

Artículo original

Aceites esenciales: Una estrategia ecológica para el control de *Aphis craccivora* en un cultivo agrícola

Essential Oils: An Ecological Strategy for the Control of *Aphis craccivora* in an Agricultural Crop

Bryan Rey Fabricio Escobar Quispe¹

 <https://orcid.org/0009-0008-4115-3544>

Gladis Mariela Ramirez Huanca²

 <https://orcid.org/0009-0009-6755-0748>

Richard Sabino Lazo Ramos³

 <https://orcid.org/0000-0002-7878-7486>

Recibido: 10/07/2024

Aceptado: 06/08/2024

Publicado: 26/18/2024

^{1,2}Municipalidad Distrital de Ilabaya, Tacna, Perú

³Ingeniería Ambiental, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú

E-mail: ¹mauricioje165@gmail.com, ²handy.mariela@gmail.com, ³riclazor@virtual.upt.pe



Resumen

El pulgón negro (*Aphis craccivora*) afecta gravemente los cultivos de *Medicago sativa*, reduciendo tanto su rendimiento como su calidad, y causando pérdidas económicas significativas para los agricultores. Aunque el control tradicional con pesticidas sintéticos es efectivo, conlleva problemas como la contaminación, la resistencia del insecto y riesgos para la salud. En este contexto, los aceites esenciales (AE) emergen como una alternativa prometedora para un manejo sostenible de esta plaga. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto insecticida de aceites esenciales extraídos mediante destilación por arrastre de vapor de cuatro plantas aromáticas (*Schinus molle*, *Eucalyptus globulus*, *Origanum vulgare*, *Equisetum arvense*) como una opción ecológica frente a los pesticidas sintéticos. Se empleó un diseño experimental de bloques completamente al azar, aplicando diferentes dosis de AE (1, 3 y 5 μl) y tiempos de exposición (10, 20, 40 y 60 minutos) en placas Petri con *Aphis craccivora*. Los resultados indicaron que los AE de eucalipto y orégano fueron los más efectivos, logrando una mortalidad significativa ($8 \pm 0,00$) a los 60 minutos, siendo la dosis adecuada de 3 μl . En contraste, el AE de molle mostró una eficacia moderada, y el de cola de caballo fue el menos efectivo, con baja mortalidad en todas las dosis y tiempos. El ANOVA reveló diferencias significativas en la efectividad entre los tratamientos ($p < 0,05$), y el análisis de regresión múltiple mostró una fuerte correlación entre la dosis y el tiempo de exposición con la mortalidad observada.

Palabras clave: bioinsecticidas; control alternativo de plagas; plantas aromáticas.

Abstract

The black aphid (*Aphis craccivora*) severely affects *Medicago sativa* crops, reducing both their yield and quality, leading to significant economic losses for farmers. Although traditional control with synthetic pesticides is effective, it presents problems such as contamination, insect resistance, and health risks. In this context, essential oils (EO) emerge as a promising alternative for the sustainable management of this pest. The objective of the study was to evaluate the insecticidal effect of essential oils extracted through steam distillation from four aromatic plants (*Schinus molle*, *Eucalyptus globulus*, *Origanum vulgare*, *Equisetum arvense*) as an ecological option against synthetic pesticides. A completely randomized block design was employed, applying different doses of EO (1, 3, and 5 μl) and exposure times (10, 20, 40, and 60 minutes) in Petri dishes with *Aphis craccivora*. The results indicated that eucalyptus and oregano EO were the most effective, achieving significant mortality (8 ± 0.00) at 60 minutes, with an adequate dose of 3 μl . In contrast, *Schinus molle* EO showed moderate efficacy, and *Equisetum arvense* EO was the least effective, with low mortality at all doses and times. ANOVA revealed significant differences in effectiveness among the treatments ($p < 0.05$), and multiple regression analysis showed a strong correlation between dose and exposure time with the observed mortality.

Keywords: bioinsecticides; alternative pest control; aromatic plants.

1. Introducción

El manejo de plagas agrícolas ha sido históricamente una preocupación en la producción de alimentos. Desde sus inicios, los agricultores han buscado métodos para proteger sus cultivos de insectos y otras plagas que amenazan su rendimiento y calidad (Ureta et al., 2014). A lo largo del siglo XX, los avances en la química condujeron al desarrollo de pesticidas sintéticos que ofrecían soluciones rápidas y efectivas para el control de plagas. Sin embargo, estos productos químicos también generaron efectos negativos, incluyendo la contaminación ambiental del agua, el suelo y el agotamiento de la capa de ozono, así como la pérdida de biodiversidad, disminución de polinizadores y la aparición de resistencia en las plagas. Además, los pesticidas sintéticos fueron considerados altamente tóxicos, lo que puso en riesgo la salud tanto de los trabajadores agrícolas como de los consumidores debido a los residuos que pueden quedar en los alimentos. (Demeter et al., 2021; Polatoğlu et al., 2016). Estos desafíos han impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para el control de plagas, lo que ha llevado a la búsqueda de métodos biológicos en la protección de cultivos (Villaverde et al., 2014).

