



Eficacia del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) y ácido oxálico en el control de varroasis*

Efficacy of rue (*Ruta graveolens*) essential oil and oxalic acid in the control of varroasis

Patricio Núñez¹, Jennifer Lozada¹, Roberto Almeida¹, Carlos Vásquez¹, Ricardo Guerrero¹,
Paulina Amaluís Rendón²

* Recepción: 5 de febrero, 2025. Aceptación: 15 de mayo, 2025. Este trabajo formó parte de una tesis desarrollada por la segunda autora en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato.

¹ Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cevallos, Tungurahua, Ecuador. op.nunez@uta.edu.ec (autor para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0001-9593-5850>), jlozada5914@uta.edu.ec (<https://orcid.org/0009-0009-8678-7492>); ri.almeida@uta.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-4893-959X>); ca.vasquez@uta.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-8214-3632>); jr.guerrero@uta.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-4943-9917>).

² Universidad Indoamérica. Ambato, Tungurahua, Ecuador. paulinaamaluís@indoamerica.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0003-0454-4032>).

Resumen

Introducción. *Varroa destructor* es una de las principales causas de mortalidad en colonias de *Apis mellifera*, lo que exige constantes medidas de control. **Objetivo.** Evaluar la eficacia del uso de aceite de ruda y ácido oxálico en el control de *V. destructor* en abejas (*Apis mellifera*). **Materiales y métodos.** El estudio fue realizado en apiarios comerciales ubicados en dos localidades de la ciudad de Ambato, Tungurahua, Ecuador desde abril a mayo de 2023. Se aplicó ácido oxálico (5 y 10 g) por sublimación y aceite de ruda (10 y 15 %) en tiras impregnadas y se usó un tratamiento testigo (sin aplicaciones). Cada tratamiento se aplicó tres veces a intervalos de ocho días. Se evaluó la mortalidad del ácaro y la eficacia de los productos a las 96 h después de la aplicación. Se usó un diseño completamente aleatorizado. **Resultados.** La mayor tasa de mortalidad del ácaro se obtuvo con el uso de ácido oxálico, y esta incrementó con la dosis y el tiempo de exposición. Al final del período de evaluación, la aplicación de ácido oxálico (10 y 5 g) redujo la infestación por *Varroa* en un 92,3 y 84,9 %, respectivamente. Con el aceite esencial de ruda (10 y 15 %) alcanzó un control del 68,0 y 76,5 % de mortalidad, respectivamente. Concomitantemente, la eficiencia de control incrementó con el tiempo, mayormente en los tratamientos con ácido oxálico sublimado. **Conclusiones.** Debido a la efectividad del uso de ácido oxálico y aceite de ruda en el control de varroasis y su inocuidad en abejas, estos podrían ser una alternativa viable a ser incluida dentro de programa de manejo integrado de *V. destructor* en producciones apícolas.

Palabras clave: abejas, ácaro, aceites esenciales, efectividad, manejo sustentable.

Abstract

Introduction. *Varroa destructor* is one of the main causes of mortality in *Apis mellifera* colonies, thus requiring constant control measures are required. **Objective.** To evaluate the efficacy of using rue oil and oxalic acid to control



V. destructor in honeybees (*Apis mellifera*). **Material and methods.** The study was conducted in commercial honeybee hives located in two areas of the city of Ambato, Tungurahua, Ecuador, from April to May 2023. Oxalic acid (5 and 10 g) and rue oil (10 and 15 %) were applied by sublimation or impregnated strips, respectively, and a control treatment (without applications) was used. Three applications of each treatment were made at eight-day intervals, at 96 h after application. A completely randomized design was used. **Results.** The highest mite mortality was obtained increasing the oxalic acid with dosage and exposure time. Oxalic acid (5 and 10 g) reduced *Varroa* infestation by 92.3 and 84.9 %, while rue essential oil at 10 and 15 % caused 68.0 and 76.5 % of mortality, respectively. Concomitantly, control efficiency increased over time, being significantly higher in hives treated with sublimed oxalic acid. **Conclusion.** Due to the effectiveness of oxalic acid and rue essential oil in controlling varroosis, and their safety for bees, they may be an alternative to be included in an integrated management program for *V. destructor* in beekeeping.

