



## Efecto repelente de aceites esenciales sobre el ácaro *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)\*

### Repellent effect of essential oils on the mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

Manuel Quirós-Monge<sup>1</sup>, Iván León-González<sup>2</sup>, Pamela Murillo-Rojas<sup>1</sup>

\* Recepción: 28 de marzo, 2025. Aceptación: 20 de junio, 2025. Este trabajo formó parte del curso AF0135-Pasantía de Estudio IV de la carrera de Agronomía del primer autor, Universidad de Costa Rica, sede Rodrigo Facio.

<sup>1</sup> Universidad de Costa Rica, Escuela de Agronomía, Centro de Investigación en Protección de Cultivos, Laboratorio de Acarología. San José, Costa Rica. [manuel.quirosmonge@ucr.ac.cr](mailto:manuel.quirosmonge@ucr.ac.cr) (<https://orcid.org/0009-0001-6576-1551>), [pamela.murillorojas@ucr.ac.cr](mailto:pamela.murillorojas@ucr.ac.cr) (autora para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-7823-7302>).

<sup>2</sup> Universidad de Costa Rica, Escuela de Agronomía, Centro de Investigación en Protección de Cultivos, Estadística aplicada a la fitoprotección. San José, Costa Rica. [Ivan.leon@ucr.ac.cr](mailto:Ivan.leon@ucr.ac.cr) (<https://orcid.org/0009-0007-1322-0802>).

### Resumen

**Introducción.** Diversos extractos de plantas son empleados a nivel agrícola para disminuir el impacto en plagas artrópodas. Sin embargo, existen pocos trabajos que indiquen la acción tóxica o repelente de los aceites esenciales de canela, citronela y jengibre sobre poblaciones de ácaros fitófagos, como es el caso de *Tetranychus urticae*. **Objetivo.** Evaluar el efecto repelente de los aceites esenciales de grado comercial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) y el jengibre (*Zingiber officinale*), sobre una población del ácaro *Tetranychus urticae* en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum*) bajo condiciones *in vitro*. **Materiales y métodos.** La investigación se realizó en el Laboratorio de Acarología del Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos (CIPROC) de la Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca entre octubre y noviembre del año 2023. Se probaron cuatro concentraciones (1 %, 2 %, 3 % y 4 %) de cada aceite (canela, citronela y jengibre), a un volumen de 333  $\mu$ L por hoja, se cuantificó su efecto repelente por medio de un ensayo de pruebas de elección con el uso de puentes de papel. Las evaluaciones se realizaron 24 y 48 horas posterior a la aplicación. El diseño experimental fue un diseño aleatorio de bloques completos. El análisis de datos se realizó mediante un Modelo Lineal Generalizado. **Resultados.** Los tres aceites y sus respectivas concentraciones mostraron una acción repelente mayor al 60 % a excepción del aceite de citronela al 2 %. Una alta concentración no siempre correspondió con una mayor repelencia contra los ácaros, aunque esto varió de acuerdo con el aceite utilizado. **Conclusión.** Esta investigación expuso que tanto el aceite de canela como el de citronela y jengibre tienen propiedades repelentes contra *Tetranychus urticae*, lo que demuestra su potencial como alternativa para el manejo de esta plaga.

**Palabras clave:** MIP ácaros, arañitas rojas, metabolitos secundarios, fitoprotección.



## Abstract

**Introduction.** Various plant extracts are used in agriculture to reduce the impact on arthropod pests. However, there are few works that indicate the toxic or repellent action of essential oils of cinnamon, citronella and ginger on populations of phytophagous mites such as *Tetranychus urticae*. **Objective.** To evaluate the repellent effect of commercial grade essential oils of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*), citronella (*Cymbopogon winterianus*) and ginger (*Zingiber officinale*), on a population of the mite *Tetranychus urticae* on sweet chili plants (*Capsicum annuum*) under *in vitro* conditions. **Materials and methods.** The research was conducted in the Acarology Laboratory at the Crop Protection Research Center, School of Agronomy, University of Costa Rica, located in San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica, between October and November 2023. Four different concentrations (1%, 2%, 3%, and 4%) of each essential oil (cinnamon, citronella, and ginger) were tested at a volume of 333  $\mu$ L per leaf. The repellent activity was quantified through a restricted choice test using paper bridges. Evaluations were conducted 24 and 48 hours after application. The experimental design was a randomized complete block design, and data analysis was performed using a Generalized Linear Model. **Results.** The three oils and their respective concentrations showed repellent action greater than 60% except for citronella oil at 2%. A high concentration did not always show the greatest repellency against mites, although this changed according to the essential oil used. **Conclusion.** This research showed that cinnamon, citronella and ginger oils have repellent properties against *Tetranychus urticae*, and demonstrates its potential as an alternative for the management of this pest.