En este escenario, el uso de productos obtenidos de plantas aromáticas, como los aceites esenciales (AE), ha surgido como una estrategia prometedora. Los AE son metabolitos secundarios de plantas que cumplen diversas funciones, incluyendo la defensa contra herbívoros e infecciones. Se obtienen a partir de diversas partes de las plantas, como hojas, flores, tallos, semillas e incluso raíces. Estas estructuras vegetales contienen compuestos volátiles que se extraen mediante diferentes métodos, como destilación por arrastre de vapor o hidrodestilación. Estos compuestos han sido objeto de estudios debido a sus propiedades antimicrobianas, antifúngicas e insecticidas. Contienen una mezcla de terpenos, fenoles y otros compuestos volátiles que actúan de manera sinérgica para repeler, inhibir o matar organismos perjudiciales. Además, su baja toxicidad para los humanos y otros mamíferos, junto con su biodegradabilidad, los convierte en una opción para el manejo de plagas (Butnariu & Sarac, 2018; Czerniewicz et al., 2024; Devrnja et al., 2022; Mossa, 2016; Sharifi-Rad et al., 2017). Algunos de los AE que han mostrado potencial como agentes biocidas, se destacan los extraídos de plantas como: (i) molle (*Schinus molle*), que presenta propiedades insecticidas, debido a su alta concentración de monoterpenos como el α -pineno, α -Felandreno y el limoneno. Estos compuestos actúan como neurotoxinas en insectos, interfiriendo con su sistema nervioso y provocando la muerte (Belhoussaine et al., 2022; Ruiz & Salazar, 2021). Así mismo, (ii) el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), es conocido por sus propiedades antimicrobianas, antivirales y repelentes de insectos. Contiene compuestos como el 1,8-cineol (eucaliptol), que ha demostrado ser efectivo como insecticida (Quispe & Palomino, 2022). En esa línea, (iii) el orégano (*Origanum vulgare*), contiene altos niveles de carvacrol y timol, compuestos con fuertes propiedades insecticidas y antimicrobianas (Leyva-López et al., 2017; Plata-Rueda et al., 2022). No obstante, (iv) el AE de la cola de caballo (*Equisetum arvense*) contiene compuestos como alcaloides y flavonoides que pueden tener efectos insecticidas (Santana, 2014). Aunque no ha sido ampliamente estudiado como el de otras plantas.

Por otro lado, los áfidos, comúnmente conocidos como pulgones, son insectos pequeños que se alimentan de la savia de las plantas, causando debilitamiento, amarillamiento y deformación de las hojas, y reduciendo significativamente el rendimiento de los cultivos. En el caso de la alfalfa (*Medicago sativa*), un cultivo fundamental para la producción de forraje en

sistemas agropecuarios, el pulgón negro (*Aphis craccivora*) es una de las especies más dañinas. Su control mediante métodos convencionales ha sido un reto debido a su rápida reproducción y la creciente resistencia a insecticidas (Alotaibi et al., 2022; Ben-Issa et al., 2017; Hussein et al., 2021; Khaled-Gasmi et al., 2021; Zumoffen et al., 2012). Por tanto, el presente estudio se enfoca en evaluar el efecto insecticida de diferentes dosis de AE de cuatro plantas aromáticas, aplicados en distintas concentraciones (1, 3 y 5 μ l) y tiempos de exposición (10, 20, 40 y 60 min) para determinar su efectividad en el control de áfidos en alfalfa.

2. Metodología

2.1. Recolección de la materia prima

Para la extracción del aceite esencial se emplearon cuatro plantas tal como se muestra en la Figura 1 y 2, *Schinus molle* (a), *Eucalyptus globulus* (b), *Origanum vulgare* (c) y *Equisetum arvense* (d), que fueron recolectados de los agricultores de tres distritos (Ilabaya, Candarave y Sama Inclán) de la Región de Tacna. Con la finalidad de uniformizar la materia prima, se seleccionó manualmente hojas y tallos frescos y se descartó los que presentaban algunos daños físicos. Así mismo, se eliminaron impurezas y se almacenaron para el proceso de extracción. Por otro lado, las muestras de *Medicago sativa* (e) se obtuvieron de la provincia de Candarave, se seleccionó aleatoriamente plantas infestada del *Aphis craccivora*.

Figura 1
Identificación y recolección de las muestras de estudio



Figura 2

Diagrama de flujo para determinar el efecto insecticida de los aceites esenciales

