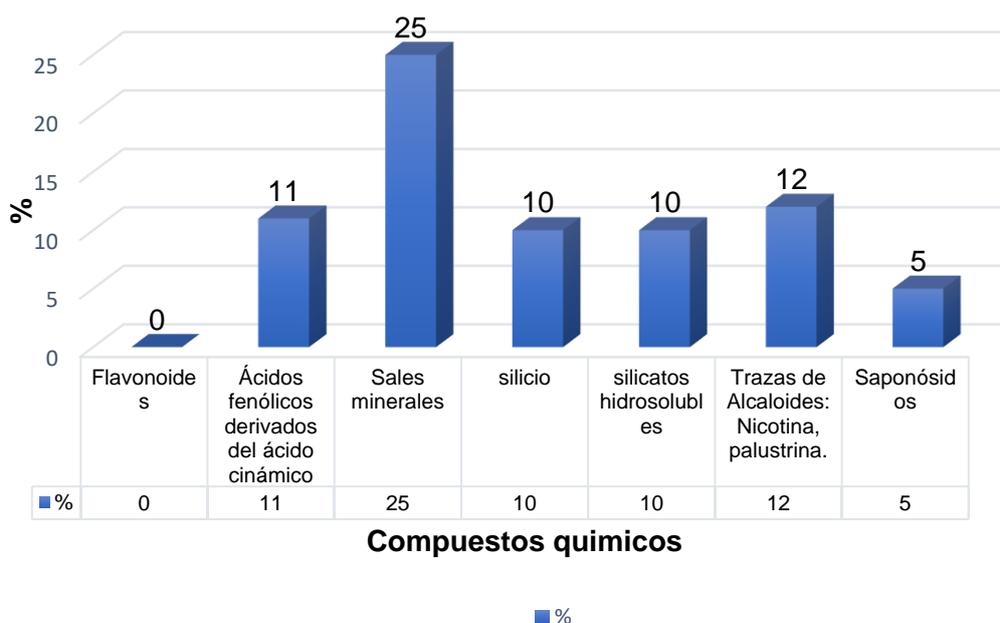
2 a 3 filas de estomatitas y costillas con bordes irregulares, lo cual permite identificarlo como *Equisetum giganteum* L. Sin embargo, considere la confusión con *OG. myriochaetum*, se sugiere el monitoreo continuo y la investigación del estado de sus poblaciones (León, 2012).

### a. Características químicas

La cola de caballo contiene una variedad de compuestos químicos que son beneficiosos como biocida. Estos compuestos incluyen flavonoides, sílice, potasio, saponinas y sales minerales, tal como lo indica (Panta & Piñin, 2019), tal como se puede apreciar en la Figura 5.

**Figura 5**

*Compuestos químicos que actúan como biocida del Cola de caballo*



*Nota.* Descripción de los compuestos químicos (Panta & Piñin, 2019).

### 2.2.6. Orégano (*Origanum vulgare*)

*Origanum vulgare* (*Labiata*) El orégano se cultiva a gran escala en Tacna (Tarata), se cosecha, se seca y se comercializa en el mercado interno y externo. Se utiliza para cocinar. Las hojas y sumidades floridas se utilizan en farmacia por sus propiedades tónicas, estimulantes del amargor, antisépticas, diuréticas y antiespasmódicas.

Existe una abundante cantidad de información acerca de las propiedades antisépticas de los aceites esenciales derivados de plantas, en particular de aquellas

pertenecientes a la familia Labiatae. Estos aceites esenciales contienen una variedad de compuestos o ingredientes activos, algunos de los cuales son compartidos por muchas especies diferentes. Las plantas que han sido utilizadas en la medicina tradicional presentan una valiosa oportunidad para descubrir principios bioactivos, lo que podría servir como una alternativa a la utilización de conservantes convencionales

Mediante el trabajo de investigación se fundamenta el uso de aceite esencial de orégano para mantener los alimentos en buenas condiciones; en el cual determinaron su composición química, efectos antibacterianos sobre bacterias para evitar la infesta y contagio de alimentos (Albado, Saez, & Ataucusi 2021).

### 2.2.7. Pulgón negro (*Aphis craccivora*)

El pulgón negro, conocido científicamente como *Aphis craccivora*, es una especie de pulgón que afecta principalmente a las plantas leguminosas, como los frijoles, las lentejas y las habas. A continuación, le proporcionaré información general sobre la fisiología de este insecto.

- **Morfología:** El pulgón negro tiene un cuerpo pequeño y blando, que generalmente mide entre 1 y 2 milímetros de longitud. Presenta una forma ovalada y su color varía desde el verde oscuro hasta el negro. Posee antenas y patas largas en relación con su tamaño corporal.
- **Alimentación:** Los pulgones son insectos chupadores de savia. Utilice un estilete bucal para perforar los tejidos de la planta y extraer los nutrientes de la savia. El pulgón negro se alimenta principalmente de los tejidos jóvenes de las plantas leguminosas, lo que puede debilitarlas y afectar su crecimiento.
- **Ciclo de vida:** Los pulgones negros tienen un ciclo de vida corto y se reproducen con rapidez. La mayoría de ellos son hembras partenogenéticas, lo que significa que pueden reproducirse sin la necesidad de aparecer con machos. Las hembras traen al mundo crías vivas en vez de depositar huevos, lo que acelera aún más el proceso reproductivo (Odorizzi, 2017).
- **Secreción de melaza:** Mientras se alimentan, los pulgones negros producen una sustancia pegajosa conocida como melaza. Esta sustancia espesa puede recubrir las partes foliares y los tallos de las plantas, promoviendo el crecimiento de hongos negros, como la fumagina, que puede reducir la capacidad de la planta para realizar la fotosíntesis.

- **Interacción con las plantas:** Los pulgones negros pueden transmitir enfermedades de las plantas, como virus y bacterias, a medida que se alimentan. Además, su alimentación puede causar deformaciones en las hojas y brotes, así como la formación de enrollamientos foliares.
- **Respuestas defensivas:** Las plantas leguminosas pueden desarrollar respuestas defensivas ante la presencia de pulgones negros. Estas respuestas incluyen la producción de compuestos químicos que repelen a los pulgones, la liberación de feromonas para atraer a los depredadores naturales de los pulgones y la activación de mecanismos de señalización para alertar a otras partes de la planta sobre la presencia de los insectos (Imwinkelried, Fava, & Trumper, 2013).

### 2.2.8. Equipo extractor por arrastre de vapor

El proceso de arrastre de vapor se emplea con el propósito de separar sustancias volátiles o aromáticas de una mezcla líquida o sólida. Este método se emplea con el fin de dividir o desvincular sustancias para evaporarse y arrastrar consigo otras sustancias a medida que se optimizan en vapor.

El proceso generalmente involucra la aplicación de calor a la mezcla, lo que provoca la evaporación de la sustancia volátil deseada. El vapor resultante, que contiene la sustancia volátil, se lleva a través de un sistema de condensación donde se enfría y se vuelve a convertir en líquido. La sustancia volátil se recupera luego en forma líquida.

Es importante tener en cuenta que hay diferentes configuraciones y diseños de equipos extractores por arrastre de vapor disponibles en la industria. Estos pueden variar en términos de tamaño, capacidad, materiales utilizados y métodos de operación específicos.

Un equipo de extracción por arrastre de vapor es un dispositivo que se emplea para la separación de elementos volátiles de una combinación líquida o sólida. Funciona aprovechando las propiedades del vapor, que arrastra consigo los compuestos volátiles mientras se separan de los componentes no volátiles (Ruiz, 2017).

El equipo extractor por arrastre de vapor consta de los siguientes elementos principales:

- **Matraz de destilación:** Es el recipiente donde se coloca la mezcla líquida o sólida a extraer.

- **Columna de destilación:** Es una columna vertical que se encuentra sobre el matraz de destilación y permite la segregación de los elementos volátiles presentes en la combinación.
- **Condensador:** Es un dispositivo que enfría el vapor generado durante la destilación, condensándolo nuevamente en forma líquida.
- **Recipiente receptor:** Es el recipiente donde se recoge el líquido condensado, que contiene los compuestos volátiles extraídos.

“El proceso de extracción por arrastre de vapor se basa en calentar la mezcla en el matraz de destilación, descubriendo vapor que contiene los volátiles”. El vapor asciende a través de la columna de destilación y entra en contacto con el condensador, donde se enfría y se condensa en líquido. El líquido condensado, que contiene los compuestos volátiles extraídos, se recoge en el recipiente receptor.

Este proceso de obtención se emplea en una variedad de sectores, que abarcan desde la industria química y farmacéutica hasta la alimentaria, con el propósito de separar componentes volátiles de una mezcla de forma más refinada. Entre sus usos habituales se cuentan la extracción de aceites esenciales de plantas, la refinación de compuestos químicos y la fabricación de fragancias y sabores (Huamá & Chaupis, 2018).

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Aceite esencial**

El líquido con fragancia que se extrae de algunas plantas a través de procesos de vaporización o presión se conoce como aceite esencial. Estos aceites contienen compuestos químicos naturales que les otorgan a las plantas su "esencia" característica, incluyendo su olor y sabor distintivos (Alvarez, Melendez, & Cosio, 2012).

### **2.3.2. Biocida**

Una biocida es una combinación de sustancias biológicas de origen que se crea o se prepara con el propósito de eliminar, detener o repeler individuos perjudiciales para las plantas. Además, las biocidas no causan deterioros al medio ambiente ni a los seres humanos. dependiendo de su composición, se clasifican en categorías físicas, biológicas y químicas (Alonso, 2015).

### **2.3.3. Control ecológico**

El control ecológico se centra en la prevención, la preservación de la variedad biológica y la recuperación de los ecosistemas naturales buscan reducir al máximo los efectos perjudiciales en el entorno natural y promover prácticas sostenibles que mantengan la salud de los ecosistemas y reduzcan la dependencia de sustancias químicas perjudiciales (Vázquez, 2001).

### **2.3.4. Insecticida**

Los bioinsecticidas, conocidos también como insecticidas biológicos, son productos derivados de fuentes naturales o incluso organismos vivos que se utilizan en la gestión de plagas de insectos, a diferencia de los productos químicos insecticidas fabricados en laboratorios, se utilizan métodos y productos naturales, estos bioinsecticidas se caracterizan por su origen natural, siendo menos perjudiciales para el entorno natural y, en términos generales, no perjudicial para seres vivos de niveles superiores y plantas (Leyva et al., 2017).

### **2.3.5. A nivel de laboratorio**

El término "nivel de laboratorio es un ambiente restringido donde se llevan a cabo actividades científicas y técnicas dentro de un laboratorio". En este contexto, se realizan experimentos, pruebas e investigaciones controladas utilizando equipos especializados y protocolos rigurosos (López & Ramírez, 2015).

### **2.3.6. Ambiente controlado**

La creación de un ambiente controlado surge de la necesidad de establecer y regular condiciones específicas en un espacio determinado, con el objetivo de garantizar condiciones óptimas para el desarrollo de procesos que son sensibles a factores como la calidad del aire, la temperatura, la humedad relativa o la estática (Leyva et al., 2017).

### **2.3.7. Pulgón**

Se trata de un pequeño insecto de forma ovalada, que mide alrededor de 1 o 2 mm de longitud. Puede presentar colores como el negro, marrón o verde, y se caracteriza por secretar un líquido azucarado a través de su extremo posterior. Los machos poseen cuatro alas, mientras que las hembras carecen de ellas. Tanto las hembras como las

larvas tienen la capacidad de parasitar y reunirse en las zonas más vulnerables de las plantas (Group, 2018).

### **2.3.8. Mortalidad de áfidos**

La mortalidad de los áfidos se refiere a la proporción de individuos de esta especie de insecto que fallecen durante un período de tiempo determinado. Los áfidos son pequeños insectos que se nutren de la sustancia vital de las plantas conocidas como savia. Su presencia puede tener consecuencias negativas en cultivos agrícolas y jardines (Alzugaray et al., 218).

La medición de la mortalidad de los áfidos es esencial para evaluar la efectividad de las técnicas utilizadas para gestionar la proliferación de plagas y para estudiar las interacciones entre los áfidos y otros organismos en el ecosistema (Carrizo, 2019).