**Keywords:** IPM of mites, spider mites, secondary metabolites, plant protection.

## Introducción

*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) conocido popularmente como “ácaro de dos manchas” o “arañita roja”, es catalogado como la principal plaga acarina fitoparásita a nivel mundial. Debido a su corto ciclo de vida, aproximadamente 10 días; alta tasa de reproducción y ser altamente polífago, al afectar más de 1 500 especies de plantas, cuenta con la capacidad de disminuir entre el 60 - 80 % del rendimiento (López Marín, 2017; Martínez Huasanche et al., 2021; Mendoza León et al., 2019; Migeon et al., 2011; Santamaria et al., 2020). En Costa Rica, los ataques más severos se presentan en plantaciones ornamentales y de hortalizas durante la época seca, sin embargo, cada vez es más común encontrarlos durante la estación lluviosa.

Tradicionalmente los productores realizan el control de estos artrópodos mediante el empleo de acaricidas químicos sintéticos. No obstante, la eficacia de estas sustancias ha disminuido considerablemente como consecuencia de la poca disponibilidad de nuevas moléculas en el mercado (Servicio Fitosanitario del Estado, s.f.), el uso reiterado de los mismos modos de acción o ingredientes activos, y la inadecuada dosificación, lo que favorece la generación de resistencia en los ácaros (Adesanya et al., 2021; Chaves, 2018; Martínez Huasanche et al., 2021; Mendoza et al., 2018; Mota Sánchez & Wise, 2024; Villegas Elizalde et al., 2010; Xu et al., 2018). Al existir la necesidad para controlar esta plaga en los sistemas agrícolas, se hace imperante utilizar otras herramientas que sean eficientes dentro de un esquema de manejo integrado.

En la actualidad, el manejo de problemas fitosanitarios prioriza la disminución de plaguicidas químicos y busca alternativas que tengan un menor impacto ambiental, sean económicamente accesibles para los productores, y permitan cumplir con los estándares de inocuidad y calidad de los consumidores (Sharma et al., 2020). Una de estas opciones son los productos formulados a partir de tejidos vegetales, debido a que poseen diversos metabolitos secundarios (da Silva & Ricci-Júnior, 2020; Garay et al., 2020; Zhang et al., 2024). En la naturaleza estos

compuestos funcionan como repelentes al disuadir el ataque de herbívoros hacia las plantas y en algunas ocasiones pueden tener un efecto insecticida o acaricida (Choi et al., 2004; Herrera Gorocica, 2023; Isman, 2000).

Extractos de plantas como la canela, citronela y el jengibre son empleados para disminuir el impacto de estos ácaros fitófagos en los cultivos (An & Tak, 2022; Ata et al., 2023; da Camara et al., 2015; Li et al., 2019). Los aceites esenciales han sido utilizados gracias a su efecto tóxico sobre las poblaciones plaga de ácaros, baja residualidad en el ambiente, escaso efecto sobre organismos no objetivo como depredadores y nula toxicidad hacia mamíferos (Attia et al., 2011, 2013; Choi et al., 2004; Neira et al., 2004; Regnault-Roger et al., 2012; Sheasha et al., 2023; Zhang et al., 2024). Sin embargo, existen pocos trabajos que cuantifiquen el efecto tóxico o repelente de estos y otros aceites sobre los ácaros fitófagos.

Debido a las pocas moléculas químicas disponibles en Costa Rica para el combate de la araña roja, la escasa información con respecto a la efectividad de los aceites esenciales y la variación química que pueden presentar los extractos vegetales, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto repelente de los aceites esenciales de grado comercial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), citronela (*Cymbopogon winterianus*) y el jengibre (*Zingiber officinale*), sobre una población del ácaro *Tetranychus urticae* en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum*) bajo condiciones *in vitro*.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Acarología del Centro de Investigaciones en Protección de Cultivos (CIPROC) de la Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica, en San Pedro de Montes de Oca, en el periodo del 12 de octubre al 3 de noviembre del 2023. Los ácaros (*T. urticae*) utilizados en las pruebas de repelencia se establecieron en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum*), bajo condiciones de invernadero con una temperatura promedio de 27 °C ( $\pm 2$  °C) y una humedad relativa aproximada de 75 % ( $\pm 4$  %). Se evaluó el efecto repelente de los aceites esenciales comerciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), citronela (*Cymbopogon winterianus*), y jengibre (*Zingiber officinale*), destilados mediante la técnica de arrastre de vapor por la empresa doTERRA (doTERRA, 2022 a,b,c).