Keywords: bees, mites, essential oils, effectiveness, sustainable management.

Introducción

Dentro de la familia Apidae, las especies de Apinae muestran una mayor adaptabilidad que les confiere una distribución cosmopolita, principalmente *Apis mellifera* L., que está ampliamente distribuida en Europa, Medio Oriente y África, en la que pueden reconocerse veintinueve subespecies con diferencias morfológicas y genéticas, las cuales se definen en ecotipos de clima tropical y templado (Masaquiza et al., 2020). La migración natural de *A. mellifera* ha permitido la selección de rasgos que aumentan su adaptabilidad en diferentes áreas geográficas, mientras que su domesticación ha facilitado la selección de rasgos que mejoran la productividad y la supervivencia bajo condiciones locales, lo que ha contribuido con la producción agrícola (Parker et al., 2010). Esto ha convertido a *A. mellifera* en uno de los agentes polinizadores más importante a nivel mundial (Caron & Connor, 2013).

En las últimas décadas, ha existido un creciente interés por investigar las causas de las pérdidas de colonias de abejas melíferas a nivel mundial por efecto de la pérdida del hábitat, los efectos de los plaguicidas y, principalmente, problemas de la salud ocasionados por patógenos y parásitos (Frazier et al., 2024). Existe una serie de agentes biológicos que pueden afectar la cría de abejas a nivel global, siendo una de ellas, el virus del ala deformada que es una enfermedad viral de gran importancia en abejas y que junto con el ácaro varroa (*Varroa destructor* Anderson y Trueman) son dos de las principales causas de mortalidad y destrucción de colonias en *Apis mellifera* (Doublet et al., 2024; Jobart et al., 2024).

El ácaro *V. destructor* este es un parásito obligado que completa su ciclo biológico sobre las fases inmaduras mientras se alimenta de los tejidos grasos, y reduce así su masa corporal e induce inmunosupresión, lo que facilita la propagación de virus, y puede reducir la esperanza de vida del insecto (Frazier et al., 2024; Jobart et al., 2024; Ramsey et al., 2019). Además, este ácaro ha sido señalado como uno de los principales desencadenantes del Trastorno de Colapso de Colonias (CCD, por sus siglas en inglés), un fenómeno caracterizado por la desaparición repentina de la mayoría de las abejas obreras adultas de una colmena (Morfin et al., 2023) con niveles variables sobre las pérdidas de las colmenas a nivel mundial. En Nueva Zelandia, los apicultores han reportado un aumento significativo en la tasa de pérdida de colonias, que pasó del 8,37 % al 13,59 % entre 2015 y 2021, el cual ha sido atribuido principalmente a la infestación por *V. destructor* (Stahlmann-Brown et al., 2022). Sin embargo, se han reportado pérdidas mayores en España (36 %), México (27,65 %), Eslovenia (28,9 %) y Estados Unidos (51 %) (Medina-Flores et al., 2021; Gray et al., 2023) (Bruckner et al., 2023).

Su control se ha basado tradicionalmente en el uso de métodos físicos y en la aplicación de productos químicos (amitraz, fluvalinato, aceite de lúpulo, ácido oxálico, ácido fórmico y timol), los cuales han mostrado ciertos niveles de control, sin embargo, su eficiencia es variable debido a que su uso continuo puede promover la aparición de

individuos resistentes a las moléculas químicas (Mitton et al., 2022). Además de la persistencia de residuos en los productos apícolas, lo que provoca importantes pérdidas económicas para el apicultor (Bubnič et al., 2024).

Ante las dificultades asociadas al uso de acaricidas químicos, algunas investigaciones han evaluado el uso de acaricidas botánicos, tales como los extractos etanólicos de *Ocimum basilicum*, *Vitex negundo*, *Cymbopogon citratus* ($CL_{50}=27,7\%$) y *Gliricidia sepium*, los cuales mostraron resultados prometedores para el control de *V. destructor* (Tabafunda et al., 2023). Así mismo, el aceite esencial de *Allium sativum* al 50 %, *Eucalyptus globulus* y *Calpurnia aurea* causaron 100 % de mortalidad en *V. destructor* después de 24 horas (Kebebe et al., 2022). Así mismo, se han logrado niveles de control de varroa entre 80 y 100 % con el uso de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) (Balcázar, 2016; Jumbo et al., 2019).