### **2.3.9. Plaga**

Las plagas se refieren a plantas, animales, insectos, microorganismos u otros organismos no deseados que causan interferencias en las actividades humanas. Estas plagas pueden ocasionar picaduras, destruir cultivos de alimentos, dañar propiedades o dificultar nuestras vidas en general (Porto, 2021).

### **2.3.10. Composición química y física**

La composición química, se analizan los elementos químicos presentes en una sustancia y en el tamaño en la que se hallan. Los componentes químicos están compuestos por átomos, los cuales se representan mediante símbolos químicos (Moreno, 2013).

La composición física, en contraste, se enfoca en las propiedades físicas de una sustancia, “tales como su estado de agregación (sólido, líquido o gas), densidad, punto de fusión, punto de ebullición, conductividad eléctrica”, y otras características físicas (Stashenko, 2014).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Diseño de la investigación

Experimental: Estas propuestas tienen como objetivo llevar a cabo acciones con el fin de resolver un problema previamente identificado. En estas, se requiere definir en detalle las posturas y reducciones que faciliten el proceso de encontrar posibles soluciones al inconveniente planteado.

### 3.2. Acciones y actividades

Se estudió un proceso de sustracción de oleos esenciales utilizando hojas y tallos de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo, se empleó “el método por arrastre de vapor”. Se utilizó el equipo de extracción en óptimas condiciones de limpieza, luego se pesó 5 kilogramos de hojas y tallos como lo explica (Huanca, 2019), una vez que la planta estuvo correctamente en trozos pequeños, se procedió a llenar 25 litros de agua a la caldera, luego se introdujo la materia prima en el tanque del equipo extractor por arrastre de vapor.

Concluida el armado del equipo, se procedió a encender la hornilla hasta el punto de ebullición. La extracción de los oleos esenciales duro aproximadamente 3 a 4 horas, luego se realizó la fase de separación del solvente (H<sub>2</sub>O) y aceite (óleos esenciales) mediante el proceso de destilado y como último paso el proceso de decantación. La extracción de los óleos esenciales se realizó en el laboratorio de la facultad de ingeniería de la Universidad Privada de Tacna.

Por otro lado, se extrajo una muestra de alfalfa infestada del pulgón negro de la provincia de Candarave, lo cual se eligió de forma aleatoria. El experimento con los óleos esenciales de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo se trabajó en el laboratorio de la facultad de ingeniería ambiental.

Se determinó las características sensoriales, las dosis mínimas de aplicación y se determinó cuál de las cuatro plantas es más eficaz como biocida.

### **3.2.1. Procedimiento**

#### **3.2.2.1. Recolección de materia prima**

Para el presente estudio de investigación se recolectó la materia prima en diversos lugares, para extraer los aceites esenciales de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo se trajo de diferentes distritos de Tacna, en el caso de molle, eucalipto se recolectó del distrito de Ilabaya (CP. Cambaya), orégano del distrito de Candarave y la cola de caballo del distrito de Sama Inclán.

La muestra de alfalfa infestada de áfidos se adquirió del distrito de Candarave.

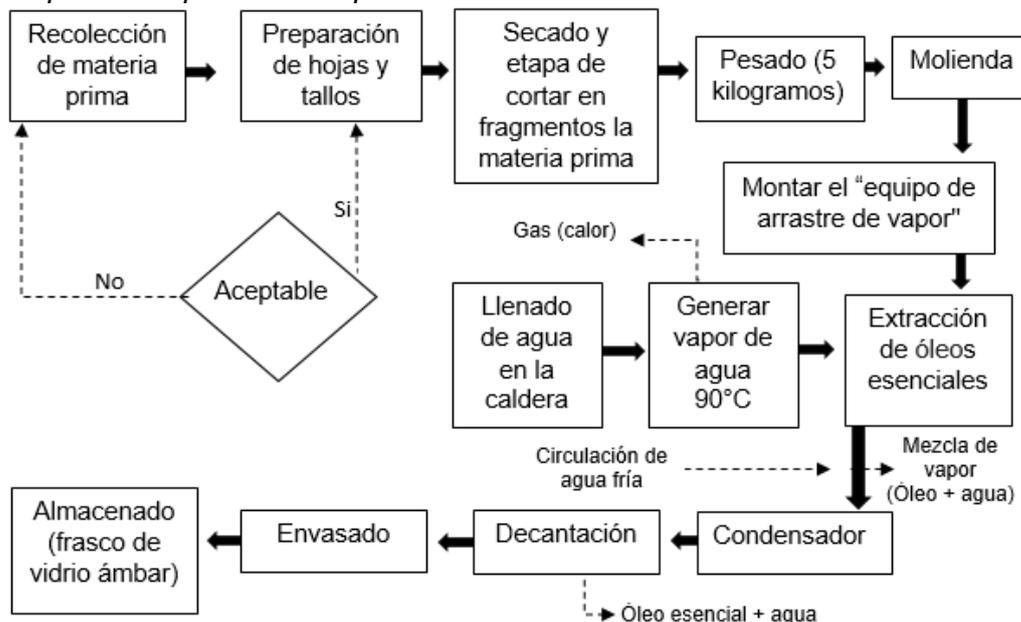
#### **3.2.2.2. Extracción de los aceites esenciales de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo por el Método de arrastre de vapor**

La extracción de los aceites esenciales se realizó por el “método de arrastre de vapor”, es un procedimiento de extracción sólido – líquido, el equipo de extracción estuvo en buenas condiciones (limpio y seco) tal como lo indica (Flores, 2020).

Se pesó 5 kilogramos de hojas y tallos, que estuvo semi secos y en trozos pequeños. Se picó las plantas con ayuda de un machete y tijeras grandes, seguidamente se procedió a colocar la muestra dentro del tanque del equipo extractor por arrastre de vapor y finalmente se prendió la hornilla para que llegue hasta el punto de ebullición. Una vez obtenido el aceite esencial se realizó la separación del aceite esencial y el solvente por el proceso de decantación.

**Figura 6**

*Esquema del proceso de operaciones unitarias de los óleos esenciales*



*Nota.* Diagrama de flujo de la extracción de óleo esencial por el "Método de arrastre de vapor".

### 3.2.2.3. Distribución aleatoria del diseño experimental

Se realizó una distribución aleatoria de cada uno en placas Petri, cada muestra tenía una rama de alfalfa y 8 pulgones negros, todos del mismo tamaño.

Se realizó la distribución de doce muestras del cultivo de alfalfa con la plaga del pulgón negro y se aplicó en tres dosis: la primera dosis con 1  $\mu\text{l}$ , la segunda con 3  $\mu\text{l}$  y la última con 5  $\mu\text{l}$  de óleo esencial de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo, evaluando así la mortalidad de los áfidos en 10 minutos, 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos en el cual se identificó los oleos tienen mayor eficacia y se determinó la dosis mínima de los aceites esenciales como biocida, con 4 repeticiones.

Transcurrido el tiempo se determinó la cantidad de áfidos muertos y se identificó cuál de los aceites funciona con una dosis mínima como biocida.

Tabla 6

*Croquis experimental*

<b>Aceite esencial</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo / minutos</b>			
<b>Molle</b> ( <i>Schinus molle</i> )	5 µl	10	20	40	60
	3 µl	10	20	40	60
	1 µl	10	20	40	60
<b>Eucalipto</b> ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	5 µl	10	20	40	60
	3 µl	10	20	40	60
	1 µl	10	20	40	60
<b>orégano</b> ( <i>Origanum vulgare</i> )	5 µl	10	20	40	60
	3 µl	10	20	40	60
	1 µl	10	20	40	60
<b>Cola de caballo</b> ( <i>Equisetum arvense</i> )	5 µl	10	20	40	60
	3 µl	10	20	40	60
	1 µl	10	20	40	60

Nota. Factores del trabajo de estudio (dosis y tiempo). Para determinar la eficacia se empleó la fórmula (1) de Henderson-Tilton.

$$\% E = 100 (1 - (td * Cp) / (Cp * td)) \quad (1)$$

Donde:

- % E = Eficiencia
- Cp = Cantidad de pulgones / muestra (alfalfa) antes de realizar la aplicación
- Td = Cantidad de pulgones / muestra (alfalfa) después de llevar a cabo el procedimiento
- Cp = Cantidad de pulgones / muestra (alfalfa) previo al uso del testigo
- Td = Cantidad de pulgones / muestra (alfalfa) posteriormente en el testigo

Para la caracterización sensorial de los aceites esenciales nos basamos en el sabor, textura, olor, color, densidad relativa, viscosidad y pH, en la caracterización química nos basamos en datos teóricos ya investigados sobre su composición química de los cuatro oleos extraídos donde se identifican los compuestos; aminas que contienen reactivos naturales de biocida.

Para el análisis estadístico se utilizó el “diseño completamente al azar (DCA)”, el diseño de bloques completos al azar (DBCA), y diseño factorial de dos factores; óleos esenciales: 3 niveles, tiempo: 4 niveles

### **3.3. Materiales e instrumentos**

#### **3.3.1. Componentes biológicos**

- Molle, eucalipto, orégano y cola de caballo.

#### **3.3.2. Material de laboratorio**

- Equipo extractor por arrastre de vapor
- Balanza analítica
- Tubos de ensayo
- Pera de decantación
- Soporte universal
- Micro pipeta
- Vaso precipitado
- Microscopio
- Contador de colonias
- Probeta
- Pinzas
- Lupa
- Placas Petri
- Agua destilada
- Portaobjetos

### **3.4. Población y muestra de estudio**

Para la investigación se utilizó una población al azar del cultivo de alfalfa infestado del pulgón negro. Se empleó una muestra aleatoria de plantas de alfalfa provenientes del distrito de Candarave que resultaron afectadas por una infestación de pulgón negro, con el objetivo de realizar el estudio.

Se conservó en maseteros para mantener sus propiedades de la planta a la vez se verificó las condiciones climatológicas del pulgón negro (*Aphis craccivora*).

**Figura 7***Pulgón negro (Aphis craccivora).*

*Nota.* Los pulgones atacan a las plantas, en su etapa de crecimiento, en los tallos y hojas.

### 3.5. Operacionalización de variables

**Tabla 7***Variables del estudio*

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala</b>	<b>Técnicas o métodos</b>
Concentración de aceite	la concentración de aceite es una medida que indica la proporción de aceite en una solución, emulsión u otro tipo de composición líquida o semilíquida	Objetiva unidimensional: Parámetros físicos	volumen $\mu\text{L} / \text{ml}$	$\mu\text{L} / \text{ml}$	Métodos Analíticos Método Volumen/volumen
Cantidad de pulgones muertos	La cantidad de pulgones muertos es una medida cuantitativa que ayuda a evaluar el impacto de las estrategias de control de plagas en la población de pulgones y en la salud general de las plantas.	Objetivo cuantitativo: Mortalidad de plaga	Número de pulgones Porcentaje de mortalidad	Nº %	Método de recuento directo
Variables climatológicas a nivel de laboratorio	Las variables climatológicas a nivel de laboratorio son medidas y observaciones de diversos parámetros y condiciones atmosféricas que se realizan en un entorno de laboratorio controlado	objetivo cualitativo: Medición de parámetro y condiciones atmósfera	Temperatura y humedad	$^{\circ}\text{C}$	Método de identificación de elementos y factores

### 3.6. Técnicas de procesamiento y análisis estadístico

El proceso de investigación, el primer paso, se realizó mediante el estudio de investigación aplicada basada en la observación de los daños y fenómenos que ocasiona el pulgón en el cultivo de alfalfa, luego, se recabo información teórica, referencias de artículos y libros.

Por otro lado, se ejecutó la obtención de los oleos esenciales de Molle, eucalipto, orégano y cola de caballo por el “método de arrastre de vapor”, en la formulación de biocida para el control del pulgón negro, comprobando los efectos mediante ensayos en el laboratorio, facultad de ingeniería de la Universidad Privada de Tacna.

“Para el análisis estadístico se utilizó el diseño completamente al azar (DCA)”.