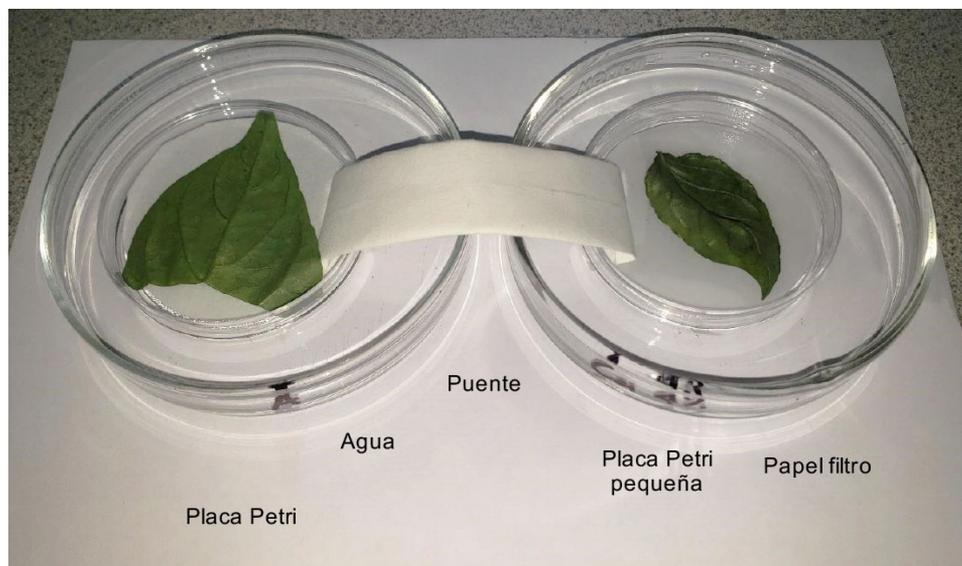
Cada aceite se probó en cuatro concentraciones diferentes (Cuadro 1); además de los aceites, se utilizó el producto comercial PAS-80 SL (ingredientes activos: fosfato dicolina, ácido metilacético, polioxitileno éter alcohol) como coadyuvante-emulsificante, y se completó el volumen 25 ml con agua destilada para su aplicación. Como control se utilizó agua destilada estéril. El efecto de repelencia de los aceites esenciales se evaluó por medio de un ensayo de pruebas de elección con el uso de puentes de papel (Tak & Isman, 2017). Las arenas consistieron en hojas de chile dulce sin ácaros, a las cuales se les aplicó 333  $\mu$ L de los tratamientos correspondientes (Cuadro 1) tanto por el haz como por el envés de las hojas utilizando un aerógrafo (Badger, modelo 150).

**Cuadro 1.** Principales componentes químicos de los aceites esenciales utilizados contra ácaros (*Tetranychus urticae*) en hojas de chile (*Capsicum annuum*) bajo condiciones *in vitro*. San José, Costa Rica 2023.

**Table 1.** Principal chemical compounds of essential oils against mites (*Tetranychus urticae*) on pepper leaves (*Capsicum annuum*) under *in vitro* conditions. San José, Costa Rica 2023.

Aceite esencial	Componentes químicos principales de los aceites
Canela	transcinamaldehído, acetato de cinamilo y eugenol
Citronela	citronelal y geraniol
Jengibre	$\alpha$ -zingibereno y $\beta$ -sesquifelandreno

Posteriormente, se colocaron las hojas en placas Petri de plástico (60 x 15 mm) que contenían papel filtro húmedo con agua destilada para evitar la deshidratación de las hojas. Estas placas Petri pequeñas fueron colocadas sobre otras más grandes (200 x 30 mm) y se les agregó agua para evitar que escaparan los ácaros. Luego se colocó un puente con papel filtro doblado y se pegó de manera que conectara las dos placas donde se encontraban las hojas (una con el aceite y la otra con agua); finalmente se colocaron 15 ácaros en el medio de cada puente (Figura 1).



