

ACTIVIDAD ACARICIDA *IN VITRO* DEL ACEITE
ESENCIAL DE TOMILLO CONTRA *Dermanyssus gallinae*
(ACARI: DERMANYSSIDAE)



IN VITRO ACARICIDAL ACTIVITY OF THYME
ESSENTIAL OIL AGAINST *Dermanyssus gallinae* (ACARI:
DERMANYSSIDAE)

Torres Cabra, Eneida; Espinosa Suarez, Carlos Leonardo; Deaquiz
Oyola, Yuli Alexandra

Eneida Torres Cabra

etorres@jdc.edu.co

Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja-
Colombia, Colombia

Carlos Leonardo Espinosa Suarez

cespinosa@jdc.edu.co

Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja-
Colombia, Colombia

Yuli Alexandra Deaquiz Oyola

ydeaquiz@jdc.edu.co

Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja-
Colombia, Colombia

Revista de Investigación Agraria y Ambiental

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

ISSN: 2145-6097

ISSN-e: 2145-6453

Periodicidad: Semestral

vol. 14, núm. 1, 2023

riaa@unad.edu.co

Recepción: 20 Mayo 2022

Aprobación: 17 Agosto 2022

Publicación: 18 Diciembre 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/130/1303815007/>

DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.5822>

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/about>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

CÓMO CITAR: Torres, E., Espinosa, C. y Deaquiz, Y. (2023).
Actividad acaricida in vitro del aceite esencial de tomillo contra
Dermanyssus gallinae (Acari: Dermanyssidae). *Revista de
Investigación Agraria y Ambiental*, 14(1), 145 - 157. <https://doi.org/10.22490/21456453.5822>

Resumen: Contextualización: el ácaro rojo de las aves de corral [*Dermanyssus gallinae*] es un ectoparásito que afecta la salud, genera estrés en la población y disminuye la tasa de crecimiento de las gallinas ponedoras. Por ende, reduce la calidad de los huevos de dichas aves.

Vacío de conocimiento: el control de *D. gallinae* [en aves de corral] se hace con acaricidas de contacto sintético, hacia los cuales este parásito ha generado resistencia; la mencionada situación exige el desarrollo de estudios para encontrar alternativas novedosas y amigables con el medio ambiente para tratar la infestación de las aves. Como alternativa para esta problemática se han propuesto los aceites esenciales, los cuales tienen actividad acaricida dependiendo de la composición del aceite, la cual es afectada por factores genéticos y ambientales.

Propósito: el objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad acaricida del aceite esencial de *T. vulgaris* contra *D. gallinae* de aves ponedoras en Tinjacá (Boyacá – Colombia).

Metodología: los efectos acaricidas del aceite esencial de *T. vulgaris*, en concentraciones de 0.05, 0.1, 0.15, 0.20 y 0.25 mg / cm., se evaluaron a través de bioensayos por contacto en condiciones de laboratorio.

Resultados y conclusiones: Se obtuvo un 100 % de mortalidad de *D. gallinae* con el aceite esencial de *T. vulgaris* en concentraciones de 0.05 y 0.25 mg/cm., a los 35 minutos de contacto. La concentración letal media [CL₅₀] fue de 0,073 mg/cm² y el tiempo letal medio [TL₅₀] fue de 13 minutos. Lo anterior prueba que el aceite esencial de tomillo se puede considerar como una alternativa para el control del ácaro rojo en las aves de las explotaciones avícolas.

Palabras clave: acaricida, avicultura, biocontrol, ectoparásito, *Thymus vulgaris*.

Abstract: Contextualization: the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) is an ectoparasite that affects the health, generates stress in the population, and decreases the growth rate of laying hens. Therefore, lowers the quality of the eggs.

Knowledge gap: the control of *D. gallinae* is done with synthetic contact acaricides, but this parasite has generated resistance to

them. That situation requires the development of studies to find novel and environmentally friendly alternatives to heal the hens. That is why essential oils have been proposed as an alternative, considering they have acaricidal activity depending on the composition of the oil, which is affected by genetic and environmental factors.