- P0 = testigo
- P1 = óleo de molle
- P2 = óleo de eucalipto
- P3 = óleo de orégano
- P4 = óleo de cola de caballo

“El diseño completamente al azar (DCA)” se utilizó en la comparación, dos o más procesos, en el cual solo se consideró dos variables tales como el proceso y el error aleatorio.

Zalasar (2019), En el diseño de un análisis de varianza (ANOVA), todos los procedimientos experimentales se llevan a cabo de manera completamente aleatoria. Esto implica que, si se realiza un total de N pruebas a lo largo del estudio, se distribuirán de forma aleatoria para que los posibles efectos ambientales y temporales se equilibren entre los procesos.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Caracterización sensorial de oleos esenciales de Molle (*Schinus molle*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Orégano (*Origanum vulgare*) y Cola de caballo (*Equisetum arvense*)

#### 4.1.1. Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

##### Caracterización sensorial

- Color: Es ligeramente amarillento, dependiendo de la pureza, el método de extracción, el óleo de eucalipto fue de tono amarillo claro debido al estado seco de las hojas de eucalipto utilizada en la extracción y el lugar de residencia de la planta.
- Viscosidad: Es un óleo esencial relativamente ligero con una viscosidad baja a media.
- Aroma: Es picante y el sabor amargo y mentolado. Tiene un aroma característico a mentol y un sabor refrescante.
- Densidad: Su densidad varía según la temperatura, pero en general, el óleo esencial de eucalipto es menos pesado que el agua.
- Solubilidad: Es soluble en alcohol.
- pH: Escala de pH 6 (Ligeramente ácido).

#### 4.1.2. Orégano (*Origanum vulgare*)

##### Caracterización sensorial

- El Color del óleo esencial de orégano tiene un color amarillo claro a amarillo dorado.
- Viscosidad: El óleo esencial de orégano es relativamente viscoso, con una consistencia similar a la del aceite vegetal.
- Aroma: El óleo esencial de orégano tiene un aroma intenso, cálido y especiado. Se caracteriza por ser picante y herbáceo, con notas terrosas y ligeramente amargas.
- Densidad: El óleo esencial de orégano tiene una densidad media a alta, lo que significa que es más pesado que el agua.

- Solubilidad: El óleo esencial de orégano no es soluble en agua, ya que es liposoluble.
- pH: Escala de pH 5 (ligeramente ácido)

#### 4.1.3. Molle (*Schinus molle*)

##### **Caracterización sensorial**

- Color: El color del óleo esencial de molle tiene un tono amarillo pálido. La tonalidad exacta puede depender de la calidad del aceite y del método de extracción.
- Viscosidad: La viscosidad del óleo esencial de molle es bastante baja, lo que significa que es un líquido relativamente fino.
- Aroma: El óleo esencial de molle tiene un aroma distintivo y agradable, que se describe como especiado, suave, cálido y ligeramente amargo.
- Densidad: La densidad del aceite esencial del molle puede variar, pero suele ser inferior a la del agua.
- Solubilidad: Es soluble en aceites vegetales, grasas y disolventes orgánicos.
- pH: Escala de pH 6 (ligeramente ácido)

#### 4.1.4. Cola de caballo (*Equisetum arvense*)

**Caracterización sensorial:** Las características sensoriales del óleo esencial de cola de caballo pueden variar ligeramente según el procedimiento de extracción y la calidad del producto.

- Color: El óleo esencial de cola de caballo es incoloro. Es transparente y ligeramente turbio debido a los componentes naturales presentes.
- Viscosidad: Tiene una consistencia ligera y fluida similar a otros aceites esenciales.
- Aroma: El aceite esencial de cola de caballo tiene un aroma característico que puede describirse como fresco y terroso.
- Densidad: La viscosidad del aceite varía según la concentración de sus componentes.
- Solubilidad: Muestra una alta capacidad de disolverse en agua destilada, mientras que su solubilidad en etano es de nivel moderado.

- pH: Escala de pH 8 (ligeramente alcalino)

#### 4.2. Evaluación del efecto biocida de los oleos esenciales de Molle (*Schinus molle*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Orégano (*Origanum vulgare*) y Cola de caballo (*Equisetum arvense*) en el control ecológico del pulgón negro (*Aphis craccivora*) en el cultivo de alfalfa

##### 4.2.1. Datos obtenidos en el laboratorio al utilizar el biocida de eucalipto en el control de áfidos en una muestra de alfalfa

**Tabla 8**

*Número de áfidos muertos*

Muestra	Dosis		Repeticiones	Testigo	10 min	20 min	40 min	60 min
	de oleo esencial	H <sub>2</sub> O						
Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	1 µl	10 ml		0	0	2	4	5
	3 µl	10 ml	Repetición 1	0	1	4	7	8
	5 µl	10 ml		0	2	6	8	8
	1 µl	10 ml		0	3	4	5	7
	3 µl	10 ml	Repetición 2	0	7	7	8	8
	5 µl	10 ml		0	8	8	8	8
	1 µl	10 ml		0	2	3	5	8
	3 µl	10 ml	Repetición 3	0	6	7	7	8
	5 µl	10 ml		0	7	7	8	8
	1 µl	10 ml		0	2	4	5	7
	3 µl	10 ml	Repetición 4	0	5	6	7	8
	5 µl	10 ml		0	6	7	8	8

*Nota. Se contabilizo el número de pulgones muertos según el factor de dosis y tiempo.*

##### 4.2.2. Análisis del efecto de biocida del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) por “el diseño de bloques completos al azar (DBCA)”

Con el fin de analizar el efecto biocida del óleo esencial de eucalipto se llevó a cabo un análisis de varianza, como se muestra en la Tabla 9. Se puede observar, ambos factores influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos con un nivel de confianza del 95 % (Valor-p < 0,05). Es decir, tanto las diferentes dosis de eucalipto como los diferentes tiempos de exposición tienen un impacto significativo en la cantidad de pulgones muertos.

Tabla 9

*Análisis de varianza para pulgones muertos*

Efectos principales	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor-P
A: Dosis de Eucalipto ( $\mu$ l)	80,1667	2	40,0833	12,56	0,0001
B: Tiempo (min)	125,75	3	41,9167	13,14	0,0000
Residuos	134,0	42	3,19048		
TOTAL (corregido)	339,917	47			

*Nota.* Se puede observar, ambos factores influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos, a nivel de confianza de 95 % (Valor-p < 0,05).

Tabla 10

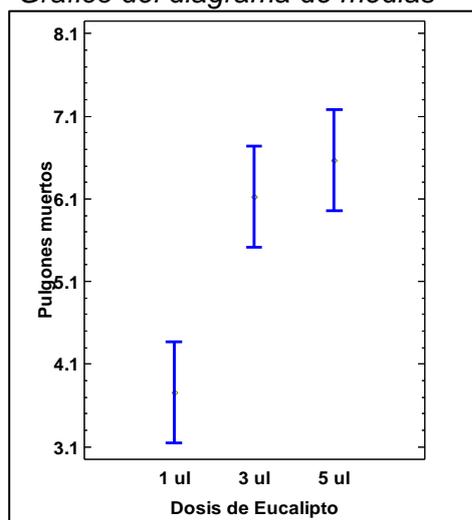
*Pruebas de múltiples rangos para pulgones muertos por dosis de Eucalipto*

Dosis de Eucalipto	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1 ul	16	3,75	0,446548	a
3 ul	16	6,125	0,446548	b
5 ul	16	6,75	0,446548	b

*Nota.* Se determinó dos grupos homogéneos que difieren estadísticamente: el primero representado únicamente por la dosis de 1 ul (3,75 pulgones muertos) y el otro grupo por las dosis de 3 ul y 5 ul (6,125 y 6,75 pulgones muertos, respectivamente).

Figura 8

*Gráfico del diagrama de medias*



*Nota.* Cada barra representa la media (promedio) de los datos de cada grupo, y la altura de la barra muestra el valor de la media lo que permite identificar el patrón analizado.

#### 4.2.3. Datos obtenidos en el laboratorio al utilizar el biocida de orégano en el control de áfidos en una muestra de alfalfa

**Tabla 11**

*Número de áfidos muertos*

Muestra	Dosis		Repeticiones	Testigo	10 min	20 min	40 min	60 min
	de oleo esencial	H <sub>2</sub> O						
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )	1 µl	10 ml		0	0	1	3	6
	3 µl	10 ml	Repetición 1	0	1	3	7	8
	5 µl	10 ml		0	2	5	7	8
	1 µl	10 ml		0	2	3	4	7
	3 µl	10 ml	Repetición 2	0	6	4	7	8
	5 µl	10 ml		0	7	7	8	8
	1 µl	10 ml		0	0	3	3	7
	3 µl	10 ml	Repetición 3	0	5	6	7	8
	5 µl	10 ml		0	6	7	8	8
	1 µl	10 ml		0	1	3	4	7
	3 µl	10 ml	Repetición 4	0	5	6	7	8
	5 µl	10 ml		0	6	7	7	8

*Nota. Se contabilizo el número de pulgones muertos según el factor de dosis y tiempo.*

#### 4.2.4. Análisis del efecto biocida del Orégano (*Origanum vulgare*)

Para analizar el efecto biocida del óleo esencial de orégano se llevó a cabo un análisis de varianza, como se muestra en la Tabla 12. Como se puede observar, ambos factores influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos con un nivel de confianza del 95 % (Valor-p < 0,05). Es decir, tanto las diferentes dosis de orégano como los diferentes tiempos de exposición tienen un impacto significativo en la cantidad de pulgones muertos.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para pulgones muertos*

Efectos principales	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Dosis de Orégano	108,792	2	54,3958	21,82	0,0000
B: Tiempo (min)	162,417	3	54,1389	21,72	0,0000
Residuos	104,708	42	2,49306		
TOTAL (corregido)	375,917	47			

*Nota. Se puede observar, ambos factores influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos, a nivel de confianza de 95% (Valor-p < 0,05).*

**Tabla 13**

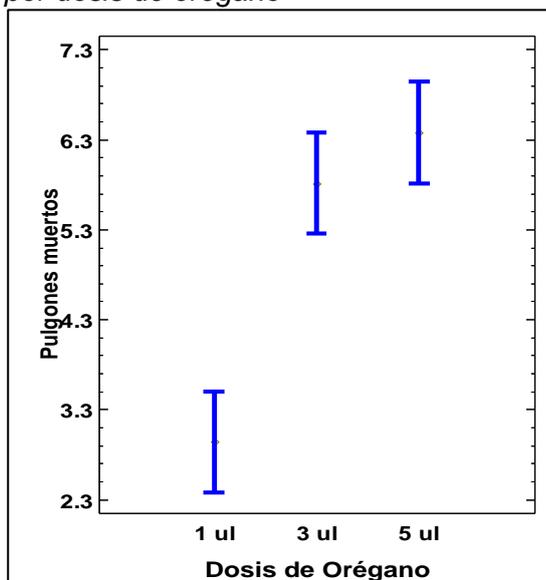
*Pruebas de múltiples rangos para pulgones muertos por dosis de Orégano*

Dosis de Orégano	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1 ul	16	2,9375	0,394735	a
3 ul	16	5,8125	0,394735	b
5 ul	16	6,375	0,394735	b

*Nota.* Se identificaron dos grupos homogéneos que difieren estadísticamente: el primero representado únicamente por la dosis de 1 ul (2,9375 pulgones muertos) y el otro grupo por las dosis de 3 y 5 ul (5,8125 y 6,375 pulgones muertos, respectivamente).

**Figura 9**

*Gráfica de medias para pulgones muertos por dosis de orégano*



*Nota.* Cada barra representa la media (promedio) de los datos de cada grupo, y la altura de la barra muestra el valor de la media lo que permite identificar el patrón analizado.