En Ecuador, la productividad apícola muestra variaciones entre 10,2 y 15,5 kg de miel por colmena al año, la cual está asociada con diferentes factores, incluyendo el ataque de ectoparásitos como la varroa (Masaquiza et al., 2023). Con base en estos resultados, el uso de bioplaguicidas pueden ser una opción para la aplicación en el combate de varroasis en poblaciones de *A. mellifera*. En tal sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del uso del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) y un ácido orgánico para el control de la varroa (*Varroa destructor*) en abejas (*A. mellifera*).

Materiales y métodos

El estudio fue llevado a cabo en apiarios comerciales ubicados en La Península (1°14'43.5"S, 78°36'31.4"W) y en Atahualpa (1°12'55.6" S, 78°35'48.8" O) y en Atahualpa, ambos ubicados en el cantón Ambato (1°12'55.6"S, 78°35'48.8" O), ambos en Tungurahua, Ecuador. La zona se localiza a una altura de 2580 m s. n. m., con temperaturas entre 10° 25° C, con un promedio anual de 15 °C y una precipitación promedio anual de 140 mm (red Meteorológica Tungurahua, 2025).

Se evaluó el efecto de dos concentraciones de ácido oxálico (5 y 10 g) y de aceite esencial de ruda (10 y 15 %) sobre el control de Varroa. En cada apiario se seleccionaron seis colmenas por tratamiento. Se consideró un grupo testigo, al cual no se hizo ningún tipo de aplicación.

El aceite esencial de ruda se obtuvo mediante destilación por arrastre con vapor, el cual permite separar sustancias volátiles (Benalcázar, 2015). Este equipo es utilizado principalmente para extraer aceites esenciales de plantas aromáticas, cuyo funcionamiento se basa en el uso de vapor de agua para separar los compuestos volátiles de la materia vegetal sin necesidad de alcanzar altas temperaturas que podrían dañarlos. El equipo consta de un generador de vapor, cámara de destilación, un condensador donde se enfría el vapor que sale de la cámara, convirtiéndolo nuevamente en líquido y un decantador o recipiente recolector que separa el aceite esencial de los hidrolatos (Diawati et al., 2017). Se colectaron plantas sanas de ruda de las cuales se seleccionaron hojas que no mostraban síntomas de daño por plagas y/o enfermedades. Se pesaron 500 y 750 g de hojas de ruda que fueron colocados dentro del equipo junto con 5 L de agua destilada para obtener concentraciones del 10 % y el 15 % de aceite, respectivamente.

Previo a las aplicaciones se evaluó el porcentaje de infestación por *V. destructor*, mediante la metodología de “lavado de abejas” (De Jong et al., 1982). Para ello, fueron colectadas 200 abejas y colocadas en un frasco con alcohol 70 %, se agitó durante 1 min y luego se filtró a través de dos mallas: una gruesa para separar a las abejas y otra fina para atrapar a los ácaros (Polo Corro et al., 2022). El porcentaje de infestación se calculó mediante la ecuación [1].

$$\text{Infestación (\%)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de ácaros}}{\text{N}^{\circ} \text{ de abejas}} \times 100 \quad [1]$$

El porcentaje de infestación se calculó dividiendo el número de varroas encontrados en las 200 abejas muestreadas y los tratamientos fueron aplicados cuando el porcentaje de infestación alcanzó valores superiores al 5 %, considerado el umbral económico para evitar el daño económico (Polo Corro et al., 2022; Whitehouse et al., 2025). Este procedimiento fue realizado 4 días antes de las aplicaciones.

El aceite esencial de ruda fue aplicado usando bandas de cartón-piedra (4 cm de ancho y 20 cm de largo). Estas bandas fueron impregnadas con el aceite esencial y dejadas en reposo durante 2 h antes para permitir una mejor penetración del aceite antes de su colocación en las colmenas. Posteriormente, en cada colmena fueron dispuestas 10 bandas en los cabezales de los cuadros dentro de la colmena para facilitar el contacto de las abejas (Minaya Mateo & Pérez González, 2022). Las bandas impregnadas fueron reemplazadas cada 8 días.