**Figura 1.** Prueba de elección para medir la actividad repelente de los aceites esenciales hacia el ácaro *Tetranychus urticae*. San José, Costa Rica. 2023.

**Figure 1.** Restricted choice test to measure the repellent activity of essential oils against the mite *Tetranychus urticae*. San José, Costa Rica. 2023.

Se determinó la repelencia de los tratamientos, mediante la ecuación 1;

$$\text{Repelencia (\%)} = \left[ \frac{N_c}{N_c + N_t} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

Donde  $N_c$  es el número de ácaros en la hoja de control (con agua),  $N_t$  es el número de ácaros en la hoja tratada (You et al., 2015). El conteo de los ácaros se hizo a las 24 y 48 horas después de la aplicación de cada tratamiento, se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento. El diseño experimental fue un diseño aleatorio de bloques completos. El análisis de datos se realizó mediante un Modelo Lineal Generalizado (GLM). Para encontrar el modelo de mejor ajuste a los datos, se hizo un modelado paso a paso con una selección de variables hacia atrás basado en el modelo saturado (ecuación 2) con una prueba de razón de verosimilitud, luego de esto se obtuvo el modelo que mejor ajustó los datos (ecuación 3).

$$\log \left[ \frac{P(N_c)}{1 - P(N_c)} \right]_{ijkm} = \text{Bloque}_j + \text{Aceite}_k + \text{Concentración}_l + \text{HDA}_m + \text{Aceite:Concentración} + \text{Concentración:HDA}_{l:m} + \text{Aceite:HDA}_{k:m} + \text{Aceite:Concentración:HDA}_{k-l:m} + \epsilon_{ikm} \quad (2)$$

$$\log \left[ \frac{P(N_c)}{1 - P(N_c)} \right]_{ijkm} \tag{3}$$

$$= \text{Bloque}_j + \text{Aceite}_k + \text{Concentración}_l + \text{Aceite:Concentración}_{k:l} + \epsilon_{ijkm}$$

Donde el  $\log \left[ \frac{P(N_c)}{1 - P(N_c)} \right]_{ijkm}$  logaritmo de la propensión de repelencia ( $P(N_c) = \text{Repelencia } (\%)/100$ ) de los aceites sobre los ácaros para la repetición  $i$  –ésima del bloque  $j$  –ésimo con el aceite  $k$  –ésimo a las  $m$  horas después de la aplicación (HDA) y el error aleatorio  $ijkm$  –ésimo.

Posteriormente, para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos, se utilizaron razones del logaritmo de las propensiones (Log *odds ratio* por su nombre en inglés), los resultados se presentaron en porcentajes. Se utilizó una confianza del 95 % en todas las pruebas estadísticas. Para el análisis de datos se empleó el lenguaje de programación R (R Core Team, 2023), bajo el entorno de desarrollo integrado R Studio (v2024.9.0.375; Posit Team, 2024).

## Resultados

Se verificó la presencia del efecto de interacción entre los factores concentración y el aceite (concentración:aceite  $P < 0,05$ ). Debido a esto, se decidió fijar los niveles del factor aceite y comparar las dosis para cada uno por separado. De acuerdo con los resultados obtenidos los aceites repelen de igual manera ya que el factor aceite no fue significativo ( $P > 0,05$ ) (Cuadro 2).