#### 4.2.5. Datos obtenidos en el laboratorio al utilizar el biocida de molle en el control de áfidos en una muestra de alfalfa

**Tabla 14**

*Número de áfidos muertos*

Muestra	Dosis de oleo esencial	H <sub>2</sub> O	Repeticiones	Testigo	10 min	20 min	40 min	60 min
Molle ( <i>Schinus molle</i> )	1 µl	10 ml	Repetición 1	0	0	0	2	4
	3 µl	10 ml		0	0	2	4	6
	5 µl	10 ml		0	1	3	5	7
	1 µl	10 ml	Repetición 2	0	0	0	2	3
	3 µl	10 ml		0	2	4	5	6
	5 µl	10 ml		0	4	5	7	7
	1 µl	10 ml	Repetición 3	0	0	0	2	4
	3 µl	10 ml		0	2	4	6	7
	5 µl	10 ml		0	3	4	6	7
	1 µl	10 ml	Repetición 4	0	0	1	2	4
	3 µl	10 ml		0	1	3	5	7
	5 µl	10 ml		0	2	4	6	7

*Nota. Se contabilizo el número de pulgones muertos según el factor de dosis y tiempo.*

#### 4.2.6. Análisis del efecto de biocida de Molle (*Schinus molle*)

Para analizar el efecto biocida de óleo esencial de molle se ejecutó un análisis de varianza, como se visualiza en la Tabla 15. Como se visualiza, ambos factores influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos con un nivel de confianza del 95 % (Valor-p < 0,05). Es decir, tanto las diferentes dosis de eucalipto como los diferentes tiempos de exposición tienen un impacto significativo en la cantidad de pulgones muertos.

**Tabla 15**

*Análisis de varianza para pulgones muertos*

Efectos principales	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Dosis de Molle	75,375	2	37,6875	50,32	0,0000
B: Tiempo (min)	188,417	3	62,8056	83,85	0,0000
Residuos	31,4583	42	0,749008		
TOTAL (corregido)	295,25	47			

*Nota. Se puede observar, ambos factores influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos, a nivel de confianza de 95 % (Valor-p < 0,05).*

Tabla 16

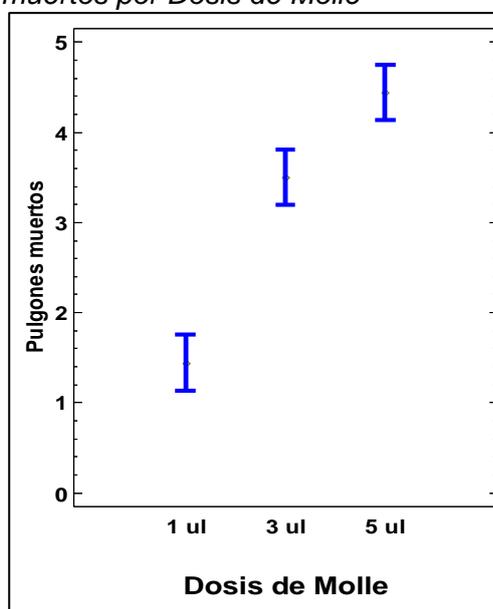
*Pruebas de múltiples rangos para pulgones muertos por dosis de Molle*

<i>Dosis de Molle</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1 $\mu$ l	16	1,4375	0,216363	a
3 $\mu$ l	16	3,5	0,216363	b
5 $\mu$ l	16	4,4375	0,216363	c

*Nota.* Se identificaron tres grupos homogéneos que difieren estadísticamente: el primero representado únicamente por la dosis de 1  $\mu$ l (1,4375 pulgones muertos), segunda dosis de 3  $\mu$ l (3,5 pulgones muertos) y tercera dosis 5  $\mu$ l (4,4375 pulgones muertos).

Figura 10

*Gráfica de medias para Pulgones muertos por Dosis de Molle*



*Nota.* Cada barra representa la media (promedio) de los datos de cada grupo, y la altura de la barra muestra el valor de la media lo que permite identificar el patrón analizado.

#### 4.2.7. Datos obtenidos en el laboratorio al utilizar el biocida de cola de caballo en el control de áfidos en una muestra de alfalfa

**Tabla 17**

*Número de áfidos muertos*

Muestra	Dosis de oleo esencial	H <sub>2</sub> O	Repeticiones	Testigo	10 min	20 min	40 min	60 min
Cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> )	1 µl	10 ml	Repetición 1	0	0	0	1	1
	3 µl	10 ml		0	0	0	2	3
	5 µl	10 ml		0	0	1	3	4
	1 µl	10 ml	Repetición 2	0	0	0	1	2
	3 µl	10 ml		0	0	0	3	4
	5 µl	10 ml		0	0	1	3	5
	1 µl	10 ml	Repetición 3	0	0	0	1	1
	3 µl	10 ml		0	0	0	2	4
	5 µl	10 ml		0	0	1	4	4
	1 µl	10 ml	Repetición 4	0	0	0	1	2
	3 µl	10 ml		0	0	0	3	5
	5 µl	10 ml		0	0	1	4	5

*Nota. Se contabilizo el número de pulgones muertos según el factor de dosis y tiempo.*

#### 4.2.8. Análisis del efecto biocida de Cola de caballo (*Equisetum arvense*)

Para analizar el efecto biocida del óleo esencial de cola de caballo se llevó a cabo un análisis de varianza, como se visualiza en la Tabla 18. Como se puede observar, ambos factores influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos con un nivel de confianza del 95 % (Valor-p < 0,05). Es decir, tanto las diferentes dosis de eucalipto como los diferentes tiempos de exposición tienen un impacto significativo en la cantidad de pulgones muertos.

**Tabla 18**

*Análisis de varianza para pulgones muertos*

Efectos principales	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Dosis de Eucalipto	16,1667	2	8,08333	14,65	0,0000
B: Bloque	102,333	3	34,1111	61,84	0,0000
Residuos	23,1667	42	0,551587		
TOTAL (corregido)	141,667	47			

*Nota. Se puede observar, ambos factores influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos, a nivel de confianza de 95 % (Valor-p < 0,05).*

**Tabla 19**

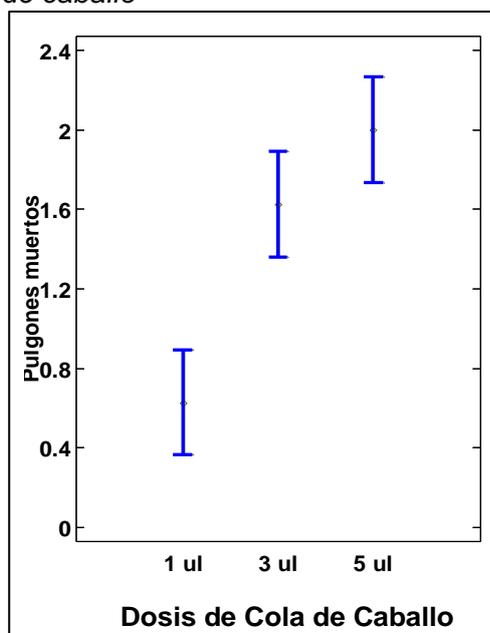
*Pruebas de múltiples rangos para pulgones muertos por dosis de cola de caballo*

Dosis de cola de caballo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
1 ul	16	0,625	0,185672	a
3 ul	16	1,625	0,185672	b
5 ul	16	2,0	0,185672	b

*Nota.* Se observaron dos grupos homogéneos que difieren estadísticamente: el primero representado únicamente por la dosis de 1  $\mu$ l (0,625 pulgones muertos) y el otro grupo por las dosis de 3 y 5  $\mu$ l (1,625 y 2,0 pulgones muertos, respectivamente).

**Figura 11**

*Gráfica de medias por dosis de Cola de caballo*



*Nota.* Cada barra representa la media (promedio) de los datos de cada grupo, y la altura de la barra muestra el valor de la media lo que permite identificar el patrón analizado.

#### 4.3. Análisis estadístico para probar el aceite más efectivo por Diseño completo al azar (DCA)

Se efectuó un estudio de análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de examinar la efectividad de los óleos esenciales. Se hallaron diferencias significativas en la eficiencia

de los aceites esenciales bajo estudio de los 4 oleos esénciales de la Tabla 20, con un nivel del 95 % de confianza.

**Tabla 20**

*Comparación de letalidad de aceites*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Entre grupos	173,047	3	57,6823	12,72	0,0000
Intra grupos	272,063	60	4,53437		
Total (Corr.)	445,109	63			

*Nota.* Dado que el valor-P derivado de la prueba-F es menor a 0,05 se puede concluir que hay una disparidad estadísticamente significativa entre los medios de los grupos que fueron comparados.

**Tabla 21**

*Pruebas de múltiples rangos*

<b>Oleo esencial</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
Cola de caballo	16	1,4375	a
Molle	16	3,1875	b
Orégano	16	5,125	c
Eucalipto	16	5,5625	c

*Nota.* Se determinó tres grupos homogéneos que difieren estadísticamente: El primero representado únicamente por cola de caballo (1,4375), Molle (3,1875) y el otro grupo por las dosis de Orégano y Eucalipto (5,125 y 5,5625) de pulgones muertos.

En la tabla 21, en la parte superior, se han agrupado las medias en tres grupos homogéneos según su disposición en columnas. Esto implica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles que pertenecen a la misma columna. En la actualidad, se emplea el método de la diferencia mínima significativa (LSD) como procedimiento para distinguir entre las medias.

**Tabla 22**

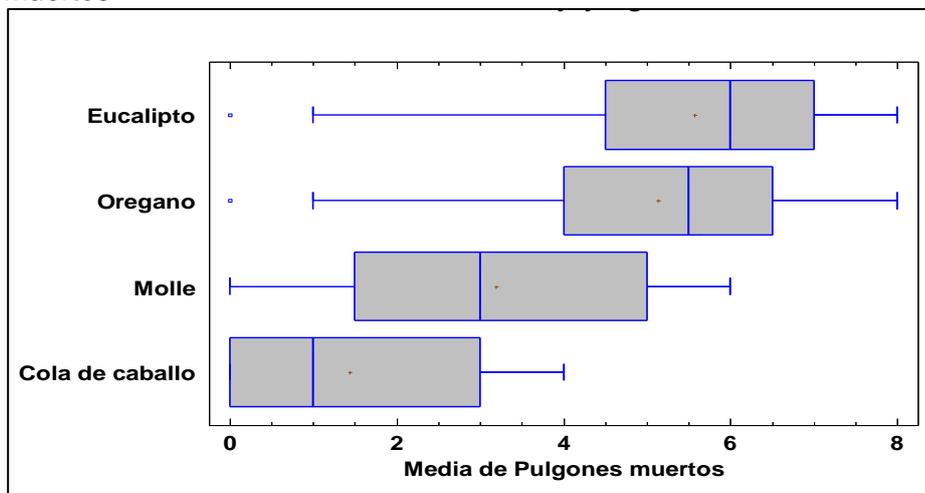
*Comparación múltiple*

<b>Contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- Límites</b>
Eucalipto - Orégano		0,4375	1,50595
Eucalipto - Molle	*	2,375	1,50595
Eucalipto - Cola de caballo	*	4,125	1,50595
Orégano - Molle	*	1,9375	1,50595
Orégano - Cola de caballo	*	3,6875	1,50595
Molle - Cola de caballo	*	1,75	1,50595

*Nota.* La mitad inferior de la tabla muestra las diferencias estimadas entre cada par de medios. Se utilizan asteriscos (\*) junto a 5 pares para denotar que las diferencias entre ellos son estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 95 %.

**Figura 12**

Gráfica de caja y bigotes para tipo de aceite y media de pulgones muertos



Nota. Cada caja representa la media (promedio) de los datos de cada grupo y la altura de la barra muestra el valor de la media.

#### 4.4. La concentración mínima de biocida en la mortalidad del pulgón negro (*Aphis craccivora*) se determinó con el diseño factorial de dos factores; óleos esenciales: 3 niveles, tiempo: 4 niveles

##### 4.4.1. Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

**Tabla 23**

*Análisis de varianza para pulgones muertos*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Dosis de aceite de eucalipto	25,1297	1	25,1297	29,60	0,0000
B:Tiempo	17,3108	1	17,3108	20,39	0,0001
AA	7,59375	1	7,59375	8,94	0,0048
AB	8,27595	1	8,27595	9,75	0,0034
BB	3,06937	1	3,06937	3,62	0,0647
bloques	32,0625	3	10,6875	12,59	0,0000
Error total	33,1098	39	0,84897		
Total (corr.)	238,813	47			

Nota. Se observa que existen efectos significativos en la dosis de aceite, el tiempo y la interacción entre ambos factores, con un valor-P (0,0034) menor que 0,05 lo que indica que tienen una significancia estadística con un nivel de confianza del 95 %.