Fueron hechas tres aplicaciones cada 8 días y el número de ácaros muertos fue contabilizado a los 4, 12, 20 y 30 días, para lo cual, en cada colmena se colocó una lámina fija de plástico recubierta con vaselina para atrapar los ácaros muertos, y se colocó una malla para evitar que las abejas entraran en contacto con los residuos (Koumad & Berkani, 2019).

El ácido oxálico se aplicó un sublimador (X-nox) con 5 o 10 g. Una vez que se alcanzó la sublimación (157-190 °C), se introdujo la boquilla del sublimador dentro de la piquera haciendo de 7 a 8 bocanadas de aire durante 5 seg, con flujos suaves (Moyano Morocho, 2021). Fueron hechas tres aplicaciones cada 8 días y el número de ácaros muertos fue contabilizado a los 4, 12, 20 y 30 días. Para determinar el número de ácaros muertos se colocó una malla para evitar que las abejas entraran en contacto con los residuos (Koumad & Berkani, 2019), tal como fue descrito. Finalmente, se calculó el porcentaje de efectividad de control de varroasis por efecto de los tratamientos con relación al testigo mediante la ecuación [2].

$$\text{Eficacia (\%)} = \frac{(\text{Mortalidad tratamiento} - \text{mortalidad control})}{(100 - \text{mortalidad control})} \times 100 \quad [2]$$

La especie de ácaro fue identificada usando la clave taxonómica proporcionada por Bee Mite ID (2016), mientras que la especie de abeja fue determinada por los caracteres morfológicos presentados en Meixner et al. (2013).

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos (dos concentraciones de aceite de ruda y dos concentraciones de ácido oxálico y un tratamiento testigo). Cada tratamiento consistió de seis repeticiones (colmenas). Previos al análisis estadístico se comprobó el cumplimiento de los supuestos de normalidad, homocedasticidad y aditividad y posteriormente los datos fueron sometidos a análisis de varianza y aquellos datos que mostraron diferencias significativas fueron sometidas a prueba de medias según Tukey ($p < 0,05$) usando el programa estadístico Infostat.

Resultados

Los tratamientos tuvieron un efecto significativo en el control de *V. destructor* ($p = 0,0087$) (Figura 1). De acuerdo con los muestreos iniciales, el porcentaje de infestación osciló del 12,6 hasta 18,6 %. Después de la primera aplicación, la mayor disminución de la incidencia de *Varroa* fue observada en las colmenas que fueron tratadas con ácido oxálico (5 y 10 g), los cuales provocaron una disminución del porcentaje de infestación con respecto al tratamiento control de 57,0 y 64,7 %, respectivamente, seguido del aceite esencial de ruda 15 %, con una reducción del 37,8 %, con relación al control. El menor efecto fue observado con la aplicación de aceite esencial de ruda 10 5 %, puesto que la infestación de *Varroa* solo disminuyó un 17,8 % ($p < 0,001$).