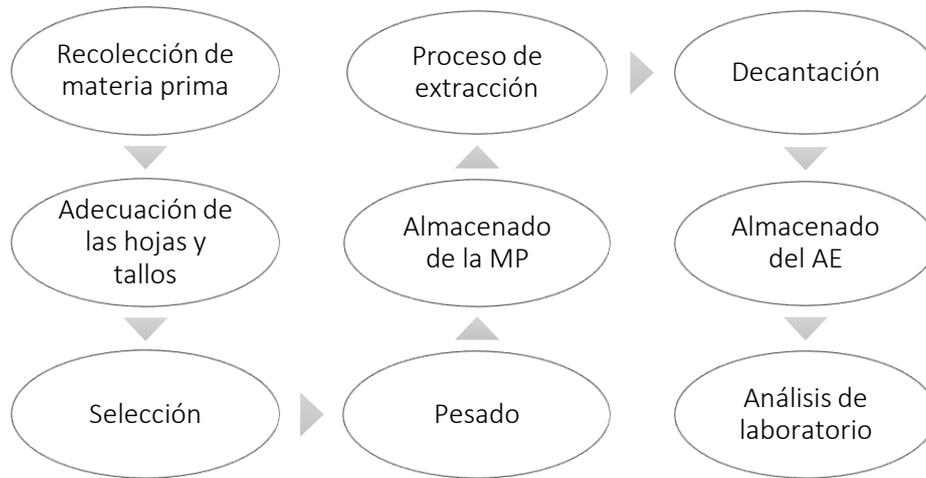
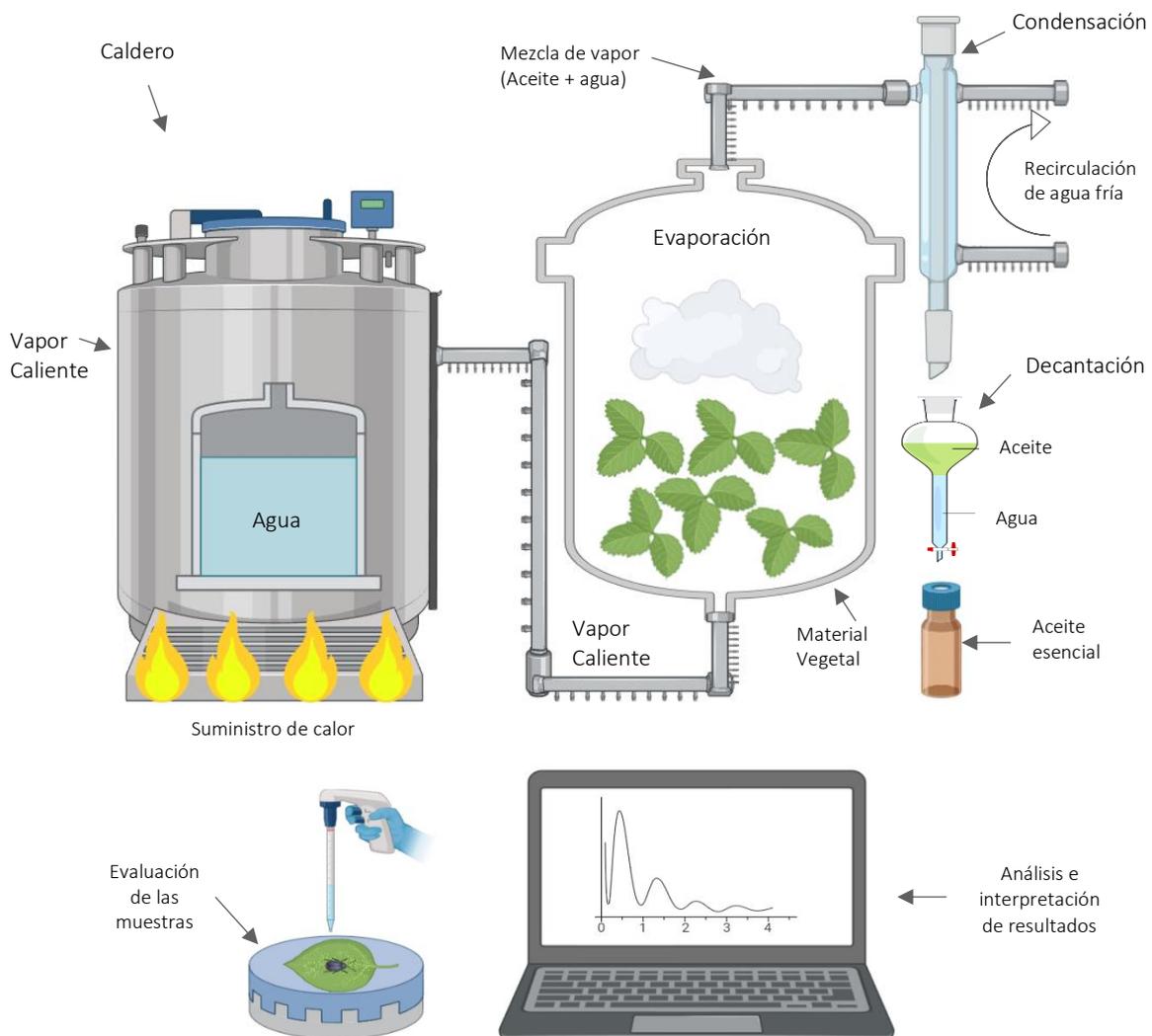


Figura 3

Esquema del proceso de extracción de aceites esenciales por arrastre a vapor



Nota. Creado y adaptado con BioRender.com (consultado el 30 de julio de 2024).

2.2. Extracción del aceite esencial

Con respecto a la obtención de los AE se llevó a cabo mediante el método de destilación por arrastre a vapor indicada por Quispe & Palomino (2022) y Souiy (2024). Debido a que es el método más utilizado. Una ventaja destacada de la extracción con vapor es su capacidad para prevenir la hidrólisis o degradación del aceite esencial. Esto se logra al evitar el contacto directo entre el agua y el material vegetal, así como entre el agua y las moléculas aromáticas, preservando así la integridad del aceite esencial durante el proceso (Gavahian & Chu, 2018). En el proceso de extracción, el material vegetal es sometido a vapor sin maceración previa. El calor del vapor rompe las células del vegetal, liberando el aceite esencial. Luego, el vapor saturado con los compuestos volátiles se condensa, y el aceite esencial se separa del agua mediante decantación. Primero, se pesaron 5 kilogramos de hojas y tallos, que luego se trocearon en piezas pequeñas. Se llenó la caldera con 25 litros de agua y se colocó el material vegetal en el tanque del extractor de vapor. Una vez ensamblado el equipo, se calentó hasta ebullición. La extracción de los AE se llevó a cabo durante 3 a 4 horas. Luego, se separaron el agua y los aceites esenciales mediante una etapa de decantación. Finalmente, el AE se envasó en frascos de 10 ml de color ámbar y su almacenó en condiciones de refrigeración para su posterior uso tal como se muestra en la Figura 3.