- R-cuadrada = 86,1356 porciento
- R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 83,2917 porciento

Para estimar la dosis mínima, se ajustó un modelo (2) que predice la cantidad de pulgones muertos en función de los factores. El valor del estadístico R-cuadrada indica

que el modelo ajustado es capaz de explicar el 86,1356 % de la adquisición en la cantidad de pulgones muertos. Además, para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, se utiliza el estadístico R-cuadrada configurado, el cual es del 83,2917 %.

- **La ecuación del modelo ajustado es:**

$$\begin{aligned} \text{Pulgones muertos} = & -2,05154 + 2,47564 \cdot \text{Dosis de aceite} + \\ & 0,126965 \cdot \text{Tiempo} - 0,21875 \cdot \text{Dosis de aceite}^2 - 0,0127119 \cdot \text{Dosis de} \\ & \text{aceite} \cdot \text{Tiempo} - 0,0001183 \cdot \text{Tiempo}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

**Tabla 24**

*Camino de máximo ascenso para pulgones muertos*

Dosis de aceite	Tiempo	Predicción para Pulgones muertos (Unidades)
0,0	0,0	-2,05154
1,0	0,0535503	0,211463
2,0	0,11306	2,03621
3,0	0,182395	3,42281
4,0	0,271094	4,37163
5,0	0,417769	4,88436

*Nota.* Se presentan 6 dosis de aceite en incrementos de 1,0 µl junto con sus correspondientes valores de tiempo (0,0535503). A partir de estos datos, se calculó el valor óptimo que permitirá obtener los mejores resultados en relación con los pulgones muertos (0,211463).

El cálculo del máximo ascenso (o descenso) identifica el punto en el que la respuesta estimada experimenta el cambio más pronunciado ante pequeñas variaciones en los factores que se están estudiando. Esto señala características prometedoras para llevar a cabo experimentos adicionales si el objetivo es aumentar o reducir la cantidad de pulgones muertos.

**Tabla 25**

*Maximización de pulgones muertos en función de la dosis mínima de aceite*

Factor	Bajo	Alto	Óptimo	Máximo de pulgones muertos (óptimo)
Dosis de aceite	-1,0 (1µl)	1,0 (5µl)	1,0	0,406644
Tiempo	-1,0 (10 min)	1,0 (60 min)	1,0	

*Nota.* Valores de los factores que maximizan el número de pulgones muertos son cercanos a los valores más altos experimentados.

La tabla 24, se puede notar que incluso una dosis de 1  $\mu$ l y un tiempo de 0,053 minutos resultan en la muerte de 0,211 pulgones. Por tanto, incluso en niveles bajos de dosis y tiempo de exposición, el aceite utilizado tiene un impacto considerable en la disminución de la población de pulgones.

#### 4.4.2. Orégano (*Origanum vulgare*)

**Tabla 26**

*Análisis de varianza para pulgones muertos*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Dosis de aceite	30,1724	1	30,1724	36,37	0,0000
B:Tiempo	11,9143	1	11,9143	14,36	0,0005
AA	8,76042	1	8,76042	10,56	0,0024
AB	10,2336	1	10,2336	12,34	0,0011
BB	0,270335	1	0,270335	0,33	0,5714
bloques	21,3958	3	7,13194	8,60	0,0002
Error total	32,3524	39	0,829548		
Total (corr.)	283,479	47			

*Nota.* Se observa que existen efectos significativos en la dosis de aceite, el tiempo y la interacción entre ambos factores, con un valor-P (0,0011) menor que 0,05 lo que implica que tienen una significancia estadística con un nivel de confianza del 95 %.

- R-cuadrada = 88,5874 por ciento
- R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 86,2463 por ciento

Para estimar la dosis mínima, se ajustó un modelo (3) que predice la cantidad de pulgones muertos en función de los factores. El valor del estadístico R-cuadrada indica que el modelo ajustado es capaz de explicar el 88,5874 % de la adquisición en la cantidad de pulgones muertos. Además, para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, se utiliza el estadístico R-cuadrada configurado, el cual es del 86,2463 %.

- **La ecuación del modelo ajustado es:**

$$\begin{aligned} \text{Pulgones muertos} = & -2,93192 + 2,6973 \cdot \text{Dosis de aceite} + \\ & 0,14543 \cdot \text{Tiempo} - 0,226562 \cdot \text{Dosis de aceite}^2 - 0,0147246 \cdot \text{Dosis de} \\ & \text{aceite} \cdot \text{Tiempo} - 0,000288945 \cdot \text{Tiempo}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

**Tabla 27**

*Camino de máximo ascenso para pulgones muertos*

<b>Dosis de aceite</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Predicción para Pulgones muertos (Unidades)</b>
0,0	0,0	-2,93192
1,0	0,0559785	-0,453865
2,0	0,117282	1,57003
3,0	0,187062	3,13985
4,0	0,272497	4,25584
5,0	0,397338	4,919

*Nota.* Se presentan 6 dosis de aceite en incrementos de 1,0 µl junto con sus correspondientes valores de tiempo (0,0559785). A partir de estos datos, se calculó el valor óptimo que permitirá obtener los mejores resultados en relación con los pulgones muertos (-0,453865).

El cálculo del máximo ascenso (o descenso) identifica el punto en el que la respuesta estimada experimenta el cambio más pronunciado ante pequeñas variaciones en los factores que se están estudiando. Esto señala características prometedoras para llevar a cabo experimentos adicionales si el objetivo es aumentar o reducir la cantidad de pulgones muertos.

**Tabla 28**

*Maximización de pulgones muertos en función de la dosis mínima de aceite*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Máximo de pulgones muertos (optimo)</b>
Dosis de aceite	-1,0	1,0	0,998491
Tiempo	-1,0	1,0	1,0

*Nota.* Valores de los factores que maximizan el número de pulgones muertos son cercanos a los valores más altos experimentados.

La tabla 27, se puede notar que incluso una dosis de 1 µl y un tiempo de 0,0559785 minutos resultan en la muerte de -0,453865 pulgones. Por tanto, incluso en niveles bajos de dosis y tiempo de exposición, el aceite utilizado tiene un impacto considerable en la disminución de la población de pulgones.

#### 4.4.3. Molle (*Schinus molle*)

**Tabla 29**

*Análisis de varianza para pulgones muertos*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Dosis de aceite	16,1436	1	16,1436	37,14	0,0000
B:Tiempo	9,41039	1	9,41039	21,65	0,0000
AA	7,04167	1	7,04167	16,20	0,0003
AB	0,358051	1	0,358051	0,82	0,3697
BB	1,54118	1	1,54118	3,55	0,0672
bloques	6,75	3	2,25	5,18	0,0042
Error total	16,9525	39	0,434678		
Total (corr.)	263,917	47			

*Nota.* Se observa que existen efectos significativos en la dosis de aceite, el tiempo y la interacción entre ambos factores, con un valor-P (0,3697) menor que 0,05 lo que implica que tienen una significancia estadística con un nivel de confianza del 95 %.

- R-cuadrada = 93,5766 por ciento
- R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 92,259 por ciento

Para estimar la dosis mínima, se ajustó un modelo (4) que predice la cantidad de pulgones muertos en función de los factores. El valor del estadístico R-cuadrada indica que el modelo ajustado es capaz de explicar el 93,5766 % de la adquisición en la cantidad de pulgones muertos. Además, para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, se utiliza el estadístico R-cuadrada configurado, el cual es del 92,259 %.

- **La ecuación del modelo ajustado es:**

$$\begin{aligned} \text{Pulgones muertos} = & -3,57681 + 1,97299 \cdot \text{Dosis de aceite} + \\ & 0,129248 \cdot \text{Tiempo} - 0,203125 \cdot \text{Dosis de aceite}^2 + 0,00275424 \cdot \text{Dosis de} \\ & \text{aceite} \cdot \text{Tiempo} - 0,000689908 \cdot \text{Tiempo}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

**Tabla 30***Camino de máximo ascenso para pulgones muertos*

<b>Dosis de aceite</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Predicción para Pulgones muertos (Unidades)</b>
0,0	0,0	-3,57681
1,0	0,074117	-1,79717
2,0	0,172549	-0,420102
3,0	0,316558	0,557489
4,0	0,579464	1,14619
5,0	-10,4562	-0,360857

*Nota.* Se presentan 6 dosis de aceite en incrementos de 1,0  $\mu$ l junto con sus correspondientes valores de tiempo. A partir de estos datos, se calculó el valor óptimo que permitirá obtener los mejores resultados en relación con los pulgones muertos.

El cálculo del máximo ascenso (o descenso) identifica el punto en el que la respuesta estimada experimenta el cambio más pronunciado ante pequeñas variaciones en los factores que se están estudiando. Esto señala características prometedoras para llevar a cabo experimentos adicionales si el objetivo es aumentar o reducir la cantidad de pulgones muertos.

**Tabla 31***Maximización de pulgones muertos en función de la dosis mínima de aceite*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Máximo de pulgones muertos (óptimo)</b>
Dosis de aceite	-1,0	1,0	0,999998
Tiempo	-1,0	1,0	0,999992

*Nota.* Los valores de los factores que maximizan el número de pulgones muertos son cercanos a los valores más altos experimentados.

La tabla 30, se puede notar que incluso una dosis de 1  $\mu$ l y un tiempo de 0,074117 minutos resultan en la muerte de -1,79717 pulgones. Por tanto, incluso en niveles bajos de dosis y tiempo de exposición, el aceite utilizado tiene un impacto considerable en la disminución de la población de pulgones.

#### 4.4.4. Cola de caballo (*Equisetum arvense*)

**Tabla 32**

*Análisis de varianza para pulgones muertos*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Dosis de aceite	0,0925223	1	0,0925223	0,13	0,7207
B:Tiempo	4,33912	1	4,33912	6,08	0,0182
AA	0,166667	1	0,166667	0,23	0,6316
AB	7,62712	1	7,62712	10,69	0,0023
BB	3,22984	1	3,22984	4,53	0,0398
bloques	6,25	3	2,08333	2,92	0,0460
Error total	27,8281	39	0,71354		
Total (corr.)	117,917	47			

*Nota.* Se observa que existen efectos significativos en la dosis de aceite, el tiempo y la interacción entre ambos factores, con un valor-P (0,0023) menor que 0,05 lo que implica que tienen una significancia estadística con un nivel de confianza del 95 %.

- R-cuadrada = 76,4002 por ciento
- R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 71,5592 por ciento

Para estimar la dosis mínima, se ajustó un modelo (5) que predice la cantidad de pulgones muertos en función de los factores. El valor del estadístico R-cuadrada indica que el modelo ajustado es capaz de explicar el 76,4002 % de la adquisición en la cantidad de pulgones muertos. Además, para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, se utiliza el estadístico R-cuadrada configurado, el cual es del 71,5592 %.

- **La ecuación del modelo ajustado es:**

$$\begin{aligned} \text{Pulgones muertos} = & -1,46039 + 0,149364 \cdot \text{Dosis de aceite} + \\ & 0,0877647 \cdot \text{Tiempo} - 0,03125 \cdot \text{Dosis de aceite}^2 + 0,0127119 \cdot \text{Dosis de} \\ & \text{aceite} \cdot \text{Tiempo} - 0,000998744 \cdot \text{Tiempo}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

**Tabla 33***Camino de máximo ascenso para pulgones muertos*

<b>Dosis de aceite</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Predicción para Pulgones muertos (Unidades)</b>
0,0	0,0	-1,46039
1,0	0,777117	-1,2648
2,0	2,23994	-1,03814
3,0	5,26673	-0,658172
4,0	9,85787	-0,0935716
5,0	14,7906	0,52487

*Nota.* Se presentan 6 dosis de aceite en incrementos de 1,0  $\mu$ l junto con sus correspondientes valores de tiempo. A partir de estos datos, se calculó el valor óptimo que permitirá obtener los mejores resultados en relación con los pulgones muertos.