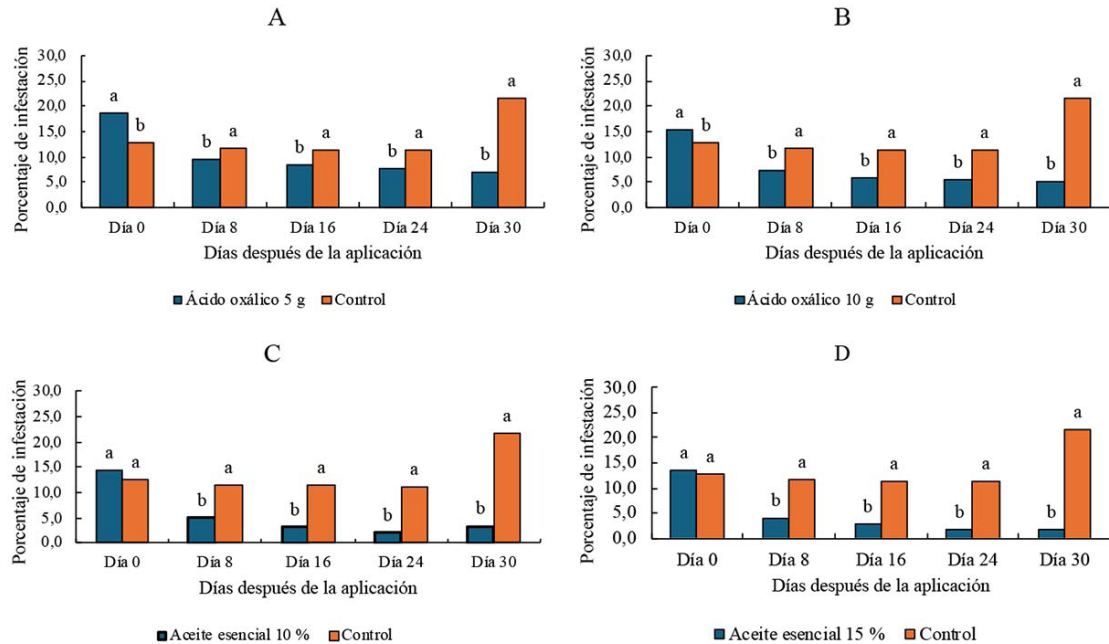


Figura 1. Variación del porcentaje de infestación de *V. destructor* en apiarios en el cantón Ambato por efecto de la aplicación ácido oxálico (A-B) y aceite de ruda (C-D) en el periodo marzo-agosto 2023.

Figure 1. Variation in *Varroa destructor* Infestation percentage in honeybee hives in Ambato municipality due to the application of oxalic acid (A-B) and Rue Oil (C-D) from March to August 2023.

Después de la segunda aplicación de los tratamientos, la infestación por *Varroa* disminuyó un 72,5 y 74,6 % en las colmenas tratadas con ácido oxálico (5 y 10 g), mientras que con el aceite esencial de ruda al 10 y 15 %, la disminución fue de 26,1 y 49,1 %, respectivamente. Con la tercera aplicación, la reducción de la infestación alcanzó un 81,1 y 83,2 % con el con el ácido oxálico 5 y 10 g, respectivamente, mientras que, aceite esencial de ruda, la reducción fue significativamente menor (31,6 y 53,3 %) con ambas concentraciones.

Al final del período de evaluación, el ácido oxálico (5 y 10 g) provocó una disminución de la infestación por *Varroa* en un 92,3 y 84,9 %, respectivamente. Con el aceite esencial de ruda (10 y 15 %), se alcanzó un 68,0 y 76,5 % de control, respectivamente.

Los tratamientos influyeron sobre la eficiencia de control de varroa, la cual incrementó con el tiempo, siendo significativamente mayor en los tratamientos con ácido oxálico sublimado (Cuadro 1). En las colmenas tratadas con 10 g de ácido oxálico, la eficiencia varió desde 68,6 % después de la primera aplicación hasta 86,7 % al final del ensayo. Con el uso de ácido oxálico (5 g), la eficiencia después de la primera aplicación alcanzó un 56,7 %, la cual se incrementó a 75,5 % en la última evaluación. Con el uso del aceite de ruda, la eficiencia observada después de la primera aplicación fue de 30,8 y 41,0 % cuando se aplicó a razón de 10 y 15 %, respectivamente, la cual se incrementó a 43,8 y 58,7 % al final del ensayo.

Cuadro 1. Porcentaje medio de eficiencia del aceite de ruda y ácido oxálico en el control de *V. destructor* en apiarios en el cantón Ambato en el período marzo-agosto 2023.

Table 1. Mean efficiency percentage of rue oil and oxalic acid in the control of *Varroa destructor* in honeybee hives in Ambato municipality from March to August 2023.

Tratamientos	Porcentaje de efectividad			
	8 días	16 días	24 días	30 días
Ácido oxálico 5 g	56,7 ± a	72,8 ± a	81,9 ±a	75,5 ±b
Ácido oxálico 10 g	68,6 ± a	74,8 ± a	85,5 ±a	86,7 ±a
Aceite esencial 10 %	30,8 ±c	26,8 ±c	44,9 ±c	43,8 ±d
Aceite esencial 15 %	41,0 ±b	49,5 ± b	57,2 ±b	58,7 ±c
Testigo	0,8 ± d	4,5 ±d	4,1 ±d	0,0 ±e
E.E	5,49	9,23	5,95	1,92
Valor P	0,0001	0,0012	<0,001	<0,0001

E.E: error estándar. / **E.E:** Standard error.