2.3. Análisis, evaluación y diseño experimental

Se llevó a cabo un experimento en placas Petri para evaluar el efecto insecticida de aceites esenciales de cuatro plantas sobre el *Aphis craccivora* en cultivos de *Medicago sativa*. En cada placa, se distribuyeron aleatoriamente 8 pulgones del mismo tamaño junto con una rama de alfalfa. Se aplicaron tres dosis de cada aceite esencial: 1, 3 y 5 μ l. La eficacia de los aceites se midió en términos de mortalidad de los áfidos a los 10, 20, 40 y 60 minutos. Para asegurar la fiabilidad de los resultados, cada tratamiento se replicó cuatro veces. Al concluir el experimento, se cuantificaron la mortalidad de los áfidos para identificar el aceite esencial más efectivo y la dosis mínima necesaria para el control ecológico de la plaga en alfalfa. Mientras que, la eficiencia de los bioinsecticidas fue evaluada utilizando el método propuesto por Henderson & Tilton (1955). Esta fórmula (Ecuación 1) permitió ajustar la mortalidad observada en los tratamientos, teniendo en cuenta la mortalidad natural presente en los grupos de control.

$$Eficiencia (\%) = \left[1 - \frac{(T_a \times C_b)}{(T_b \times C_a)} \right] \times 100 \quad (1)$$

Donde, T_a : Número de individuos vivos en el tratamiento después del tratamiento (después de la aplicación). T_b : Número de individuos vivos en el tratamiento antes del tratamiento (antes de la aplicación). C_a : Número de individuos vivos en el control después del tratamiento. C_b : Número de individuos vivos en el control antes del tratamiento.

Para diseñar el experimento se empleó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con un esquema factorial (4x3) y tres repeticiones. Donde el Factor uno fue el Tipo de aceite esencial (4 niveles) y el Factor dos fue las Dosis de aceite esencial (3 niveles). Las combinaciones factoriales fue de 12 tratamientos. Luego, se analizó mediante un análisis de varianza ANOVA la efectividad de los AE y se determinó si existían diferencias significativas. Por

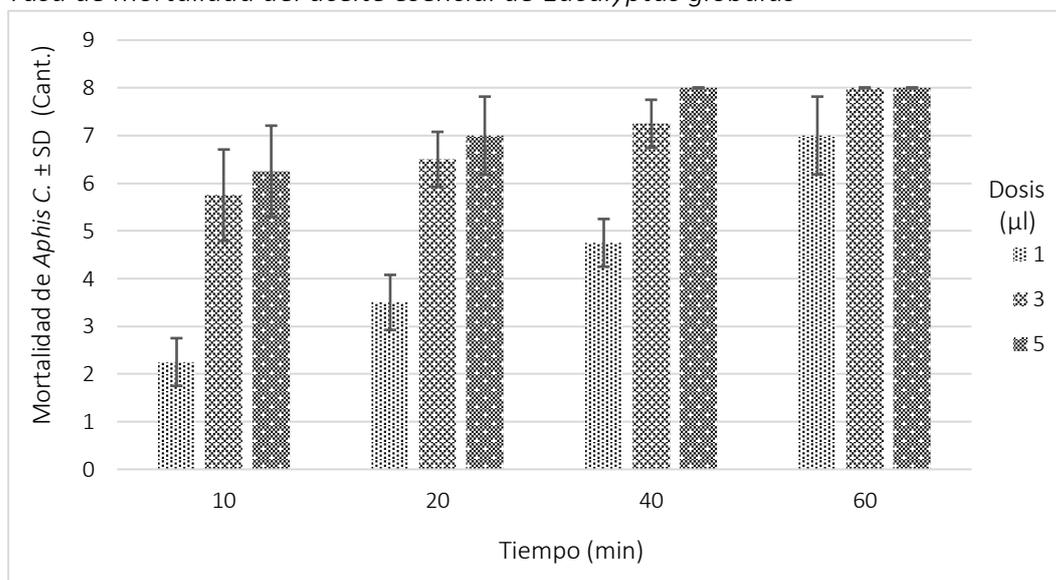
último, se comparó las medias de los grupos mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan.

3. Resultados

La figura 4 muestra la tasa de mortalidad para el aceite esencial (AE) de *Eucalyptus globulus*, donde se observa una baja mortalidad inicial (28,13 %) a los 10 minutos para una dosis de un microlitro. Pero, la efectividad del aceite aumenta de manera gradual, alcanzando el 87,5 % a los 60 min.