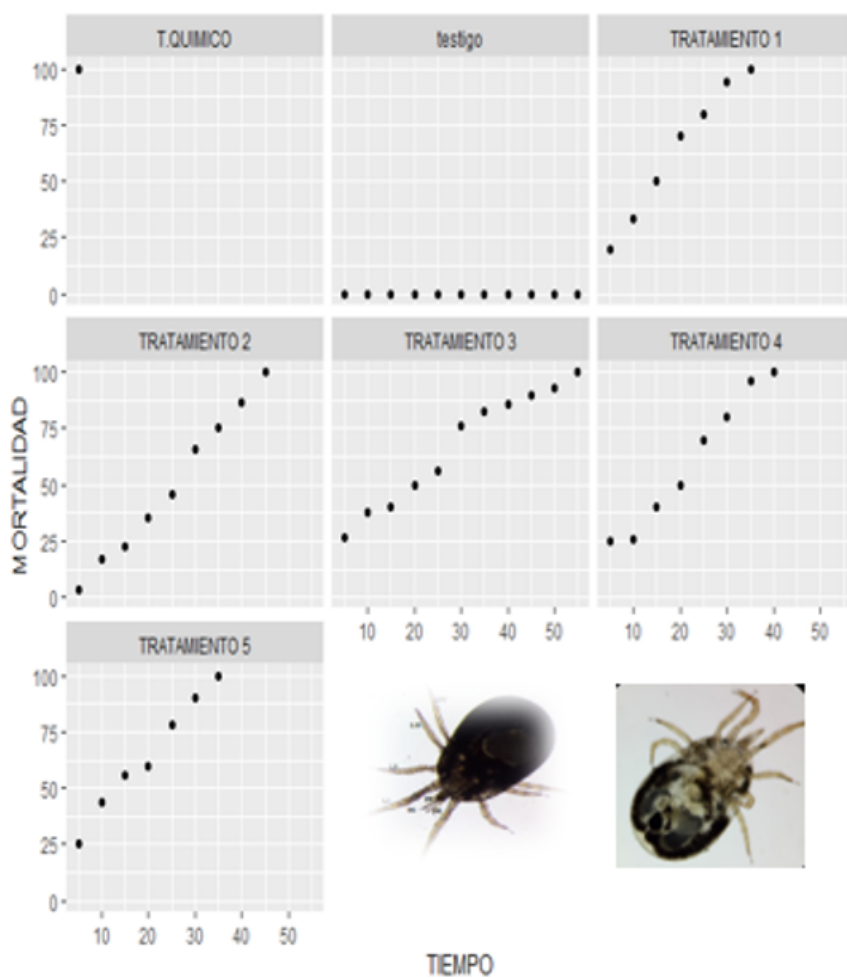
Purpose: the objective of this research was to evaluate the acaricidal activity of the essential oil of *T. vulgaris* against *D. gallinae* of egg laying birds in Tinjacá (Boyacá - Colombia).

Methodology: the essential oil of *T. vulgaris*, in concentrations of 0.05, 0.1, 0.15, 0.20 and 0.25 mg/cm., was evaluated through contact bioassays in laboratory conditions.

Results and conclusions: 100% mortality of *D. gallinae* was obtained with the essential oil of *T. vulgaris* in concentrations of 0.05 and 0.25 mg/cm², at 35 minutes of contact. The lethal concentration [LC₅₀] was 0.073 mg/cm² and the lethal time [LT₅₀] was 13 minutes. That proves that thyme essential oil can be an alternative for the control of the red mite in birds of poultry farms.

Keywords: acaricides, poultry, biocontrol, ectoparasite, *Thymus vulgaris*.

RESUMEN GRÁFICO



autores

1. INTRODUCCIÓN

El ácaro rojo de las aves de corral *D. gallinae* (Acari: *Dermatonyssidae*) es un ectoparásito hematófago que afecta las producciones avícolas y es de difícil control (Mul et al., 2020), considerándose una amenaza mundial para la producción de huevos, el bienestar animal e (Sparagano et al., 2020; Pavlovic, 2015) incluso la salud humana, pues la picadura puede inducir a dermatitis (Raele et al., 2018). Este ácaro afecta la salud de las aves ya que infestaciones muy intensas llegan a causar anemia, generando estrés y consiguiente deterioro del bienestar (Petersen et al., 2021). Además, *D. gallinae* es vector de patógenos bacterianos y virales (George et al., 2015), lo que influye en la disminución de la productividad avícola y en los cambios comportamentales de estos animales causados por la irritación en la piel, como picoteo de plumas y canibalismo, e incluso puede causar la muerte de las aves (Bartley et al., 2015). Así mismo, el estrés que causa el parásito disminuye la tasa de crecimiento de las aves ponedoras y la calidad de sus huevos (George et al., 2010).