Los porcentajes promedio de la misma columna seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p > 0,05$). /Mean percentages in the same column followed by the same letter are not statistically different (Tukey, $p > 0.05$).

Discusión

La presente investigación demuestra que, aunque el ácido oxálico sigue siendo una de las herramientas más efectivas para el control de *Varroa destructor*, alcanzando tasas de control superiores al 86 %, la variabilidad de su eficacia en diferentes condiciones productivas plantea la necesidad de realizar ajustes para su implementación. Factores como la sincronización del tratamiento en ausencia de cría operculada, el método de aplicación y la calidad de la formulación comercial, son factores claves a considerar para optimizar su rendimiento (Eguaras et al., 2003; Rademacher & Harz, 2006). La falta de estandarización en estos aspectos podría explicar las variaciones observadas en diferentes estudios.

En cuanto al aceite esencial de ruda, los resultados de eficacia obtenidos (43-58 %) fueron inferiores a los valores reportados por Jumbo et al. (2019) quienes alcanzaron entre 52,3 y 82,8 % de eficacia. Estas diferencias podrían ser debidas a que las concentraciones fueron significativamente más altas (40-50 %) a las usadas en el presente estudio. Por otra parte, la eficacia de los aceites esenciales puede ser afectada por su composición química, que a su vez se ve influenciada por numerosos factores bióticos y abióticos (Alsaadi et al., 2024). En tal sentido, la falta de la caracterización química de los aceites evaluados podría limitar la posibilidad de establecer comparaciones y dificulta el diseño de estrategias de control basadas en extractos botánicos.

En este contexto, futuros estudios deberían no sólo optimizar las concentraciones y tiempos de exposición de los aceites esenciales, sino también incorporar análisis de componentes activos mediante técnicas cromatográficas estandarizadas. Asimismo, la exploración de formulaciones sinérgicas, combinando diferentes tipos de aceites esenciales o con productos químicos de bajo impacto, podría representar una alternativa que permita incrementar la eficacia de los productos de origen natural, minimizando los riesgos de resistencia y favoreciendo el bienestar de las colonias de abejas melíferas.

Hasta la fecha, no existe evidencia sólida de que *V. destructor* haya desarrollado resistencia al ácido oxálico en los últimos 30 años, debido a que su uso ha mostrados valores superiores al 70 % o incluso al 90 %, de eficacia, independientemente del método de aplicación (Kosch et al., 2024). Sin embargo, se requieren realizar monitoreos continuos bajo diferentes condiciones de estudio que permitan establecer evidencias sólidas que descarten el desarrollo de resistencia de *Varroa* al ácido oxálico. Así, aunque el ácido oxálico mantiene su rol central en el manejo de *V. destructor*, es necesario avanzar hacia la evaluación y uso de métodos alternativos dentro de un plan de manejo integrado de plagas. En consecuencia, la aplicación de aceites esenciales surge como un método sustentable alternativo para el manejo de poblaciones de varroa en apiarios, puesto que su uso podría retrasar la aparición de resistencia a tratamientos convencionales, contribuyendo así a un modelo de apicultura más sostenible.

Conclusiones

El ácido oxálico y el aceite esencial de ruda mostraron niveles de eficacia prometedores en el control de la varroasis, lo cual evidencia su potencial para ser incorporados en programas de manejo de apiarios en la región andina del Ecuador. En relación con las abejas, no se observaron efectos adversos sobre sus poblaciones o comportamiento durante el periodo de evaluación, lo que respalda la posibilidad de integrar estos tratamientos como alternativas seguras en sistemas de producción apícola. No obstante, es necesario realizar estudios que evalúen los efectos a largo plazo sobre la salud de las colonias, especialmente bajo condiciones de aplicación repetida o combinada.