Figura 4

Tasa de mortalidad del aceite esencial de Eucalyptus globulus

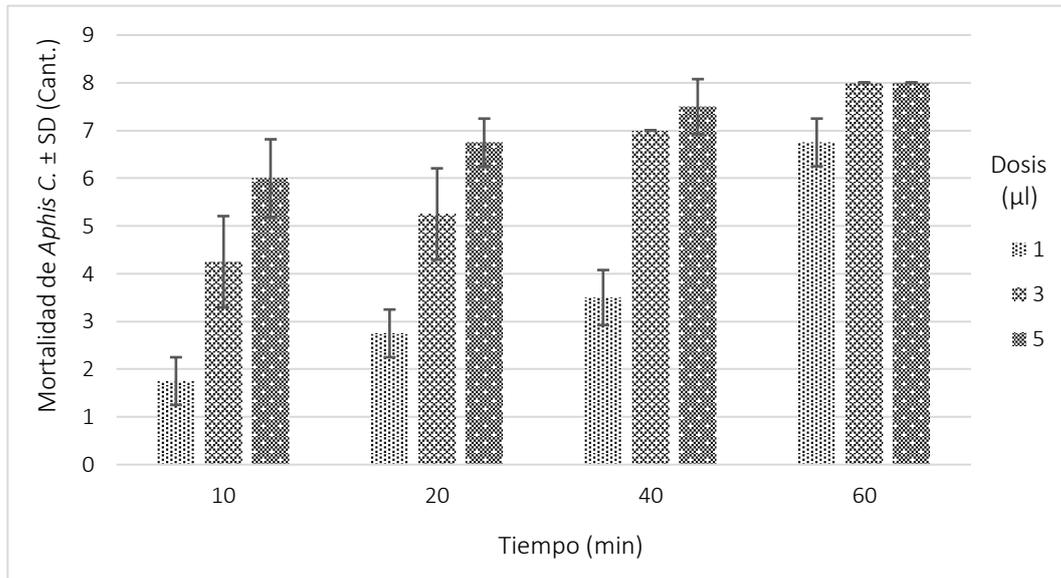


Respecto a la dosis media, alcanzó la máxima mortalidad 100 % (8 individuos) a los 60 min. Esto sugiere que 3 µl es una dosis efectiva que logra un control casi completo de la plaga en 60 minutos. La dosis más alta (5 µl) presenta una alta mortalidad desde el inicio (78,13 % a los 10 minutos) y rápidamente llega al 100 % a los 40 minutos, manteniéndose constante hasta los 60 minutos. Sin embargo, no muestra una mejora en comparación con la dosis de 3 µl, sugiriendo que la mejor dosis podría ser 3 µl, que alcanza el mismo resultado con menos cantidad de aceite. Además, entre las dosis de 3 µl y 5 µl, la diferencia en efectividad no es significativa, especialmente después de 40 minutos, lo que sugiere que una mayor cantidad de aceite no necesariamente mejora el resultado, optimizando recursos.

De manera similar, el AE de *Origanum vulgare* muestra un aumento en la mortalidad de *Aphis craccivora* con el tiempo y la dosis. A 1 µl, la mortalidad es baja al inicio, pero mejora gradualmente hasta los 60 minutos. Con 3 µl, la mortalidad es significativa desde los primeros minutos y alcanza su máximo a los 60 minutos, lo que sugiere que esta dosis es efectiva para el control de la plaga. La dosis de 5 µl no muestra una mejora considerable respecto a 3 µl, lo que indica que 3 µl es suficiente para un control adecuado sin necesidad de dosis mayores, tal como se aprecia en la Figura 5.

Figura 5

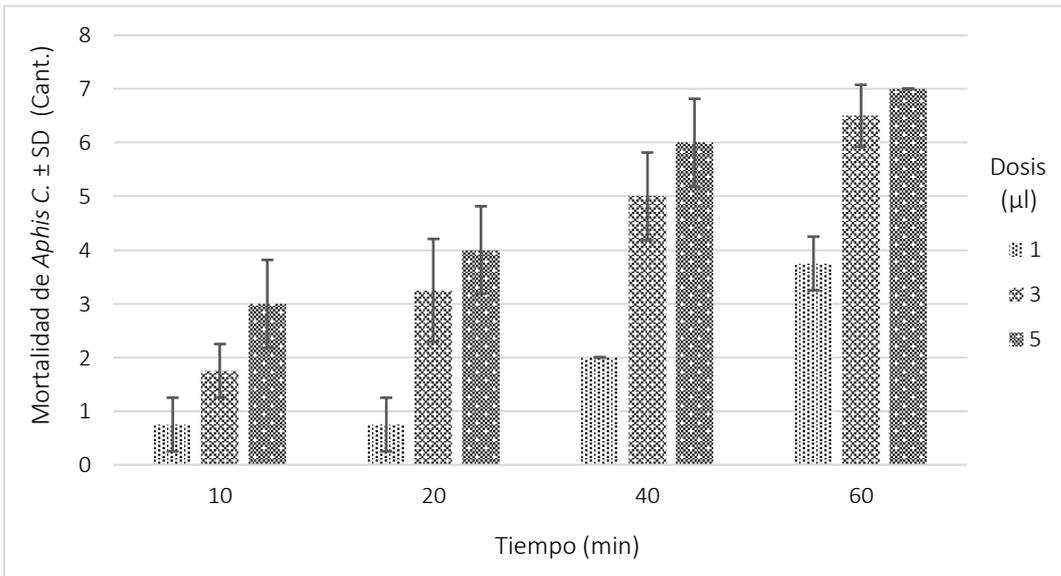
Tasa de mortalidad del aceite esencial de *Origanum vulgare*



Simultáneamente, el AE de *Schinus molle* (figura 6) fue poco efectivo a bajas dosis, con una mortalidad mínima a los 10 y 20 minutos y solo logró un 46,86 % a los 60 minutos con 1 µl. A 3 µl, la efectividad mejora, pero sigue siendo moderada, alcanzando el 81,25 %. La dosis de 5 µl es la más efectiva, con 7 insectos muertos a los 60 minutos, aunque no logra una mortalidad total. Sin embargo, en comparación con eucalipto y orégano, el AE de *Schinus molle* parece ser menos efectivo en todas las dosis, especialmente en las más bajas (1 µl y 3 µl). Su efectividad aumenta con el tiempo, pero de manera más gradual que con los otros AE. A los 60 minutos, ninguna de las dosis logra una mortalidad completa.