D. gallinae se reproduce de forma muy rápida, su ciclo puede completarse en 7 o 14 días y por tanto se produce una gran población de estos en el lugar donde se encuentren (Abdel-Ghaffar et al., 2008, Pritchard et al., 2015). Debido a esto, el control de este parásito externo se realiza a través de acaricidas químicos, pero existen individuos que han desarrollado resistencia a organofosforados, piretroides, neonicotinoides

y carbamatos (Nechita et al., 2015; Sigognault et al., 2017). Además, estos productos sintéticos en varios países europeos han sido retirados por no cumplir con los requisitos para la seguridad de los consumidores y productores; por tanto, el control efectivo de *D. gallinae* sigue siendo una necesidad (Sigognault et al., 2017). Mientras, los aceites esenciales son considerados como productos pesticidas efectivos en aves, de mínimo riesgo según la Ley Federal de insecticidas, fungicidas y rodenticidas [FIFRA]; además, Sparagano et al. (2016) afirma que el uso de aceite esencial de tomillo no tiene efectos negativos sobre la producción de huevo. Sin embargo, los productos naturales a base de plantas aún no están disponibles para los avicultores.

A causa de lo anterior, se viene trabajando en la búsqueda de alternativas para el control de *D. gallinae* como los aceites esenciales, con el fin de que puedan extraerse de plantas que constituyan una materia prima de fácil acceso y generen un menor impacto ambiental (George et al., 2009). En investigaciones previas se ha evaluado el aceite esencial de tomillo [*T. vulgaris*], cuyo contenido principal es el timol, ya que esta sustancia tiene efectos acaricidas, específicamente sobre *D. gallinae*, (Kim et al., 2004, George, et al., 2009; Nichita et al., 2015) y, según Yáñez et al., (2014) ha resultado ser un excelente acaricida. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto acaricida del aceite esencial de tomillo [*T. vulgaris*] sobre el control del ácaro rojo [*D. gallinae*] en aves ponedoras de Tinjacá Boyacá [Colombia].

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ácaros y aceite esencial de tomillo

Los ácaros rojos de aves [*D. gallinae*] se recolectaron de gallinas ponedoras [*Gallus gallus*] en la finca la Lomita, ubicada en el municipio de Tinjacá, [5° 34' 51" N 73° 38' 46" O] a una altitud de 2149 m. s. n. m. en el departamento de Boyacá [Colombia]. Estos se llevaron al laboratorio de Sanidad Vegetal de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos, en el municipio de Tunja [Boyacá]. Los ácaros se colocaron en Cajas de Petri, selladas con Parafilm®, a una temperatura de 20 °C y a una humedad relativa de 40 %, con ciclos de 16 horas de luz y 8 oscuridad. Las pruebas se realizaron 2 días después de colectarse.

El aceite esencial de tomillo utilizado en este estudio se adquirió en la tienda de productos biovegetales Bioryz Biovegetal [Bogotá, Colombia] con una concentración del 100 %, según ficha técnica. Este dato fue corroborado por el análisis de espectrofotometría de masa realizado en el laboratorio de química analítica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (sede Tunja).

Bioensayos por contacto

Para evaluar la actividad acaricida del aceite esencial de *T. vulgaris* sobre especímenes adultos de *D. gallinae* se hicieron bioensayos de contacto, según lo establecido por Kim et al. (2004) y Tabari et al. (2020). Se evaluaron cinco concentraciones [T: tratamiento] así: T1:0,05; T2:0,1; T3:0,15; T4:0,20 y T5:0,25 mg/cm² de aceite esencial de *T. vulgaris* sobre papel filtro Whatman N.º 2 [4,25 cm de diámetro] diluido en 50 µl de etanol [testigo] al 70 %. El papel filtro se secó en una campana extractora durante 2 minutos y posteriormente se colocó en la parte inferior de una caja de Petri [4,8 cm de diámetro x 1,2 cm], se ubicaron 10 ácaros adultos en cada caja y un trozo de algodón [5 mm x 5 mm] impregnado con 100 µl de agua destilada. Las cajas de Petri fueron cubiertas y selladas con parafilm. Se usó un acaricida químico, con principio activo metrifonato [97 %], como el estándar para comparar la efectividad de los tratamientos.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con siete tratamientos, incluyendo el testigo y el control químico, cada uno con 5 repeticiones. La mortalidad del parásito se evaluó cada 5 minutos, durante una hora, para esto se usó un estereoscopio de la marca Advanced Optical. Para confirmar que los especímenes adultos sometidos al estudio murieron, se pincharon sus apéndices con un alfiler fino; si no mostraban movimiento, se confirmaba la muerte.