El cálculo del máximo ascenso (o descenso) identifica el punto en el que la respuesta estimada experimenta el cambio más pronunciado ante pequeñas variaciones en los factores que se están estudiando. Esto señala características prometedoras para llevar a cabo experimentos adicionales si el objetivo es aumentar o reducir la cantidad de pulgones muertos.

**Tabla 34***Maximización de pulgones muertos en función de la dosis mínima de aceite*

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Dosis de aceite	-1,0	1,0	1,0
Tiempo	-1,0	1,0	1,0

*Nota.* Los valores de los factores que maximizan el número de pulgones muertos son cercanos a los valores más altos experimentados.

La tabla 33, se puede notar que incluso una dosis de 1  $\mu$ l y un tiempo de 0,777117 minutos resultan en la muerte de -1,2648 pulgones. Por tanto, incluso en niveles bajos de dosis y tiempo de exposición, el aceite utilizado tiene un impacto considerable en la disminución de la población de pulgones.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Según los hallazgos, se ha comprobado el efecto de los oleos esenciales, extraídos de las plantas elegidas, ejercen un impacto significativo en el control del pulgón negro en un lapso de 60 minutos. Se eliminó una reducción significativa en la supervivencia y reproducción de los pulgones expuestos a los oleos esenciales, en comparación con el grupo de control no tratado. Estas evidencias sugieren que los aceites esenciales son una alternativa prometedora como un biocida ecológico como una alternativa a los pesticidas sintéticos convencionales para el control ecológico del pulgón negro en cultivos de alfalfa, de tal manera no dañamos el medio ambiente. La evaluación del efecto de los oleos esenciales se realizó mediante la cantidad de dosis de aceite de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), molle (*Schinus molle*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) a medida que se suministra en mayor cantidad, se realizó una comparación mediante una prueba de múltiples rangos para pulgones muertos, como se muestra en la Tabla 10, 13, 16 y 19. Por tanto, nos demuestra que a dosis mayores se evidencia que hay más pulgones muertos. Sin embargo, entre el segundo grupo no hay diferencias significativas, es decir, la cantidad de muertos (letalidad) al usar 3  $\mu$ l o 5  $\mu$ l será siempre la misma. Estos resultados están relacionados con lo que indica (Huanca, 2019). En el que muestra la eficacia de estos aceites al eliminar por completo los pulgones (*Myzus persicae*) en un lapso de 90 minutos al usar 250  $\mu$ l de oleo esencial después del tratamiento, lo que sugiere un efecto insecticida al entrar en contacto directo con los insectos.

Los datos registrados revelan que los niveles más destacados de desempeño se lograron invariablemente en las plantas sujetas a tratamientos que fueron tratadas con una proporción de dilución del 15 % de aceite esencial de molle, evidenciando una diferencia significativa con un valor de  $p < 0,0018$  mencionado por (Villaruel, 2018). De acuerdo a los resultados de molle discrepamos ya que en los análisis de ANOVA se puede ver que el óleo de molle a menor tiempo no tiene la capacidad de mortalidad adecuada, pero si a mayor tiempo es efectivo en la muerte de plagas. Con una diferencia significativa de ( $p < 0,0000$ ).

Amaro (2019) indica que “el orégano (*Origanum vulgare*) como el romero (*Rosmarinus officinalis*) mostraron una mortalidad del 48,8 % cuando se evaluó una concentración del 6,4 % (% m/v) ambos oleos”. En comparación, el grupo de control o testigo tuvo una mortalidad más baja, alcanzando el 26,6 %. Estos resultados indican que ambos extractos de plantas, a la concentración mencionada, exhibieron una mayor

actividad insecticida en comparación con el grupo de control. De acuerdo con el experimento estudiado de orégano hay factores que influyen significativamente en la cantidad de pulgones muertos con un nivel de confianza del 95 % (Valor-p < 0,05). Es decir, tanto las diferentes dosis de oleo esencial de orégano como los diferentes tiempos de exposición tienen un impacto significativo en la cantidad de pulgones muertos.

La aplicación del óleo esencial de cola de caballo como fungicida resulta altamente recomendada en cultivos de hortalizas, vid y frutales para combatir eficazmente diversas enfermedades fúngicas a la vez actúa como insecticida para los pulgones y arañas rojas, Tal como se señala en el estudio de referencia de Mayorga (2014). De acuerdo al análisis estadístico (DBCA) discrepamos ya que en la figura 11 podemos visualizar que el óleo esencial de cola de caballo (*Equisetum arvense*) no es tan eficiente en comparación con otros aceites estudiados.

Respecto a la caracterización sensorial el *Eucalyptus (globulus L.)* posee una coloración que va desde incolora hasta un suave tono verde claro. Su aroma es notable aromático y picante, con una intensidad marcada y una cualidad amarga que recuerda al mentol. El análisis de varianza revela una diferencia altamente significativa del aceite esencial desde la primera aplicación. “El aceite esencial de *Eucalyptus globulus* exhibió el mejor desempeño en el ensayo, alcanzando su máxima eficiencia a los 45 minutos al usar 250  $\mu$ l” expuesto por (Huanca, 2019). El resultado guarda relación con lo que se encontró en la investigación de características sensorial del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), tiene un color ligeramente amarillento con una viscosidad relativamente ligero, aroma picante, el sabor amargo y mentolado, con un pH 6 (Ligeramente ácido). Dentro de este marco, el óleo esencial de eucalipto con mayor letalidad de pulgones alcanzó su máxima eficiencia a los 60 minutos, al usar 3  $\mu$ l y 5  $\mu$ l de oleo esencial, por tanto, siempre será el mismo resultado.

Para comprobar el óleo más efectivo se realizó una comparación mediante una prueba de múltiples rangos para pulgones muertos. Por tanto, el orégano y eucalipto se evidencia que tiene mayor efectividad. Sin embargo, entre el orégano y eucalipto no existen diferencias significativas, es decir, la cantidad de muertos (letalidad) al usar orégano y eucalipto será siempre la misma. Este aspecto se visualiza gráficamente en el diagrama de medias (Figura 11), donde cada caja representa la media (promedio) de los datos de cada grupo, y la altura de la barra muestra el valor de la media lo que permite identificar el patrón analizado. Esto sugiere que el aceite es altamente efectivo, especialmente cuando se combina con el tiempo. La interacción entre estos dos factores puede resultar en un efecto sinérgico, lo que significa que juntos tienen un impacto más potente que si se aplicaran de forma individual.

En ese mismo contexto (Quispe & Palomino, 2022) indican que la evaluación de los efectos insecticidas del óleo esencial de eucalipto en la reducción de la población de Kcona Kcona, los diferentes tratamientos demostraron ser eficaces en el manejo de esta plaga. La evaluación estadística de variación indicó que la aplicación del óleo esencial de eucalipto alcanza su mayor efectividad cuando se aplica durante un período de 24 horas, utilizando una concentración del 1,00 %. En estas condiciones, se logró una tasa de mortalidad del 46,6667 % en la población de Kcona Kcona. El aceite esencial derivado de esta variante de eucalipto muestra una notable capacidad para repeler insectos y podría ser utilizado de manera inmediata como un agente insecticida para gestionar la presencia de insectos problemáticos en la agricultura.

Para determinar la dosis mínima se realizó el cálculo del máximo ascenso o descenso, identifica el punto en el que la respuesta estimada experimenta el cambio más pronunciado ante pequeñas variaciones en los factores que se están estudiando. Esto señala características prometedoras para llevar a cabo experimentos adicionales si el objetivo es aumentar o reducir la cantidad de pulgones muertos. En la tabla 20, se puede notar que incluso una dosis de 1  $\mu$ l y un tiempo de 0,053 minutos resultan en la muerte de pulgones. Por tanto, incluso en niveles bajos de dosis y tiempo de exposición, el aceite utilizado tiene un impacto considerable en la disminución de la población de pulgones. Sin embargo, (Arangol, Marín, Murillo, & Jaramillo, 2013) señalan que la actividad por contacto con el aceite esencial (biocida) completo se evidenció a partir de una concentración de 2000  $\mu$ l/1000 ml, y se demostró que a partir de esta concentración comenzó a manifestarse un efecto dependiente de la dosis. La actividad por contacto del aceite esencial completo se manifestó a partir de una concentración de 2000  $\mu$ l/1000 ml, ya desde este punto, se observó un efecto que variaba según la dosis, es decir, la actividad aumentaba a medida que la concentración se incrementaba.

## CONCLUSIONES

Se logró evidenciar el efecto biocida de los aceites esenciales de molle, eucalipto, orégano y cola de caballo a partir del diseño de bloques completos al azar (DBCA), diseño completo al azar (DCA) y el diseño factorial de dos factores que permitió establecer las diferencias significativas en la cantidad de pulgones muertos entre los grupos tratados con aceites esenciales y el grupo de control.

Se realizó las características sensoriales de los oleos esenciales de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*), molle (*Schinus molle*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) tales como; Color, viscosidad, aroma, densidad, solubilidad y pH.

Se determinó el biocida de mayor eficiencia mediante el diseño completo al azar (DCA), en el cual se observaron las siguientes medias de mortalidad de pulgones: cola de caballo (1,4375), molle (3,1875), orégano (5,125) y eucalipto con 5,5625 (según el análisis estadístico). Además, el valor-p ( $<0,0000$ ), lo que indica una significativa influencia en la mortalidad de pulgones con un nivel de confianza del 95 %, dado que el valor-p ( $< 0,05$ ), podemos concluir que el aceite de eucalipto es más efectivo que los otros aceites esenciales en la eliminación de los pulgones.

Se estableció la concentración mínima de biocida, es 1  $\mu$ l de oleo esencial: eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*), molle (*Schinus molle*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*). Por tanto, incluso en niveles bajos de dosis y tiempo de exposición, el aceite utilizado tiene un impacto considerable en la disminución de la población de pulgones.

## RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo investigaciones utilizando los aceites esenciales extraídos de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) debido a su eficacia como alternativa ecológica a los insecticidas convencionales para combatir el pulgón negro en cultivos.

Promover a los agricultores de Tacna el uso del biocida ecológico elaborado a partir de oleos esenciales. Este biocida contiene compuestos químicos con propiedades insecticidas que son efectivos para controlar el pulgón negro en los cultivos. Al optar por esta alternativa, se lograría reducir la dependencia de los insecticidas convencionales, evitando así posibles daños al medio ambiente.

Utilizar los aceites esenciales obtenidos de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*) en el cultivo de maíz y otras plantas de tallo alto. Estos aceites esenciales, por sus propiedades naturales, pueden ofrecer beneficios ambientales significativos al actuar como una opción más ecológica para el control de plagas y enfermedades en estos cultivos.

Emplear aceites esenciales como biocidas, se disminuiría la necesidad de utilizar productos químicos sintéticos, contribuirá así al trabajo del medio ambiente y la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con la naturaleza por lo cual las entidades encargadas (SENASA, MINAM y MINAGRI). Deberían brindar más información de los óleos esenciales que actúan como biocida y realizar campañas de sensibilización. Se recomienda la incentivación y capacitación de MINAGRI sobre el uso de biocidas ecológicos a base de oleos esenciales a los agricultores de cada localidad.