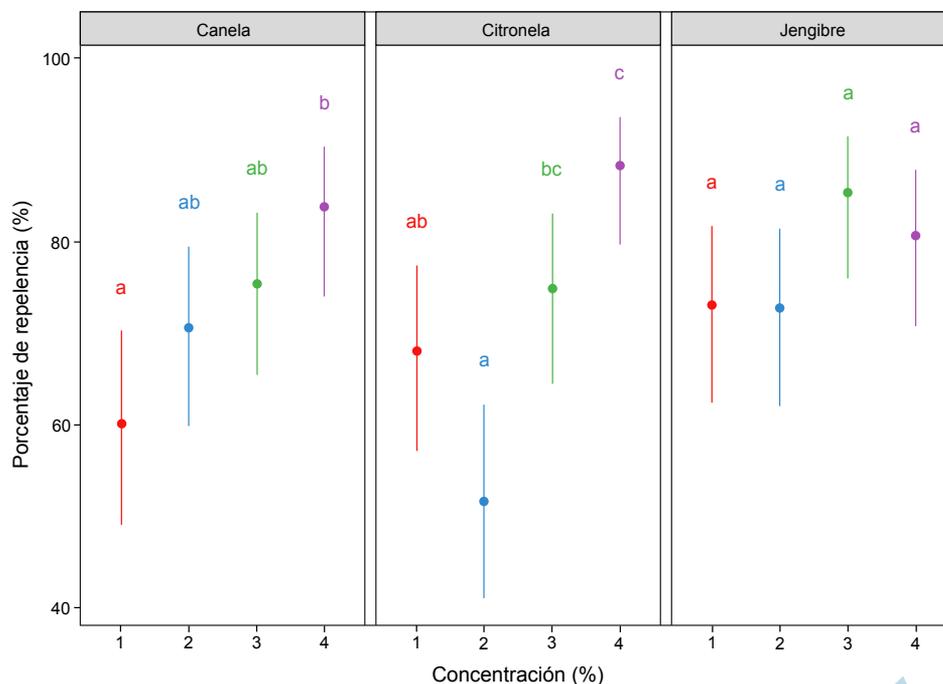
**Cuadro 2.** Análisis de varianza para el modelo de regresión del logaritmo de la repelencia del ácaro (*Tetranychus urticae*) en hojas de chile (*Capsicum annuum*) según tratamientos con aceites esenciales. San José, Costa Rica 2023.

**Table 2.** Deviance analysis of the regression model for the logarithm of repellency (equation 3) by treatments with essential oils against mites (*Tetranychus urticae*) on pepper leaves (*Capsicum annuum*) under *in vitro* conditions. San José, Costa Rica 2023.

Fuente de variación	GL	Devianza	GL Residuales	Devianza Residual	Pr(>Chi)
NULL			95	201,05	
Concentración	3	33,174	92	167,87	0,000
Aceite	2	4,808	90	163,06	0,090
Bloque	3	12,235	87	150,83	0,006
Concentración:Aceite	6	13,047	81	137,78	0,042

GL = grados de libertad/ GL = freedom dregrees.

El efecto de las concentraciones fue diferente para los aceites esenciales de canela y citronela, mientras el jengibre obtuvo el mismo porcentaje de repelencia para las 4 concentraciones probadas (Figura 2). En el caso del aceite de canela, se cuantificó un efecto de repelencia superior al 60 % para todas las concentraciones, se encontró una diferencia significativa entre las concentraciones de 1 % y 4 %, donde el aceite de canela al 4 % fue un 29 % más eficiente que la concentración al 1 % ( $p < 0,05$ ).



**Figura 2.** Porcentaje de repelencia (%) contra adultos de *Tetranychus urticae* según la concentración de los aceites esenciales de canela, citronela y jengibre. Valores con la misma letra no presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Barras de error representan el intervalo de confianza al 95 % ( $n = 4$ ).

**Figure 2.** Repellency percentage (%) against adults of *Tetranychus urticae* according to the concentration of cinnamon, citronella, and ginger essential oils. Values with the same letter do not present significant differences ( $p < 0.05$ ). Error bars represent the 95 % confidence interval ( $n = 4$ ).

Con respecto al aceite de citronela, el efecto de repelencia fue superior al 65 % en todas las concentraciones, excepto para la del 2 %. También, se observaron diferencias significativas entre las concentraciones de 1 % y 2 % con respecto a la de 4 %; y entre la de 2 % respecto a la de 3 %. En el caso del aceite de jengibre, se obtuvo una repelencia superior al 70 % en todas las concentraciones y a diferencia de los otros dos aceites, no se presentaron diferencias significativas entre las concentraciones utilizadas (Figura 2).

## Discusión

Los componentes químicos presentes en los aceites esenciales de canela, citronela y jengibre aplicados durante esta investigación mostraron una alta eficacia contra ácaros del género *Tetranychus*. Así se comprobó al producir una repelencia superior al 60 % en todas las concentraciones usadas, con excepción de citronela al 2 % (Figura 2). Se evidenció el alto potencial que tienen estos aceites incluso a bajas concentraciones para alejar del cultivo a las arañas rojas (Isman, 2000); con la ventaja de que pueden mantener su efecto inclusive varios días después de ser aplicados en las plantas (Attia et al., 2011), por lo que se podrían complementar junto a otras estrategias de manejo bajo un esquema de MIP.