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de mortalidad, el cual se determinó con la fórmula de Henderson & Tilton; se corrigieron los datos a partir del arco seno, con los valores de la raíz cuadrada, y el

porcentaje de mortalidad se clasificó de acuerdo con lo señalado por Kim et al. (2007). La concentración letal media (CL_{50}) se calculó utilizando el programa Probit, a través del estadístico BioStat (2009), y el tiempo letal medio (TL_{50}) se halló con la pendiente de la recta que contuviera el valor de 50 % de mortalidad. Finalmente, se reemplazaron los valores X y Y en la ecuación ($Y=A+BX$).

Los datos se tabularon y se realizaron pruebas de supuestos de normalidad [prueba de Shapiro-Wilk] y de homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett); para determinar diferencias estadísticas significativas, entre tratamientos, se realizó el análisis de varianza ANOVA de una sola vía o factor y, posteriormente, la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de 0,05 [usando el programa estadístico R versión 4.0.4].

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad acaricida del aceite esencial *Thymus vulgaris*

Después de la aplicación del aceite esencial de *T. vulgaris* en las cinco concentraciones [0,05; 0,1; 0,15; 0,20 y 0,25 mg/cm²] sobre los ácaros rojos de las aves, se evidenció mortalidad de individuos y antes de la hora se había alcanzado el 100 % de mortalidad (Figura 2). Las concentraciones de 0,05 y 0,25 mg/cm² generaron el 100 % de mortalidad en los ácaros a los 35 minutos de su aplicación; mientras que la concentración de 0,15 mg/cm² causó la muerte del 100 % de los individuos hasta los 55 minutos. Se observó que aumento el porcentaje de mortalidad de los ácaros con el paso del tiempo. La actividad acaricida del aceite esencial de *T. vulgaris* contra *D. gallinae* es fuerte [$>80\%$], puesto que en los cinco tratamientos [0,05; 0,1; 0,15; 0,20 y 0,25 mg/cm²] la mortalidad fue del 100 % [Figura 1]; de igual manera, Kim et al. (2004) observaron una mortalidad superior del 90 % de *D. gallinae* con aceite esencial de *T. vulgaris* a una concentración de 0,07 mg/cm².

Adicionalmente, los resultados de este estudio indican que el aceite esencial de tomillo puede ser útil al contacto con *D. gallinae*, dado que los primeros síntomas de los ácaros es dejar de moverse hasta presentar parálisis completa. La mortalidad de *D. gallinae* con el acaricida químico fue inmediata, ya que, una vez en contacto con este, a los 5 minutos el 100 % de los individuos murieron; con el aceite esencial de tomillo, en cambio, hasta una hora después se alcanzó el 100 % de mortalidad de especímenes. Además, según el análisis estadístico, existen diferencias estadísticas significativas entre el testigo químico, las concentraciones de aceite esencial de *T. vulgaris* y el testigo.

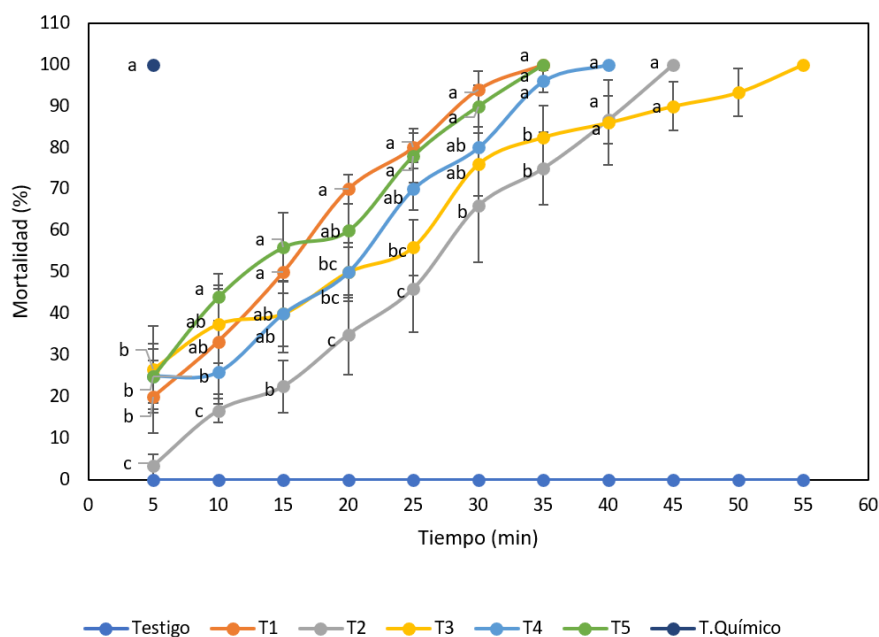


FIGURA 1.