Se recomienda explorar la eficacia del uso combinado de ácido oxálico y aceite de ruda como parte de estrategias de manejo integrado de *V. destructor*, con el objetivo de optimizar el control de la varroasis, con una menor dependencia del uso de productos químicos convencionales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato por el apoyo institucional al realizar la investigación.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Alsaadi, M., Keshlaf, M. M., & Mirwan, H. B. (2024). Some essential oils as potential control agents for varroa mite (*Varroa destructor*) in infected honey bees (*Apis mellifera*). *Open Veterinary Journal*, 14(2), 692–698. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i2.9>
- Bruckner, S., Wilson, M., Aurell, D., Rennich, K., vanEngelsdorp, D., Steinhauer, N., & Williams, G. R. (2023). A national survey of managed honey bee colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership for 2017–18, 2018–19, and 2019–20. *Journal of Apicultural Research*, 62, 429–443. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2158586>

- Bubnič, J., Prešern, J., Pietropaoli, M., Cersini, A., Moškrič, A., Formato, G., Manara, V., & Smodiš Škerl, M. I. (2024). Integrated Pest Management strategies to control varroa mites and their effect on viral loads in honey bee colonies. *Insects*, 15, Article 115. <https://doi.org/10.3390/insects15020115>
- De Jong, D., Morse, R. A., & Eickwort, G. C. (1982). Mite pests of honey bees. *Annual Review of Entomology*, 27(1), 229–252. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.27.010182.001305>
- Diawati, C., Liliyasi, Setiabudi, A., & Buchari (2017). *Students' construction of a simple steam distillation apparatus and development of creative thinking skills: a project-based learning*. *AIP Conference Proceedings*, 1848(1), Article 030002 <https://doi.org/10.1063/1.4983934>
- Doublet, V., Oddie, M. A. Y., Mondet, F., Forsgren, E., Dahle, B., Furuseth-Hansen, E., Williams, G. R., De Smet, L., Natsopoulou, M. E., Murray, T. E., Semberg, E., Yañez, O., De Graaf, D. C., Le Conte, Y., Neumann, P., Rimstad, E., Paxton, R. J., & De Miranda, J. R. (2024). Shift in virus composition in honeybees (*Apis mellifera*) following worldwide invasion by the parasitic mite and virus vector *Varroa destructor*. *Royal Society Open Science*, 11(1), Article 231529. <https://doi.org/10.1098/rsos.231529>
- Eguaras, M., Alejandra, M., Faverin, C., Basualdo, M., Luis, M., Hoyo, D., Velis, G., & Bedascarrasbure, E. (2003). Efficacy of formic acid in gel for Varroa control in *Apis mellifera* L.: Importance of the dispenser position inside the hive. *Veterinary Parasitology*, 111, 241–245. [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(02\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(02)00377-1)
- Frazier, M., Muli, E., & Patch, H. (2024). Ecology and management of African honey bees (*Apis mellifera* L.). *Annual Review of Entomology*, 69, 439–453. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020823-095359>
- Gray, A., Adjlane, N., Arab, A., Ballis, A., Brusbardis, V., Douglas, A. B., Cadahía, L., Charrière, J.-D., Chlebo, R., Coffey, M. F., Cornelissen, B., da Costa, C. A., Danneels, E., Danilák, J., Dobrescu, C., Evans, G., Fedoriak, M., Forsythe, I., ... Brodschneider, R. (2023). Honey bee colony in rates in 37 countries using the COLOSS survey for inter 2019–2020: the combined effects of operation size, migration and queen replacement. *Journal of Apicultural Research*, 62, 204–210. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2113329>
- Jobart, B., Delatte, H., Lebreton, G., Cazanove, N., Esnault, O., Clémencet, J., & Blot, N. (2024). Parasite and virus dynamics in the honeybee *Apis mellifera unicolor* on a tropical island recently invaded by *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 204, Article 108125. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2024.108125>
- Jumbo, N., Fernández, P., Sisalima, R., & Balcázar, M. (2019). Elaboración de un acaricida natural a base de aceite esencial de *Ruta graveolens* para el control de varroasis (*Varroa jacobsoni* Oudemans) en abejas (*Apis mellifera*). *Revista del Colegio de Médicos Veterinario del Estado Lara*, 17, 37–41. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7781990>
- Kebebe D., Gela, A., Damto, T., Gameda, M., & Leggesse, G. (2022). Evaluating the effect of plants extracts against varroa mites (*Varroa destructor*) of honeybees (*Apis mellifera*). *Chemistry and Materials Research*, 14(2), 26-30. <https://doi.org/10.7176/CMR/14-2-03>
- Kosch, Y., Mülling, C., & Emmerich, I. (2024). Resistance of *Varroa destructor* against oxalic acid treatment - A systematic review. *Veterinary Sciences*, 11(9), Article393. <https://doi.org/10.3390/vetsci11090393>
- Koumad, I. I., & Berkani, J. O. (2019) Assessment of the efficacy of four medicinal plants as fumigants against *Varroa destructor* in Algeria. *Archivos de Zootecnia*, 68(262), 284-292. <https://doi.org/10.21071/az.v68i262.4148>
- Masaquiza, D., Martin, D., Zapata, J., Soldado, G., & Salas, D. (2023). Apicultura ecuatoriana: situación y perspectiva. *Tesla Revista Científica*, 3(2), Article e252. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e252>