De estos tres aceites, el de canela ha sido el más utilizado contra ácaros de importancia veterinaria y agrícola, como *T. urticae* (An & Tak, 2022; Baker & Grant, 2017; Kuang, 2023; Li, 2019). Este aceite muestra ser eficiente

debido al efecto de los compuestos cinamaldehído, eugenol y sus propiedades antimicrobianas que le permiten repeler y matar ácaros (Kuang, 2023; Patel & Prajapati, 2023). Los aceites de jengibre cuyos compuestos principales son el  $\alpha$ -zingibereno y  $\beta$ -sesquifelandreno; y la citronela con citronelal y geraniol, se han empleado en menor medida en sistemas agrícolas contra estos artrópodos pese a mostrar un efecto de repelencia alto, aun aplicándolos a bajas concentraciones (Figura 2) (An & Tak, 2022; Choi et al., 2004).

Los resultados obtenidos en este trabajo expusieron que cualquiera de estos tres aceites podría ser aplicado a bajas concentraciones y contribuir a repeler las poblaciones de arañas rojas. Si bien durante esta investigación no se evaluó el efecto biocida de estos tres aceites, la repelencia observada sugiere un probable efecto tóxico contra la araña roja al ser aplicados en dosis más altas; sin embargo, esto debe ser evaluado posteriormente. Aunque estos aceites son comercializados como aromatizantes, las dosis utilizadas en este trabajo demostraron tener una alta repelencia contra ácaros (Figura 2). Aun así, su uso en una plantación agrícola comercial podría resultar económicamente inviable para los productores al tener que realizar aplicaciones en extensiones más amplias. Dado el conocimiento etnobotánico que existe de estas y otras plantas, se podría evaluar la posibilidad de extraer los compuestos de manera más artesanal para disminuir costos y hacer más accesible su uso.

Los plaguicidas botánicos derivados de esta manera son eficientes contra plagas como ácaros (Attia et al., 2013); sin embargo, se deben realizar ensayos para evaluar la dosis y el efecto en la mortalidad del organismo objetivo. La variabilidad en la composición química de las plantas es un factor clave en la eficacia de estos extractos. Se han encontrado diferencias incluso en plantas de la misma especie; por ejemplo, distintos cultivares de jengibre proporcionan aceites esenciales con calidades y composiciones químicas disímiles. Esto sugiere que la bioactividad del aceite cambia según el cultivar, tipo de manejo en campo y métodos de extracción empleados (AdeyeOluwa, 2023), por lo que es necesario desarrollar y estandarizar un protocolo de extracción adecuado (Kamal et al., 2023).

La combinación de varios métodos de combate incluyendo el uso de aceites esenciales como repelentes, podrían ser una estrategia para mantener bajas las poblaciones de arañas rojas, no obstante, estos aceites deben ser evaluados previamente para conocer su posible efecto fitotóxico en las plantas donde van a ser aplicados, así como valorar su efecto en las poblaciones de depredadores existentes en los sistemas agrícolas (Ata et al., 2023). Dada la baja disponibilidad de nuevas moléculas químicas en el mercado y la exigencia por parte de los consumidores de obtener productos más inocuos, con alta calidad agronómica y ambientalmente sostenibles, los aceites se perfilan como una herramienta viable para el manejo de este ácaro.

## Conclusiones

Esta investigación expuso que los aceites de canela, citronela y jengibre tienen propiedades repelentes contra el ácaro *Tetranychus urticae*, lo que demuestra su potencial como alternativa para el manejo de esta plaga.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Gustavo Díaz del Laboratorio de Fitopatología del CIPROC por los comentarios y sugerencias realizadas al documento.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