Mortalidad de *D. gallinae* con aplicación de del aceite esencial de *T. vulgaris* [T1:0,05; T2:0,1; T3:0,15; T4:0,20 y T5:0,25 mg/cm²]. Letras iguales: no existen diferencias estadísticas significativas. Letras diferentes: existen diferencias estadísticas significativas, según la prueba de Tukey [P<0.05].
autores.

Cuando se analiza el tiempo en el que tuvo efecto el aceite esencial de *T. vulgaris*, autores como Nechita et al. (2015) afirman que, en la evaluación in vitro, el aceite esencial tomillo tuvo un porcentaje de efectividad del 84 %, 72 horas post aplicación a una dosis de 0,12 mg/cm². En la investigación de Ghrabi-Gammar et al. (2009) con aceite esencial de tomillo, sobre hembras adultas de *D. gallinae*, se observó que, a una concentración de 0.1 mg/cm² en placas de Petri a 22 °C, el aceite causó una mortalidad del 100 % de individuos, durante un período de 24 h. Igualmente, George et al. (2010) encontró que, a una concentración de 0,21 mg/cm², el aceite esencial de tomillo demostró ser altamente tóxico para *D. gallinae* a las 24 h de su aplicación. La investigación de Lee et al. (2019) reveló que el aceite esencial de tomillo tuvo efecto sobre hembras adultas de *D. gallinae*, a concentraciones de 127,4 µg / cm² y 12,7 µg / cm², logrando una actividad acaricida del 100 % a las 24 horas después de la aplicación.

Es de destacar que, en este estudio, los ácaros adultos de *D. gallinae* murieron después de 35 minutos de contacto con el aceite esencial de *T. vulgaris* a 0,25 mg/cm², la actividad acaricida fue del 100 % y el producto mató a *D. gallinae* de forma rápida, incluso si la toxicidad era baja; por tanto, se puede considerar eficiente. Adicionalmente, se observó que los efectos acaricidas, según las concentraciones de aceite esencial de *T. vulgaris*, presentaron diferencias estadísticas significativas, determinando que la mortalidad tiene una relación directa con el tiempo transcurrido en el ensayo experimental. Hubo mortalidad de la población de ácaros desde los 5 minutos de la aplicación del aceite, que osciló entre el 12 al 30 %, con la concentración de 0,25 mg/cm²; mientras que la mortalidad fue variable dentro de cada tratamiento a partir de los 15 minutos de la aplicación del aceite (Figura 1).

Antes de la primera hora se alcanzó el 100 % de mortalidad de *D. gallinae*, lo que concuerda con Torres-Cabra y Lagos-López (2019) quienes hallaron resultados similares con el aceite esencial de cilantro (*Coriandrum sativum*), evaluado por contacto a concentraciones de 1, 2 y 3 mg/cm². Por otra parte, el aceite esencial de tomillo, a una CL50 de 0,073 mg/cm², generó una reducción del 50 % de la población de ácaros

adultos [en el acaricida comercial no se presenta la CL₅₀ porque los valores de mortalidad son del 100 % a partir de los 5 minutos]. Para la concentración más baja, que fue de 0,05 mg / cm², la mortalidad media se alcanzó a los 15 minutos; mientras que para la concentración de 0,25 mg / cm², el tiempo de efectividad fue de 13 minutos.