Realizar estudios cromatográficos sobre la caracterización física y química de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), ya que en cada lugar de origen de las plantas aromáticas varían sus compuestos químicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albado Plaus, Emilia, Gloria Saez Flores, y Sandra Grabiél Ataucusi. (2001). "Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano) ". *Revista Médica Herediana* 12(1):16-19.
- Alvarez, M. R., melendez, L. A., & cosio, S. M. (2012). "Procedimiento para la extraccion de aceite esenciales en plantas aromaticas". *proyecto sagarpa conacyt*, 15.
- Alzugaray, R., Ribeiro, A., Silva, H., Stewart, S., Castiglioni, E., Bartaburu, S., & Martínez, J. (2018)." Prospección de agentes de mortalidad natural de áfidos en leguminosas forrajeras en Uruguay". INIA la estanzuela (EELE), CC 39173, Colonia, Uruguay., 35.
- Amaro, j. d. (2019). "Evaluación de insecticidas botánicos, alternativa de control para el mosquito *aedes aegypti* (diptera: culicidae) en laboratorio". *facultad de ciencias biológicas*, 32.
- Arangol, W. M., Marín, P. A., Murillo, B. H., & Jaramillo, C. P. (2013). "Actividad insecticida de una emulsión aceite/agua del aceite esencial de *Eucalyptus tereticornis*". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 112.
- Arapa, B. S. (2012). "Extracción y caracterización del aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.)".
- Aros, Julia, Silva-Aguayo, Gonzalo, Fischer, Susana, Figueroa, Inés, Rodríguez-Maciel, J. Concepción, Lagunes-Tejeda, Angel, Castañeda-Ramírez, Gloria S., & Aguilar-Marcelino, Liliana. (2019). "Actividad insecticida del aceite esencial del paico *Chenopodium ambrosioides* L. SOBRE *Sitophilus zeamais* Motschulsky2". *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 35(3)
- Balmelli G. 1995. Ensayos de orígenes de *Eucalyptus globulus*. Serie técnica N° 68. Programa Forestal, INIA Tacuarembó.
- Cantó-Tejero, M., & Guirao, P. (2017). "El uso de aceites esenciales como insecticidas y repelentes de pulgones".
- Carrizo, P. P. (2019). "Mortalidad de adultos de *cycloneda sanguinea*(coleoptera: coccinellidae) provocada por extractos naturales biocidas de áfidos". *agrocienca*. (2019) vol. x, 62.

- Castro-Alayo, Efraín M., Chávez-Quintana, Segundo G., Auquiñivín-Silva, Erick A., Fernández-Jeri, Armstrong B., Cruz, Otilia Acha-De la, Rodríguez-Hamamura, Nadia, Olivas-Orozco, Guadalupe Isela, & Sepúlveda-Ahumada, David Roberto. (2019). "Aceites esenciales de plantas nativas del Perú: Efecto del lugar de cultivo en las características fisicoquímicas y actividad antioxidante". *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 479-487.
- Chevarria, J. J. (2018). "Proyecto de implantación de una planta para la extracción de aceites por arrastre de vapor en el valle sur de la ciudad del cusco año 2018".
- Cristancho, H. M., & Rincón, N. R. (2018). "Elaboración de un recubrimiento comestible antimicrobial y antioxidante a partir de aceite de orégano (*origanum vulgare*) aplicado a la ensalada primavera minimamente procesada de empresa Defrescura". Universidad de La Salle, 138.
- Cruz, R. P., & Orihuela, N. V. (2015). "Rendimiento y Composición Química de Aceites Esenciales de *Eucalyptus archeri* y *Schinus molle* - Valle del Mantaro". Universidad nacional del centro del Perú, 22.
- Cuadrado, J. L. (2016). "Bioinsecticidas de capsaicinoides y glucosinolatos en el control de los insectos plaga en las plantas de *spartium junceum* L. (fabales: leguminosae) en el valle del mantaro". universidad nacional del centro del peru, 17.
- Di Marco, E. (s.f.) "Eucalyptus globulus sp. globulus Labill (Eucalipto blanco) Familia Myrtaceae". Dirección de producción forestal- MAGyP.
- Diofanor Acevedo, M. N. (2018). "Composición Química del Aceite Esencial de Hojas de Orégano (*Origanum vulgare*)". Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de ingeniería de Alimentos, 65.
- Esther, p. s., & Lucila, p. p. (2019). "Proyecciones, incidencias y posiciones radiograficas" . facultad de ciencias de la salud escuela profesional de tecnología medic, 21.
- García. J. D. 2015. "Modelización del Crecimiento y la Producción de Plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill". En el Noroeste de España. Tesis Doctoral. España. pp. 5.
- González-López, K. D., & Hernández-Ramírez, L. T. (2015). "Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar". Ciencias Naturales Universidad del Valle, Colombia. Docente de la Universidad del Valle, Cali – Colombia, 266.

- Group, B. (2018). Pulgones. Biobest Group NV, 10.
- Henry, L.-C., Socorro, S.-M., Fidel, Á.-R., & Ranferi, G.-L. (01/04/2020). Review of the use of oregano oil spp. in animal health and production. *revistasabanico*, 22.
- Huamán, m. b., & chaupis, m. r. (2018). "determinación de los componentes mayoritarios del aceite esencial del cedrón (*aloesia triphylla*) mediante destilación por arrastre de vapor". *universidad nacional del callao, facultad de ingeniería química*, 148.
- Huanca, L. C. (2019). "Actividad bioinsecticida de los aceites esenciales de la huacataya (*tagetes minuta* L.), eucalipto (*eucaliptus globulus* L.) y romero (*rosmarinus officinalis* L.), sobre el pulgón (*myzus persicae*) en ambiente controlado". *universidad mayor de san Andrés*, 109.
- Hussein, Z. R. (2017). Derechos humanos de la onu. Naciones unidas, 80.
- Imwinkelried, J. M., Fava, F. D., & Trumper, E. V. (2013). "Pulgones (Hemiptera: Aphidoidea) de la alfalfa". *Proyectos aepv 215012; aepv 215002; cordo 02*, 16.
- Inclán, D., Alvarado, E., & Williams, R. (2007). "Evaluación de cuatro insecticidas naturales para el control de tecla, *strymon megarus* (godart) (lepidoptera: lycaenidae), en el cultivo de piña". *1 universidad earth. las mercedes*, 203.
- León, Blanca. 2012. "La cola de caballo (*Equisetum*, *Equisetaceae*) comercializada y exportada del Perú". *Revista Peruana de Biología* 19(3):345-46.
- Leyva, M., French, L., Pino, O., Montada, D., Morejón, G., & del, M. (2017). "Plantas con actividad insecticida: una alternativa natural contra mosquitos". *Estado actual de la temática en la región de las Americas. Rev Biomed*, 145.
- López Luegon, M. Tránsito. 2004. "Los aceites esenciales". *Offarm* 23(7):88-91.
- López, N. Y. (2021). "Rendimiento y calidad de aceite esencial de *eucaliptus citriodora* hook oxapampa-pasco".
- Luengo, M. T. (2004). "Los aceites esenciales. Ámbito farmacéutico", 89.
- Mayorga, I. R. (2014). "Evaluación de métodos de extracción y dosis de aplicación de cola de caballo (*equisetum arvense*) para el control ecológico de roya (*puccinia* sp.) en el cultivo de cebolla blanca (*allium fistulosum*)". *maestría en agroecología y ambiente*, 19.
- Montoya, J.M. (1995). *El Eucalipto*. Edita: MUNDI- PRENSA. Madrid, España. 18p.

- Montoya, M. I. (2017). "Plan de negocios para la producción y comercialización de aceites esenciales naturales en base a plantas nativas de la región del cusco-Perú"
- Murrieta-Dionicio, U., Medrano-Hernández, J. M., Guerra-Ramírez, D., & Valle-Guadarrama, S. (2023). "Composición de aceite esencial de hojas de *Schinus molle* L. afectada por el tiempo de extracción y escalamiento del proceso". *Revista chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 36.
- Nava, M. D. (2010). "Técnica de análisis de aceite esencial de orégano por cromatografía de gases . instituto tecnologico de durango", 49.
- Odorizzi, A. S. (2017). "Evaluación de la virosis del achaparramiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos ambientes contrastantes de Argentina". *Agriscientia* vol.34 no.2 Córdoba dic. 2017, 13.
- Padín, Emilse Verónica. 2015. "Obtención, caracterización y determinación de la actividad antimicrobiana de la oleorresina de las bayas de Aguaribay (*Schinus molle* linn.)".
- Palomino, G. (2022). "Efecto insecticida del aceite esencial de eucalipto y altamisa contra el kcona kcona" del. *Revista Ciencia Agraria*, 22.
- Pérez Porto, J. G. (17 de septiembre de 2021). "Control de Plagas": Notas breves en español. NPIC, 8.
- Pluas. C. 22 de julio de 2015. "Composición química del eucalipto". {mensaje de un blog}. Clark, G. Cameron, S. 2000. *Eucalyptol*. *Perfumer & Flavorist*, 25: 6- 16.
- Quiroz, J. R., & Salvatierra, M. E. (2021). "Composición química y actividad antibacteriana de los aceites esenciales de *Citrus paradisi*, *Juglans neotropica* DIELS, *Schinus molle* y *Tagetes elliptica* Smith". *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 22.
- Quispe, G., & Palomino, G. (2022). "Efecto insecticida del aceite esencial de eucalipto y altamisa contra el kcona kcona del cultivo de la quinua". *Dialnet*, 20.
- Roxana, V. C. (2022). "Efecto biocida del extracto del tubérculo".
- Ruiz, B. F. (2017). "obtención de aceite esencial e hidrolato de hierbabuena (*mentha spicata*) mediante el proceso de destilación por arrastre con vapor"
- Ruiz, C. (2015) "Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas".

- Stashenko, J. R. (2014). "Estudio comparativo de la composición química y la actividad antioxidante de los aceites esenciales de algunas plantas del género *Lippia* (Verbenaceae) cultivadas en Colombia". *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 38(Supl.):89-105, 2014, 17.
- Tejero, M. C. (2022). "Aceites esenciales de origen botánico como insecticidas y repelentes en pulgones de cultivos hortícolas". *universidad miguel hernández de elche*, 122.
- Torres, B. V., Katherine, Y., León, B. L., & Luis, J. (s. f.). *Officinalis* "Por el método de arrastre de vapor obtenida en estado fresco y secado convencional".
- Vázquez, N. P. (2001). "Manejo ecológico de plagas". En: *Transformando el campo cubano. Avances de la Agricultura Sostenible*. Ed. A.
- Villarroel, e. m. (2018). "Evaluación de la actividad insecticida del aceite esencial de molle (*schinus molle* L.) fase de campo, frente al gusano blanco (*premnolyptus vorax* Hustache) de la papa en la variedad santa rosa". *facultad de ciencias agropecuarias*, 32.
- Yáñez, X. & Cuadro, O. (2012). "Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de las especies *Eucalyptus globulus* y *E. camaldulensis* de tres zonas de Pamplona- Colombia" redactado de la *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona, Colombia*.
- Yolanda Salinas Moreno, F. A. (2013). "Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca". *Rev. fitotec. mex* vol.36 no.1 Chapingo ene./mar. 2013, 12.
- Zalasar Humberto Gutiérrez Pulido & Román de la Vara (2019) "Análisis y diseño de experimentos". Miembro de la *Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana*.