Figura 6

Tasa de mortalidad del aceite esencial de *Schinus molle*

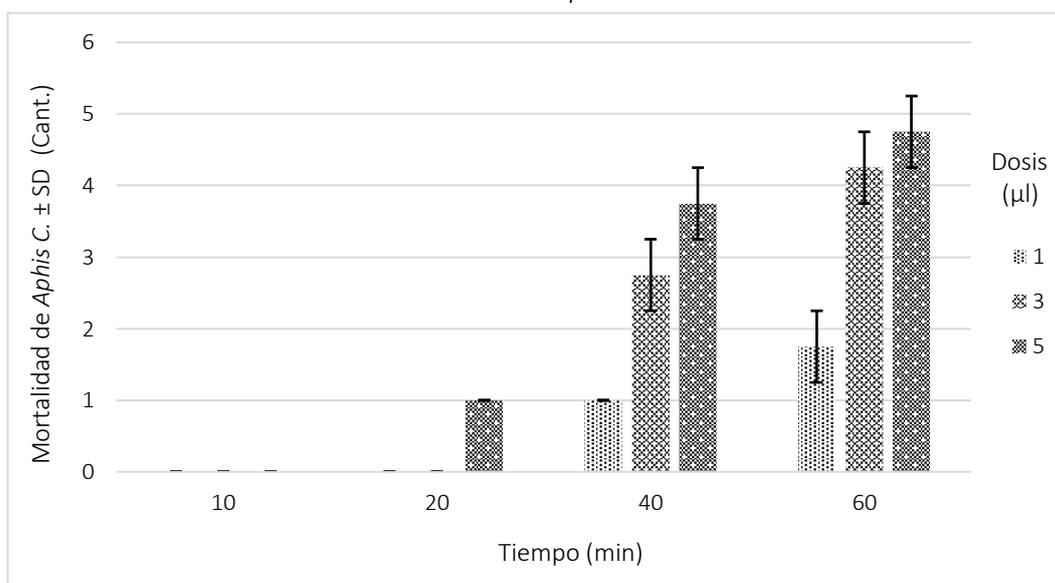


Por otra parte, en la figura 7 se aprecia que el AE de *Schinus molle* tiene una efectividad muy limitada en el control de *Aphis craccivora*. Ninguna de las dosis estudiadas logra una

mortalidad significativa, lo que sugiere que este aceite esencial podría no ser una opción viable para el control de plagas en cultivos de alfalfa. Su baja efectividad, incluso en dosis más altas, lo coloca como el menos efectivo entre los aceites esenciales analizados en este estudio. Incluso la dosis más alta (5 μl) muestra una efectividad limitada en comparación con los otros aceites esenciales analizados. La mayoría de los insectos aún están vivos después de 60 minutos, lo que sugiere que el aceite esencial de cola de caballo tiene una acción insecticida débil.

Figura 7

Tasa de mortalidad del aceite esencial de Equisetum arvense



Referente al análisis de varianza ANOVA, se examinan dos factores principales: la dosis y el tiempo de exposición. Para los cuatro AE evaluados, ambos factores presentaron valores $p < 0,05$, lo que indica que ambos tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la tasa de mortalidad a un nivel de confianza del 95 %. En tanto, en las pruebas de rangos múltiples se identificaron tres grupos homogéneos en términos de letalidad. Los aceites de eucalipto y orégano presentaron eficacias similares con medias entre $6,5 \pm 0,58$, siendo los más efectivos. Mientras que el AE de molle, tuvo una eficacia moderada con una media de $5,25 \pm 0,82$. Por último, el AE de cola de caballo, tuvo la menor eficacia con una media de $2,43 \pm 0,58$.

4. Discusión

Los aceites esenciales (AE) evaluados presentan una reducción notable en la supervivencia y reproducción de los pulgones en comparación con el grupo de control. Esta reducción sugiere que los aceites esenciales pueden servir como alternativas ecológicas a los pesticidas sintéticos, contribuyendo a la protección ambiental. *Eucalyptus globulus* demostró una alta eficacia, alcanzando su máximo desempeño a los 60 minutos con dosis de 3 μl y 5 μl . Estos resultados coinciden con los encontrados por Coronel (2019), quien observó una alta eficiencia del aceite esencial de eucalipto en el control de plagas, con un notable incremento en la mortalidad de pulgones a partir de concentraciones adecuadas. La caracterización sensorial del aceite, con su aroma picante y color verde claro, también apoyó su eficacia como insecticida.