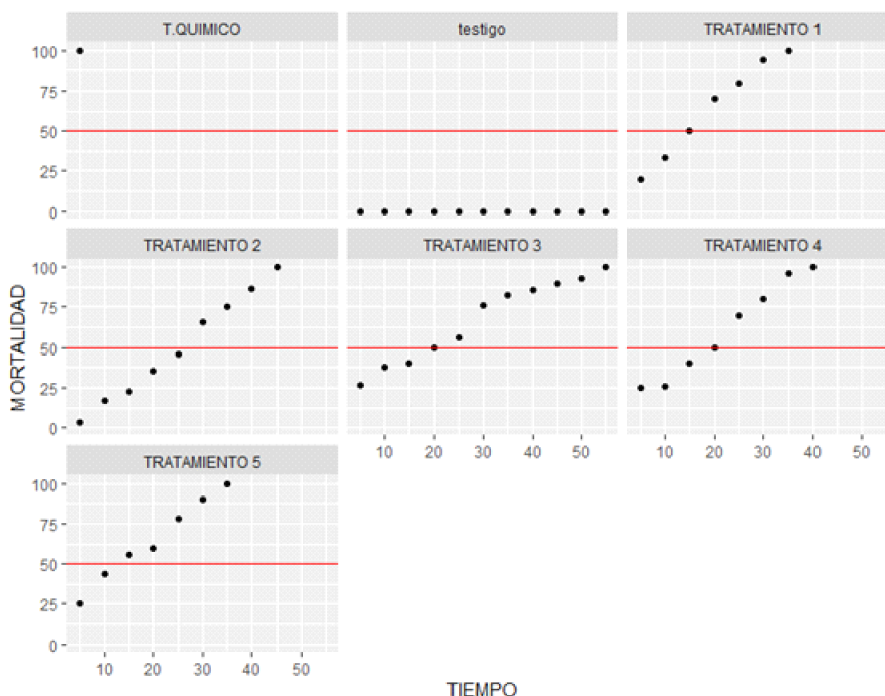


FIGURA 2. Mortalidad y tiempo letal [CL₅₀] del aceite esencial de *T. vulgaris* (T1:0,05; T2:0,1; T3:0,15; T4:0,20 y T5:0,25 mg/cm²) sobre *D. gallinae*. autores.

La CL₅₀ del aceite esencial de tomillo, en este estudio, fue de 0,073 mg/cm², muy similar a lo observado en el estudio de George et al. (2009) quienes, en una serie de experimentos para examinar el modo de acción y la toxicidad del aceite esencial de tomillo, demostraron que este es tóxico para *D. gallinae* con una CL₅₀ de 0,05 mg/cm²; lo cual prueba que la concentración de aceite esencial de *T. vulgaris* necesaria para alcanzar la mortalidad de *D. gallinae* es relativamente baja. Por otra parte, cuando se analiza el TL₅₀ de *D. gallinae*, al contacto con el aceite esencial de *T. vulgaris*, se obtuvo que en 13 minutos se produjo la mortalidad del 50 % de esta población con una concentración de *T. vulgaris* de 0,25 mg/cm², lo que puede llevar a considerar a este aceite como de baja persistencia medioambiental.

De forma similar a lo anterior, George et al. (2010) reportan que el 50 % de la mortalidad de *D. gallinae*, con una concentración de *T. vulgaris* de 0,21 mg/cm², se alcanzó después de 5 horas de exposición al aceite esencial de tomillo, concluyendo que este aceite mató a *D. gallinae* relativamente rápido y, por eso, se le consideró como un acaricida efectivo, aunque tóxico. Sin embargo, su toxicidad es sólo a corto plazo y cualquier toxicidad residual corta podría compensarse por su acción rápida y fumigante. En esta investigación, en particular, el método utilizado fue de bioensayos por contacto y no se observaron residuos. Por su parte, Kim et al. (2004) evaluó el aceite esencial de *T. vulgaris* por fumigación y encontró que era nulo su efecto sobre *D. gallinae*, lo que sugiere que el efecto de algunos aceites está relacionado, en gran medida, con la acción de la fase de vapor.

La actividad acaricida generada por el aceite esencial de tomillo se debe a su componente principal que es el timol. En ese sentido, Ghrabi-Gammar et al. (2009) argumentan que el efecto acaricida de *T. vulgaris* se debe

a la alta concentración de este compuesto presente en el aceite; igualmente, Floris et al. (2004) afirman que el timol podría representar una alternativa a acaricidas sintéticos en estrategias de control integrado a ácaros parásitos bajo condiciones ambientales. Sin embargo, los componentes de la planta pueden diferir debido a varios factores, como el método de extracción, el área de cultivo y el tiempo de cosecha, los cuales son factores que se deben considerar para su uso como plaguicida (Azuma et al., 2001; Kim et al., 2016). Pero, es claro que el aceite esencial de tomillo en general es rico en fenoles de monoterpeneo activos (timol y carvacrol), los cuales tienen actividad pesticida comprobada (Tohidi et al., 2017).