## Referencias

- Adesanya, A. W., Lavine, M. D., Moural, T. W., Lavine L. C., Zhu, F., & Walsh, D. B. (2021). Mechanisms and management of acaricide resistance for *Tetranychus urticae* in agroecosystems. *Journal of Pest Science*, 94, 639-663. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01342-x>
- AdeyeOluwa, T.E. (2023). Essential oil of ginger: Effect of cultivation and uses. In P. Kaushik, & R. S. Ahmad (Eds.), *Ginger – Cultivation and use*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106682>
- An, H., & Tak, J. H. (2022). Miticidal and repellent activity of thirty essential oils and their synergistic interaction with vanillin against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products*, 182, Article 114872. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114872>
- Ata, M. M. I., El Shahawy, G. Z., Fawzy, M. H., Abdel Baki, A. A. S., Al Quraishy, S., Hassan, A. O., & Abdel Tawab, H. (2023). Bioefficacy of essential oils emulsion and predatory mite, *Euseius scutalis* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) for the management of citrus brown mite, *Eutetranychus orientalis* (Klein) (Acari: Tetranychidae). *Journal of King Saud University-Science*, 35(2), Article 102471. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102471>
- Attia, S., Grissa, K. L., Maillieux, A. C., Lognay, G., Heuskin, S., Mayoufi, S., & Hance, T. (2011). Effective concentrations of garlic distillate (*Allium sativum*) for the control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *Journal of Applied Entomology*, 136(4), 302-312. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2011.01640.x>
- Attia, S., Grissa, K. L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T., & Maillieux, A. C. (2013). A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides: Biological approaches to control *Tetranychus urticae*. *Journal of Pest Science*, 86, 361-386. <https://doi.org/10.1007/s10340-013-0503-0>
- Baker B. P., & Grant J. A. (2017). *Cinnamon & Cinnamon Oil Profile*. Cornell University Library. <https://hdl.handle.net/1813/56117>
- Chaves, M. A. (2018). *Registro de nuevos agroquímicos: limitante para la productividad y la competitividad de la agricultura y la agroindustria azucarera costarricense*. LAICA-DIECA. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/jYeBZrcaeneOgdpwdMmOlfFNNVWZpCn>
- Choi, W. I., Lee, S. G., Park, H. M., & Ahn, Y. J. (2004). Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 553-558. <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.553>
- da Camara, C. A., Akhtar, Y., Isman, M. B., Seffrin, R. C., & Born, F. S. (2015). Repellent activity of essential oils from two species of Citrus against *Tetranychus urticae* in the laboratory and greenhouse. *Crop Protection*, 74, 110-115. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.04.014>
- da Silva, M. R. M., & Ricci-Júnior, E. (2020). An approach to natural insect repellent formulations: from basic research to technological development. *Acta Tropica*, 212, Article 105419. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105419>
- dōTERRA. (s.f.). *Aceite esencial de canela*. Recuperado el 24 de octubre, 2024. <https://www.doterra.com/US/es/p/cinnamon-bark-oil>
- dōTERRA. (s.f.). *Aceite esencial de citronella*. Recuperado el 24 de octubre, 2024. <https://www.doterra.com/US/es/p/citronella-oil>

- dōTERRA. (s.f.). *Aceite esencial de jengibre*. Recuperado el 24 de octubre, 2024. [https://www.doterra.com/MX/es\\_MX/p/ginger-oil](https://www.doterra.com/MX/es_MX/p/ginger-oil)
- Garay, J., Brennan, T., & Bon, D. (2020). Review of essential oils: a viable pest control alternative. *International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology*, 5(2), 13-22. <https://doi.org/10.11648/J.IJEE.20200502.11>
- Herrera Gorocica, Á. M., Sánchez Contreras, M.A., Hernández Núñez, E., Ballina Gómez, H. S., Latourniere Moreno, L., & Ruiz Sánchez, E. (2023). Aceites esenciales para el manejo de *Bemisia tabaci* y *Tetranychus urticae*. *Avances en investigación agropecuaria*, 27, 14-15. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.23.27.14>
- Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop protection*, 19(8-10), 603-608. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00079-X](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00079-X)
- Kuang, C., Cao, J., Zhou, Y., Zhang, H., Wang, Y., & Zhou, J. (2023). Tick acetylcholinesterases mediate the repellent effect of cinnamaldehyde, a primary compound found in cinnamon oil. *Ticks and Tick-borne Diseases*, 15(6), Article 102404. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2024.102404>
- Li, Hongli., Cui, Hongchun., Zheng, Xuxia., Yu, Jizhong., Mao, Yuxiao., Huang, Haitao. (2019). New application of cinnamon essential oil as agricultural acaricide.
- López Marín, L. M. (2017). *Manual técnico del cultivo del tomate (Solanum lycopersicum)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>
- Martínez Huasanche, F., Rodríguez Maciel, J. C., Santillán Galicia, M. T., Lagunes Tejeda, Á., Rodríguez Martínez, D., Toledo Hernandez, R., Guzmán Franco, A. & Silva Aguayo, G. (2021). Rapid bioassay for detection of acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Science*, 56(2), 246-255. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-56.2.246>
- Mendoza León, D., Dobronski Arcos, J., Vásquez Freytez, C., Frutos Pinto, V., & Paredes Carreño, S. (2019). Control de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con *Bacillus subtilis* en hojas de fresa (*Fragaria vesca*). *Agronomía Costarricense*, 43(1), 125-133. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i1.35676>.
- Migeon, A., Nouguié, E., & Dorkeld, F. (2011). Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. In M. Sabelis, & J. Bruin (Eds.), *Trends in acarology* (pp. 557-560). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5\\_96](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5_96)
- Mota Sánchez, D., & Wise J.B.C. (2024). *The Arthropod Pesticide Resistance Database*. Michigan State University. Recuperado el 24 de octubre, 2024. <http://www.pesticideresistance.org>
- Neira, C. M., Heinsohn P. P., Carrillo, L. R., Báez, M. A., & Fuentealba, A., J. (2004). Efecto de aceites esenciales de lavanda y laurel sobre el ácaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari:Varroidae). *Agricultura Técnica*, 64(3),238-244. <https://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072004000300003>
- Patel, M., & Prajapati, B. G. (2024). Cinnamon oil. An insight into pharmacological and pharmaceutical potential. In S. Singh, P Kumar Chaurasia, & S. Lata Bharati (Eds.), *Pharmacological aspects of essential oils. Current and future trends* (pp. 162-174). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003389774-12>
- Posit team (2024). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Posit Software. <http://www.posit.co/>
- R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

- Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology*, 57(1), 405-424. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>
- Santamaria, M. E., Arnaiz, A., Rosa-Diaz, I., González-Melendi, P., Romero-Hernandez, G., Ojeda-Martinez, D. A., Garcia, A., Contreras, E., Martinez, M., & Diaz, I. (2020). Plant defenses against *Tetranychus urticae*: mind the gaps. *Plants*, 9(4), Article 464. <https://doi.org/10.3390/plants9040464>
- Servicio Fitosanitario del Estado. (s.f.). *Sistema de Insumos y Fiscalización*. Recuperado mayo 30, 2025 de <https://app.sfe.go.cr/SFEInsumos/asp/Seguridad/Home.aspx>
- Sharma, A., Shukla, A., Attri, K., Kumar, M., Kumar, P., Suttee, A., Singh, G., Barnwal, R. P., & Singla, N. (2020). Global trends in pesticides: A looming threat and viable alternatives. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 201. Article 110812. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110812>
- Sheasha, A., Hosny, A. E., Keratum, A., Abdelrhman, H., Al-Harbi, N. A., Al-Qahtani, S. M., & Abdelaal, K. (2023). Efficacy of some plant essential oils against two spotted spider mite *Tetranychus urticae* under laboratory conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(4), 3291-3298. <https://doi.org/10.15244/pjoes/162615>
- Tak, J. H., & Isman, M. B. (2017). Acaricidal and repellent activity of plant essential oil-derived terpenes and the effect of binary mixtures against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Industrial Crops and Products*, 108, 786-792. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.003>
- Villegas Elizalde, S.E., Rodríguez Maciel, J.C., Anaya Rosales, S., Sánchez Arroyo, H., Hernández Morales, J., & Bujanos Muñoz R. (2010). Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia* 44, 75-81. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/777/777>
- Xu, D., He, Y., Zhang, Y., Xie, W., Wu, Q., & Wang, S. (2018). Status of pesticide resistance and associated mutations in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, in China. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 150, 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.07.008>
- You, C. X., Zhang, W. J., Guo, S. S., Wang, C. F., Yang, K., Liang, J. Y., Wang, Y., Geng, Z. F., Du, S. S., & Deng, Z. W. (2015). Chemical composition of essential oils extracted from six *Murraya* species and their repellent activity against *Tribolium castaneum*. *Industrial Crops and Products*, 76, 681-687. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.044>
- Zhang, L., Teng, Q., Guo, J., Zou, M., Xue, Q., Zhao, J., & Li, Y. (2024). Efficacy and underlying mechanisms of the essential oil derived from *Rosmarinus officinalis* against *Aleuroglyphus ovatus* (Acari: Acaridae). *International Journal of Acarology*, 50(3), 209-221. <https://doi.org/10.1080/01647954.2024.2311668>