Por otro lado, el aceite de *Origanum vulgare* mostró una mortalidad de hasta el 48,8 % a una concentración del 6,4 % (m/v), lo cual supera al grupo de control con una mortalidad del 26,6 % (Balón, 2019). Los resultados indican que el orégano tiene un impacto significativo en la mortalidad de pulgones, con diferencias notables en comparación con el control. Además, tanto el aceite de orégano como el de eucalipto resultaron ser efectivos, sin diferencias significativas en su eficacia comparativa. En esa línea, el aceite de *Schinus molle*, aunque mostró un aumento en la mortalidad de pulgones con dosis mayores, presentó una mayor efectividad a largo plazo, corroborando el estudio de Cortez (2018). Aunque el aceite de molle mostró eficacia en dosis más altas, los análisis de ANOVA revelaron que su efectividad se incrementa con el tiempo, alineándose con los resultados de estudios previos que indican que la eficacia de los aceites esenciales aumenta con la duración de la exposición.

En contraste, el aceite de *Equisetum arvense* mostró una eficacia limitada en comparación con los otros aceites. A pesar de su utilidad como fungicida en otros contextos (Santana, 2014), el aceite de cola de caballo no alcanzó la misma efectividad en el control de pulgones, según el análisis de DBCA. Finalmente, la comparación de la efectividad de los aceites mostró que el eucalipto y el orégano son los más efectivos, sin diferencias significativas entre ellos en términos de mortalidad de *Aphis craccivora*. Esto se confirma con el análisis de varianza y las pruebas de rangos múltiples. Además, el estudio de Quispe & Palomino (2022) señala que el eucalipto alcanza una alta efectividad a las concentraciones estudiadas, mientras que Arango et al. (2013) destacan que la actividad insecticida del aceite se manifiesta claramente a concentraciones mayores.

5. Conclusiones

El uso de aceites esenciales (AE) para el control de *Aphis craccivora* en cultivos de alfalfa reflejan tanto la eficacia como las limitaciones de cada tratamiento evaluado. En primer lugar, los AE de *Eucalyptus globulus* y *Origanum vulgare* fueron significativamente más efectivos en la mortalidad de los pulgones en comparación con otros aceites estudiados. Ambos aceites lograron altos niveles de control, alcanzando hasta un 100 % de mortalidad en dosis de 3 y 5 μ l después de 60 minutos de exposición. Esto sugiere que estos aceites esenciales podrían ser opciones viables para el manejo de plagas, proporcionando una alternativa ecológica a los pesticidas sintéticos tradicionales.

En segundo lugar, el AE de *Schinus molle*, aunque mostró una mejoría en su eficacia a medida que aumentaba la dosis y el tiempo de exposición, no alcanzó el mismo nivel de control que el eucalipto y el orégano. La eficacia del aceite de molle fue moderada en comparación con los otros aceites, indicando que, aunque tiene potencial, puede no ser tan eficiente para un control rápido y total de *Aphis craccivora* en condiciones normales de cultivo. Esto sugiere que su uso podría ser más adecuado en combinación con otros métodos de control o en aplicaciones de larga duración.

Por último, el aceite esencial de *Equisetum arvense* presentó la menor efectividad. A pesar de su uso en otras aplicaciones como fungicida, su rendimiento en esta evaluación fue limitado, lo que plantea dudas sobre su viabilidad como insecticida para el control de *Aphis craccivora*. La falta de eficacia en comparación con los aceites de eucalipto y orégano refuerza la necesidad de explorar otras alternativas o combinaciones de aceites esenciales para mejorar el control de plagas en cultivos de alfalfa.

6. Referencias Bibliográficas

- Alotaibi, S. S., Darwish, H., Alzahrani, A. K., Alharthi, S., Alghamdi, A. S., Al-Barty, A. M., Helal, M., Maghrabi, A., Baazeem, A., Alamari, H. A., & Noureldeen, A. (2022). Environment-Friendly Control Potential of Two Citrus Essential Oils against *Aphis punicae* and *Aphis illinoisensis* (Hemiptera: Aphididae). *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 12(9), 2040. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092040>
- Balón, J. D. (2019). *Evaluación de insecticidas botánicos, alternativa de control para el mosquito aedes aegypti (diptera: culicidae) en laboratorio* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/3299>
- Belhoussaine, O., El Kourchi, C., Harhar, H., Bouyahya, A., El Yadini, A., Fozia, F., Alotaibi, A., Ullah, R., & Tabyaoui, M. (2022). Chemical composition, antioxidant, insecticidal activity, and comparative analysis of essential oils of leaves and fruits of *Schinus molle* and *Schinus terebinthifolius*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2022, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2022/4288890>
- Ben-Issa, R., Gomez, L., & Gautier, H. (2017). Companion plants for aphid pest management. *Insects*, 8(4), 112. <https://doi.org/10.3390/insects8040112>
- Butnariu, M., & Sarac, I. (2018). Essential oils from plants. *Journal of biotechnology and biomedical science*, 1(4), 35–43. <https://doi.org/10.14302/issn.2576-6694.jbbs-18-2489>
- Coronel, L. (2019). *Actividad bioinsecticida de los aceites esenciales de la huacataya (Tagetes minuta L.), eucalipto (Eucalyptus globulus L.) y romero (Rosmarinus officinalis L.), sobre el pulgón (Myzus persicae) en ambiente controlado*. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/23809>
- Cortez, E. M. (2018). *Evaluación de la actividad insecticida del aceite esencial de molle (Schinus molle L.) fase de campo, frente al gusano blanco (Premnotrypes vorax Hustache) de la papa en la variedad santa rosa* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27287>
- Czerniewicz, P., Sytykiewicz, H., & Chrzanowski, G. (2024). The effect of essential oils from Asteraceae plants on behavior and selected physiological parameters of the bird cherry-oat aphid. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 29(7), 1673. <https://doi.org/10.3390/molecules29071673>
- Demeter, S., Lebbe, O., Hecq, F., Nicolis, S. C., Kenne Kemene, T., Martin, H., Fauconnier, M.-L., & Hance, T. (2021). Insecticidal activity of 25 essential oils on the stored product pest, *Sitophilus granarius*. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(2), 200. <https://doi.org/10.3390/foods10020200>
- Devrnja, N., Milutinović, M., & Savić, J. (2022). When scent becomes a weapon—plant essential oils as potent bioinsecticides. *Sustainability*, 14(11), 6847. <https://doi.org/10.3390/su14116847>
- Gavahian, M., & Chu, Y.-H. (2018). Ohmic accelerated steam distillation of essential oil from lavender in comparison with conventional steam distillation. *Innovative Food Science &*