Finalmente, Smith et al. (2009) demostraron que el uso del aceite esencial derivado de la planta de tomillo no tiene efecto negativo sobre la producción de huevo, lo que posibilita aún más la alternativa de implementarlo como un método eficaz en el tratamiento contra *D. gallinae*; se suma a esto, los bajos costos para su obtención (Osanloo et al., 2017). De cualquier forma, se sugiere evaluar la efectividad pesticida del aceite esencial de tomillo en condiciones *in vivo*, ya que la actividad plaguicida de los aceites esenciales depende de su composición química.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con lo observado en este estudio, el aceite esencial de tomillo [*T. vulgaris*] presenta efecto acaricida sobre el ácaro rojo de las aves [*D. gallinae*] en condiciones de laboratorio y se encontró que la actividad acaricida es fuerte [100 %] con todas las concentraciones [0,05; 0,1; 0,15; 0,20 y 0,25 mg/cm²] del aceite, igualmente, que el tiempo en el que actúa el aceite sobre *D. gallinae* es muy corto [1 hora]; también se encontró que la CL₅₀ del aceite esencial de *T. vulgaris* sobre *D. gallinae* es de 0,73 mg/cm² y el TL₅₀ es de 13 minutos. El uso del aceite esencial de tomillo parece ser una alternativa confiable y económica para el control del ácaro rojo de las aves en las explotaciones avícolas, pues permite reducir la contaminación ambiental, mejorar las condiciones de bienestar animal y beneficiar a los productores agropecuarios al disminuir los costos asociados al control de este parásito.

LITERATURA CITADA

- Abdel-Ghaffar, F., Sobhy, H. M., Al-Quraishy, S. & Semmler, M. (2008). Field study on the efficacy of an extract of neem seed (Mite -Stop) against the red mite *Dermanyssus gallinae* naturally infecting poultry in Egypt. *Parasitology research*, 103(3), 481-485. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-0965-9>
- Azuma, H., Toyota, M. & Asakawa, Y. (2001). Intraspecific variation of floral scent chemistry in *Magnolia kobus* DC. (Magnoliaceae). *Journal of Plant Research*, 114(4), 411-422. <https://doi.org/10.1007/PL00014006>
- Bartley, K., Wright, H. W., Huntley, J. F., Manson, E. D., Inglis, N. F., McLean, K., Nath, M., Bartley, Y. & Nisbet, A. J. (2015). Identification and evaluation of vaccine candidate antigens from the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*). *International journal for parasitology*, 45(13), 819-830. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2015.07.004>
- Floris, I., Satta, A., Cabras, P., Garau, V. L. & Angioni, A. (2004). Comparison between two thymol formulations in the control of *Varroa destructor*: effectiveness, persistence, and residues. *Journal of economic entomology*, 97(2), 187-191. <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.187>
- George, D. R., Finn, R. D., Graham, K. M., Mul, M. F., Maurer, V., Moro, C. V. & Sparagano, O. A. (2015). Should the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* be of wider concern for veterinary and medical science? *Parasites & vectors*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0768-7>
- George, D. R., Olatunji, G., Guy, J. H. & Sparagano, O. A. E. (2010). Effect of plant essential oils as acaricides against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*, with special focus on exposure time. *Veterinary parasitology*, 169(1-2), 222-225. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.12.038>