- Masaquiza, D., Miguel, L., Rodríguez, C., & Arenal, A. (2020). Africanización de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). Revisión de Literatura. *Agrisost*, 26(2), 1–13.
- Medina-Flores, C. A., Macías-Macías, J. O., Rodríguez-Cárdenas, A., Saucedo-Rivera, A., Camacho-Vásquez, H., Carrillo-Muro, O., & López-Carlos, M. A. (2021). Pérdida de colonias de abejas melíferas y factores asociados en el centro-occidente de México en los inviernos del 2016 al 2019. *Revista BioCiencias*, 8, Article e1095. <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e1095>
- Meixner, M. D., Pinto, M. A., Bouga, M., Kryger, P., Ivanova, E., & Fuchs, S. (2013). Standard methods for characterising subspecies and ecotypes of *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1-27. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.05>
- Minaya Mateo, I. D., & Pérez González, I. (2022) *Eficacia de tres formulaciones artesanales a base de ácido oxálico para el control de Varroa destructor en Apis mellifera, en ambiente de Bosque Húmedo*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña]. Repositorio Institucional RI-UNPHU. <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/4333>
- Mitton, G. A., Meroi Arcerito, F., Cooley, H., Fernández de Landa, G., Eguaras, M. J., Ruffinengo, S. R., & Maggi, M. D. (2022). More than sixty years living with *Varroa destructor*: a review of acaricide resistance. *International Journal of Pest Management*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2094489>
- Moyano Morocho, J. P. (2021) *Eficacia del ácido oxálico mediante tres vías de administración para el control de Varroosis en abejas (Apis mellifera)*. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional Universidad Central del Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/adf7caf7-5cfc-4cf9-9015-821c522e909c>
- Parker, R., Melathopoulos, A. P., White, R., Pernal, S. F., Guarna, M. M., & Foster, L. J. (2010). Ecological adaptation of diverse honey bee (*Apis mellifera*) populations. *PLoS ONE*, 5(6), Article e11096. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011096>
- Polo Corro, J. L., Alvarado Ibañez, J. C., & Valderrama Alfaro, S. M. (2022). Determinación del índice de infestación por *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera*, en condiciones naturales. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, 5(1), 55–68. <https://doi.org/10.51343/racs.v5i1.799>
- Rademacher, E., & Harz, M. (2006). Oxalic acid for the control of varroosis in honey bee colonies - a review. *Apidologie*, 37, 98–120. <https://doi.org/10.1051/apido:2005063>
- Ramsey, S. D., Ochoa, R., Baughan, G., Gulbranson, C., Mowery, J. D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J. M., Ellis, J. D., Hawthorne, D., & Van Engelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), 1792–1801. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818371116>
- Tabafunda, M. J., De Castro, D. T., Pajarillo, M. C., Soliba, M. P., Garcia, A. A., Acosta, D. C., & Dangle, E. O. (2023). Efficacy of plant extracts against Varroa mites (*Varroa destructor*) of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 23(5), 38–50. https://innspub.net/download/?target=wp-content/uploads/2024/01/IBES-V23-No5-p38-50.pdf_38616
- Whitehouse, M., Rangel, J., Yousuf, F., Sainsbury, J., & Goodwin, M. (2025). Innovations in Varroa mite management. *Current Opinion in Insect Science*, 68, Article 101343. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2025.101343>