**ANEXOS**

## Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Metodología
<b>Problema general</b>  - ¿Cuál es el efecto biocida de los aceites esenciales de molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ) para el control ecológico del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) en el cultivo de alfalfa?	<b>Objetivo general</b>  - Evaluar el efecto biocida de los aceites esenciales de molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ) para el control ecológico del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) en el cultivo de alfalfa	<b>Hipótesis general</b>  - Los aceites esenciales de molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ), tienen propiedades biocidas de acuerdo a su composición física y química	<b>Variable independiente</b>  - Concentración de aceite	- $\mu\text{L} / \text{ml}$	<b>Tipo de estudio:</b>  - Investigación aplicada / tecnológica
<b>Problemas específicos</b>  - ¿Cuáles son las características sensoriales del molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> )?  - ¿Cuál es la eficiencia biocida de los aceites esenciales del molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ) para el control ecológico del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) en el cultivo de alfalfa?  - ¿Cuáles son las concentraciones mínimas de biocidas de los aceites esenciales de molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ), para el control ecológico del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) en el cultivo de alfalfa?	<b>Objetivos específicos</b>  - Identificar las características sensoriales de los aceites esenciales del molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> )  - Determinar el biocida de mayor eficiencia de los aceites esenciales de molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ), para el control ecológico del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) en el cultivo de alfalfa  - Establecer las concentraciones mínimas biocidas de los aceites esenciales obtenidos del molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ) para el control ecológico del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) del cultivo de alfalfa	<b>Hipótesis específicas</b>  - El aceite esencial con mayor eficiencia de biocida es el molle ( <i>Schinus molle</i> ) seguido del eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ) en el control ecológico del pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) en los cultivos de tallo bajo en un ambiente controlado  - Las concentraciones mínimas de biocida de los aceites esenciales de molle ( <i>Schinus molle</i> ), eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), orégano ( <i>Origanum vulgare</i> ) y cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> ), ejercen el control ecológico sobre el pulgón negro ( <i>Aphis craccivora</i> ) en los cultivos de alfalfa	<b>Variable dependiente</b>  - Cantidad de pulgones muertos  <b>Variable interviniente</b>  - Variables climatológicas a nivel de laboratorio	- Porcentaje (%) de mortalidad  - Temperatura y humedad	<b>Nivel de investigación:</b>  - Aplicativo  <b>Diseño de investigación</b>  - Experimental

## Anexo 2. Datos para la obtención de la eficiencia máxima

### Tabla 1

*Datos de 10 minutos*

Dosis	Repeticiones / tiempo			
	1	2	3	4
	10 min	10 min	10 min	10 min
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
1 µl	0	3	2	2
3 µl	1	7	6	5
5 µl	2	8	7	6
1 µl	0	2	0	1
3 µl	1	6	5	5
5 µl	2	7	6	6
1 µl	0	0	0	0
3 µl	0	2	2	1
5 µl	1	4	3	2
1 µl	0	0	0	0
3 µl	0	0	0	0
5 µl	0	0	0	0

### Tabla 2

*Datos de 20 minutos*

Dosis	Repeticiones / tiempo			
	1	2	3	4
	20 min	20 min	20 min	20 min
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
1 µl	3	2	2	0
3 µl	7	6	5	0
5 µl	8	7	6	0
1 µl	2	0	1	0
3 µl	6	5	5	0
5 µl	7	6	6	0
1 µl	0	0	0	0
3 µl	2	2	1	0
5 µl	4	3	2	0
1 µl	0	0	0	0
3 µl	0	0	0	0
5 µl	0	0	0	0

**Tabla 3***Datos de 40 minutos*

Dosis	Repeticiones / tiempo			
	1	2	3	4
	40 min	40 min	40 min	40 min
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
1 µl	4	5	5	5
3 µl	7	8	7	7
5 µl	8	8	8	8
1 µl	3	4	3	4
3 µl	7	7	7	7
5 µl	7	8	8	7
1 µl	2	2	2	2
3 µl	4	5	6	5
5 µl	5	7	6	6
1 µl	1	1	1	1
3 µl	2	3	2	3
5 µl	3	3	4	4

**Tabla 4***Datos de 60 minutos*

Dosis	Repeticiones / tiempo			
	1	2	3	4
	60 min	60 min	60 min	60 min
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
0 µl	0	0	0	0
0 µl	1	0	0	0
1 µl	5	7	8	7
3 µl	8	8	8	8
5 µl	8	8	8	8
1 µl	6	7	7	7
3 µl	8	8	8	8
5 µl	8	8	8	8
1 µl	4	3	4	4
3 µl	6	6	7	7
5 µl	7	7	7	7
1 µl	1	2	1	2
3 µl	3	4	4	5
5 µl	4	5	4	5

### Anexo 3. Datos de la mortalidad de los pulgones negros

**Tabla 5**

*Mortalidad de pulgones según la dosis del óleo de Eucalipto*

<b>Dosis / Eucalipto</b>			
<b>1 µl</b>	<b>3 µl</b>	<b>5 µl</b>	<b>Promedio</b>
0	1	2	1
3	7	8	6
2	6	7	5
2	5	6	4
3	7	8	6
2	6	7	5
2	5	6	4
0	0	0	0
4	7	8	6
5	8	8	7
5	7	8	7
5	7	8	7
5	8	8	7
7	8	8	8
8	8	8	8
7	8	8	8
3,75	6,125	6,75	

**Tabla 6**

*Mortalidad de pulgones según la dosis del óleo de orégano*

<b>Dosis / Oregano</b>			
<b>1 µl</b>	<b>3 µl</b>	<b>5 µl</b>	<b>Promedio</b>
0	1	2	1
2	6	7	5
0	5	6	4
1	5	6	4
2	6	7	5
0	5	6	4
1	5	6	4
0	0	0	0
3	7	7	6
4	7	8	6
3	7	8	6
4	7	7	6
6	8	8	7
7	8	8	8
7	8	8	8
7	8	8	8
2,9375	5,8125	6,375	

**Tabla 7**

*Mortalidad de pulgones según la dosis del óleo de molle*

<b>Dosis / Molle</b>			
<b>1 µl</b>	<b>3 µl</b>	<b>5 µl</b>	<b>Promedio</b>
0	0	1	0
0	2	4	2
0	2	3	2
0	1	2	1
0	2	4	2
0	2	3	2
0	1	2	1
0	0	0	0
2	4	5	4
2	5	7	5
2	6	6	5
2	5	6	4
4	6	7	6
3	6	7	5
4	7	7	6
4	7	7	6
1,4375	3,5	4,4375	

**Tabla 8**

*Mortalidad de pulgones según la dosis del óleo de cola de caballo*

<b>Dosis / Cola de caballo</b>			
<b>1 µl</b>	<b>3 µl</b>	<b>5 µl</b>	<b>Promedio</b>
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1	2	3	2
1	3	3	2
1	2	4	2
1	3	4	3
1	3	4	3
2	4	5	4
1	4	4	3
2	5	5	4
0,625	1,625	2	

#### Anexo 4. Panel fotográfico

*Recolección de Eucalipto (Eucalyptus globulus) del Distrito de Ilabaya (CP. Cambaya)*



*Recolección de Molle (Schinus molle) del Distrito de Ilabaya (CP. Cambaya)*



*Recolección de Cola de caballo (Equisetum arvense) del Distrito de Sama Inclán*



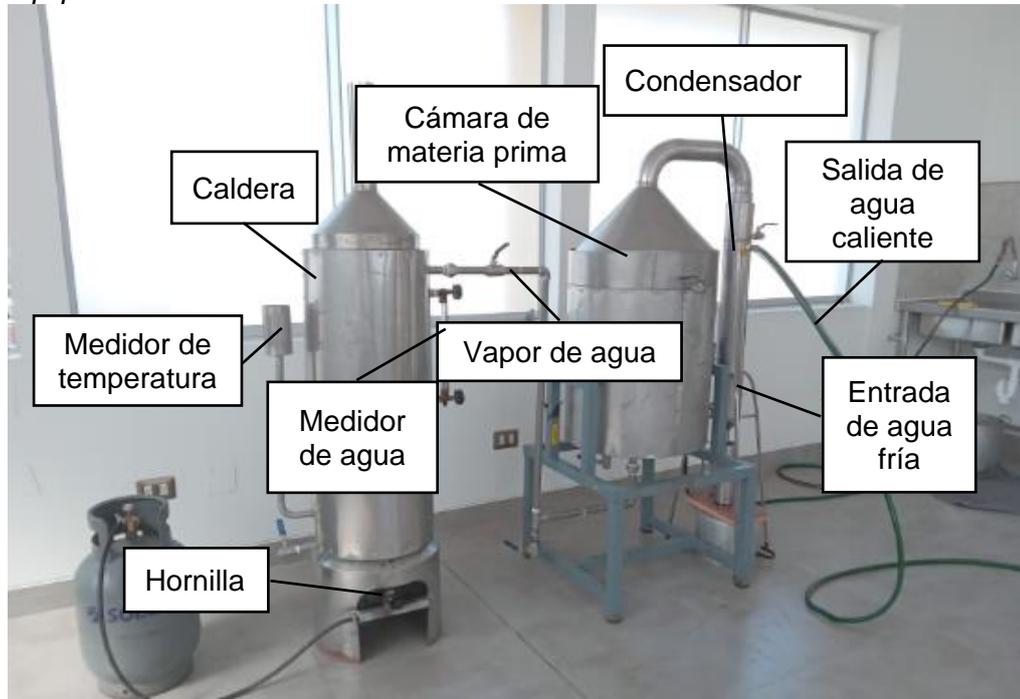
*Recolección de Orégano (Origanum vulgare) del Distrito de Candarave*



**Anexo 5. Secado de la materia prima***Eucalipto (Eucalyptus globulus)**Molle (Schinus molle)**Cola de caballo (Equisetum arvense)**Orégano (Origanum vulgare)*

## Anexo 6. Extracción de óleos esenciales por el método de arrastre de vapor

### Equipo de extracción



*Pesado de tallos y hojas de molle (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), orégano (*Origanum vulgare*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*)*



*Colocado de la materia prima en la cámara del equipo*



*Equipo de extracción por arrastre de vapor en funcionamiento*



*Obtención de los oleos esenciales*



*Armado del soporte universal y la pera de decantación*



*Separación de los oleos esenciales (aceite / agua)*



## Anexo 7. Oleos esenciales que se obtuvo y su uso

Oleos esenciales de eucalipto, orégano, molle y cola de caballo



Obtención de los oleos esenciales

Muestra	kilogramos	Oleo esencial
Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	5	60 ml
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )	5	49 ml
Molle ( <i>Schinus molle</i> )	5	20 ml
Cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> )	5	5 ml

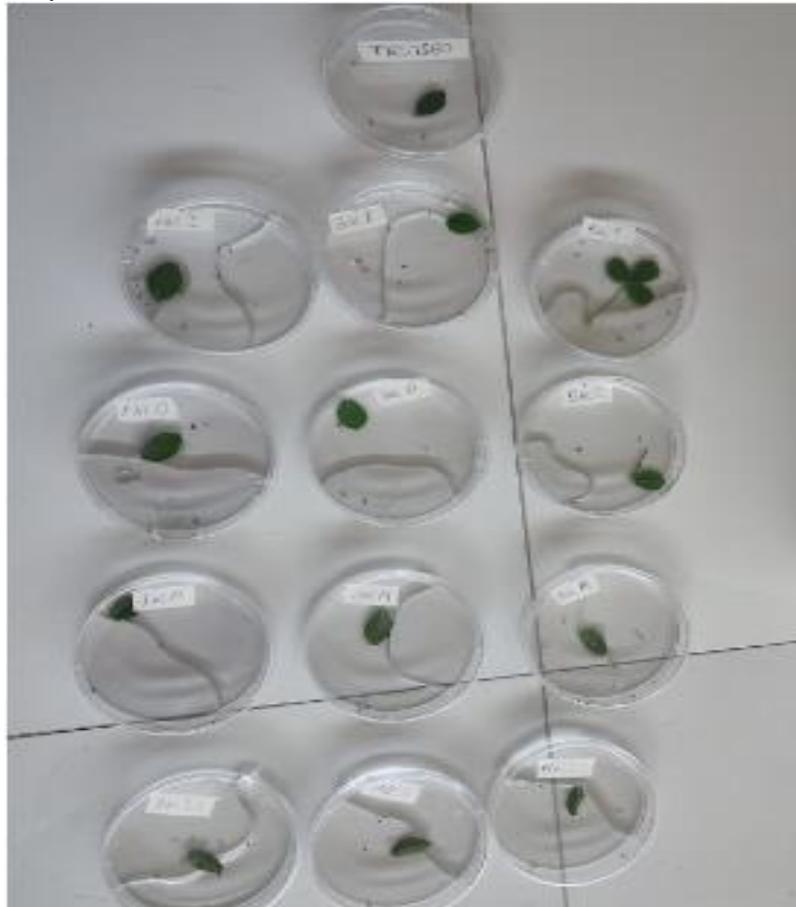
Muestra de alfalfa infestado de pulgón negro (*Aphis craccivora*)



*Dilución de oleo esencial y agua destilada*



*Empleo de los oleos esenciales en los tratamientos*



### Contabilización de pulgones muertos



### Identificación de pH de los oleos esenciales



### Potencial de hidrógeno (pH)

Aceites esenciales	Escala de pH	Descripción
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> )	5	Ligeramente ácido
Eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	6	Ligeramente ácido
Molle ( <i>Schinus molle</i> )	6	Ligeramente ácido
Cola de caballo ( <i>Equisetum arvense</i> )	8	Ligeramente alcalino