- George, D. R. Smith, T. Shiel, R. S., Sparagano, O. A. E., Guy, J. H. (2009). Mode of action and variability in efficacy of plant essential oils showing toxicity against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology*, 161(3-4), 276–282. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.01.010>
- Ghrabi-Gammar, Z., George, D. R., Daoud-Bouattour, A., Jilani, I. B. H., Saad-Limam, S. B. & Sparagano, O. A. E. (2009). Screening of essential oils from wild-growing plants in Tunisia for their yield and toxicity to the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Industrial Crops and Products*, 30(3), 441-443. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.001>
- Kim, J. R., Perumalsamy, H., Lee, J. H., Ahn, Y. J., Lee, Y. S. & Lee, S. G. (2016). Acaricidal activity of *Asarum heterotropoides* root-derived compounds and hydrodistillate constituents toward *Dermanyssus gallinae* (Mesostigmata: Dermanyssidae). *Experimental and Applied Acarology*, 68(4), 485-495. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-0005-2>
- Kim, S. I., Na, Y. E., Yi, J. H., Kim, B. S. & Ahn, Y. J. (2007). Contact and fumigant toxicity of oriental medicinal plant extracts against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *Veterinary Parasitology*, 145(3-4), 377-382. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.12.021>
- Kim, S. I., Yi, J. H., Tak, J. H. & Ahn, Y. J. (2004). Acaricidal activity of plant essential oils against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *Veterinary parasitology*, 120(4), 297-304. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2003.12.016>
- Lee, S. J., Kim, H. K. & Kim, G. H. (2019). Toxicity and effects of essential oils and their components on *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *Experimental and Applied Acarology*, 78(1), 65-78. <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00363-7>
- Mul, M. F., Vugt, S. M., Goselink, Y. S. M. & Brand, H. (2020). Effects of heating laying hen houses between consecutive laying cycles on the survival of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109307>
- Nechita, I. S., Poirel, M. T., Cozma, V. & Zenner, L. (2015). The repellent and persistent toxic effects of essential oils against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology*, 214, 348–352. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.10.014>
- Osanloo, M., Amani, A., Sereshti, H., Shayeghi, M. & Sedaghat, M. M. (2017). Extraction and chemical composition essential oil of *Kelussia odoratissima* and comparison its larvicidal activity with Z-ligustilide (Major Constituent) against *Anopheles stephensi*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(4), 611-616.
- Pavlovic, I. (2015). *Dermanyssus gallinae* en la producción avícola. *Albéitar*, (177), 26-27.
- Petersen, I., Johannhörster, K., Pagot, E., Escribano, D., Schiesche, E., Temple, D. & Thomas, E. (2021). Assessment of fluralaner as a treatment in controlling *Dermanyssus gallinae* infestation on commercial layer farms and the potential for resulting benefits of improved bird welfare and productivity. *Parasites & Vectors*, 14(1), 1-10.
- Pritchard, J., Kuster, T., Sparagano, O. & Tomley, F. (2015). Understanding the biology and control of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*: a review. *Avian pathology*, 44(3), 143-153. <https://doi.org/10.1080/03079457.2015.1030589>
- Raele, D. A., Galante, D., Pugliese, N., La Salandra, G., Lomuto, M. & Cafiero, M. A. (2018). First report of *Coxiella burnetii* and *Borrelia burgdorferi* sensu lato in poultry red mites, *Dermanyssus gallinae* (Mesostigmata, Acari), related to urban outbreaks of dermatitis in Italy. *New microbes and new infections*, 23, 103-109. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2018.01.004>
- Sigognault, A., Thomas, E. & Sparagano, O. (2017). Poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*) infestation: a broad impact parasitological disease that still remains a significant challenge for the egg-laying industry in Europe. *Parasites & Vectors*, 10(1), 1-6. <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2292-4>
- Smith, T. J., George, D. R., Sparagano, O. A. E., Seal, C., Shiel, R. S. & Guy, J. H. (2009). A pilot study into the chemical and sensorial effect of thyme and pennyroyal essential oil on hens eggs. *International journal of food science & technology*, 44(9), 1836-1842. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02008.x>

- Sparagano, O. A. E., George, D. R., Finn, R. D., Giangaspero, A., Bartley, K. & Ho, J. (2020). *Dermanyssus gallinae* and chicken egg production: impact, management, and a predicted compatibility matrix for integrated approaches. *Experimental and Applied Acarology*, 82(4), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00558-3>
- Sparagano, O., Waap, H. y Lima, J. F. (2016). El impacto del ácaro rojo en la producción de huevos. *Albéitar*, 199, 26-27.
- Tabari, M. A., Rostami, A., Khodashenas, A., Maggi, F., Petrelli, R., Giordani, C., Tapondjou, L. A., Papa, F., Zuo, Y., Cianfaglione, K. & Youssefi, M. R. (2020). Acaricidal activity, mode of action, and persistent efficacy of selected essential oils on the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*). *Food and Chemical Toxicology*, 138, 111207. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111207>
- Tohidi, B., Rahimmalek, M. & Arzani, A. (2017). Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. *Food chemistry*, 220, 153-161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.203>
- Torres-Cabra, E. y Lagos-López, M. (2019). Evaluación del aceite esencial de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) sobre el ácaro rojo de aves *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778)(Acari: Dermanyssidae) bajo condiciones de laboratorio. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 53-60. https://doi.org/10.21930/rcta.vol20_num1_art:1249
- Yáñez, P., Escoba, A., Molina, C. y Zapata, G. (2014). Comparación de la actividad acaricida de los aceites esenciales de *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* y *Thymus vulgaris* contra *Tetranychus urticae*. *La Granja: revista de ciencias de la vida*, 19(1), 21-33.