- Emerging Technologies: IFSET: The Official Scientific Journal of the European Federation of Food Science and Technology*, 50, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.006>
- Henderson, C. F., & Tilton, E. W. (1955). Tests with acaricides against the brown wheat Mite. *Journal of Economic Entomology*, 48(2), 157–161. <https://doi.org/10.1093/jee/48.2.157>
- Hussein, H. S., Tawfeek, M. E., & Abdelgaleil, S. A. M. (2021). Chemical composition, aphicidal and antiacetylcholinesterase activities of essential oils against *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(2), 259–265. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.02.001>
- Khaled-Gasmi, W., Hamouda, A. B., Chaieb, I., Souissi, R., Ascrizzi, R., Flamini, G., & Boukhris-Bouhachem, S. (2021). Natural repellents based on three botanical species essential oils as an eco-friendly approach against aphids. *Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Plantkunde [South African Journal of Botany]*, 141, 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.001>
- Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E., Vazquez-Olivo, G., & Heredia, J. (2017). Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(6), 989. <https://doi.org/10.3390/molecules22060989>
- Mossa, A.-T. H. (2016). Green pesticides: Essential oils as biopesticides in insect-pest management. *Journal of environmental science and technology*, 9(5), 354–378. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.354.378>
- Murillo-Arango, W., Araque, M.P., Henao, M.B., y Peláez, J. C. A. (2013). Actividad insecticida de una emulsión aceite/agua del aceite esencial de *Eucalyptus tereticornis*. *Rev cubana Plant Med*, 18(1), 109-117. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=41045>
- Plata-Rueda, A., Santos, M. H. D., Serrão, J. E., & Martínez, L. C. (2022). Chemical Composition and Insecticidal Properties of *Origanum vulgare* (Lamiaceae) Essential Oil against the Stored Product Beetle, *Sitophilus granarius*. *Agronomy (Basel, Switzerland)*, 12(9), 2204. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092204>
- Polatoğlu, K., Karakoç, Ö. C., Yücel Yücel, Y., Gücel, S., Demirci, B., Başer, K. H. C., & Demirci, F. (2016). Insecticidal activity of edible *Crithmum maritimum* L. essential oil against Coleopteran and Lepidopteran insects. *Industrial Crops and Products*, 89, 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.032>
- Quispe, G., & Palomino, G. (2022). Efecto insecticida del aceite esencial de eucalipto y altamisa contra el kcona kcona del cultivo de la quinua. *Revista Ciencia Agraria*, 1(2), 17–28. <https://doi.org/10.35622/j.rca.2022.02.002>
- Ruiz, J. R., & Salazar, 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*, 87(3). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i3.350>
- Santana, R. C. (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)* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7557>
- Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M., Ademiluyi, A., Sharifi-Rad, R., Ayatollahi, S., & Iriti, M. (2017). Biological activities of essential oils: From plant chemoeology to traditional healing systems. *Molecules* (Basel, Switzerland), 22(1), 70. <https://doi.org/10.3390/molecules22010070>
- Souiy, Z. (2024). Essential oil extraction process. En J. Viskelis & A. Surguchov (Eds.). *Essential Oils - Recent Advances, New Perspectives and Applications. Biochemistry*. IntechOpen. [10.5772/intechopen.113311](https://doi.org/10.5772/intechopen.113311)
- Ureta, C., Espinosa, A. E., y Ureta, E. (2014). El control de plagas agrícolas: pasado, presente y futuro. *Ciencia*, 67(4), 78-87. <https://goo.su/GLfhaw>
- Villaverde, J. J., Sevilla-Morán, B., Sandín-España, P., López-Goti, C., & Alonso-Prados, J. L. (2014). Biopesticides in the framework of the European pesticide regulation (EC) no. 1107/2009: Biopesticides within the European pesticide regulation (EC) no. 1107/2009. *Pest Management Science*, 70(1), 2–5. <https://doi.org/10.1002/ps.3663>
- Zumoffen, L., Salto, C., & Salvo, A. (2012). Preliminary study on parasitism of aphids (Hemiptera: Aphididae) in relation to characteristics of alfalfa fields (*Medicago sativa* L.) in the Argentine Pampas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.019>