

Evaluación de productos alternativos naturales en el control de la *Varroa destructor* en abejas melíferas (*Apis mellifera*)

Evaluation of natural alternative products in the control of *varroa destructor* in honey bees (*Apis mellifera*)

Félix Airahuacho Bautista^{1,3}, Verónica Jiménez Torres², Santos Rubina Airahuacho³, Carlomagno Velásquez Vergara^{1*}

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de productos naturales alternativos en el control de la *Varroa destructor* en abejas melíferas (*Apis mellifera*) en un apiario ubicado en Sayán, región Lima, Perú. Se trabajó con cinco tratamientos (ácido oxálico, timol, vaselina, tabaco y control) y seis replicaciones por tratamientos durante 16 días. Se seleccionaron las colmenas con tasas mayores a 2% de infestación con varroa y las evaluaciones se realizaron en la abeja adulta, celdas operculadas y piso de la colmena al inicio y final del experimento. La prueba de proporciones se utilizó para evaluar la efectividad de los tratamientos en abeja adulta y en celda operculada, mientras que la prueba de Kruskal-Wallis y la de pos hoc de Dunn se utilizaron para evaluar la varroa muerta en el piso de la colmena. Al comparar el nivel de infestación el inicio (día 0) y final del experimento (día 16), el ácido oxálico, timol y tabaco ($p < 0.05$) fueron los tratamientos más eficaces para el control de la varroa en estado de dispersión y el ácido oxálico el más eficiente ($p < 0.05$) en el control de varroas en celda operculada. Al evaluar la efectividad entre tratamientos, el ácido oxálico fue eficiente para controlar varroa tanto en estado de dispersión como en celda operculada ($p < 0.05$), el timol fue el mejor para controlar varroa en dispersión ($p < 0.05$) y su eficiencia para controlar varroa en celda

¹ Departamento Académico de Zootecnia, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú

² Apiario Jiménez SAC, Sayán, Perú

³ Sociedad de Investigación, Consultoría y Producción Agroalimentaria (SICPA), Huacho, Perú

* Email: cvelasquez@unjfsc.edu.pe

Recibido: 4 de octubre de 2022

Aceptado para publicación: 15 de abril de 2023

Publicado: 29 de junio de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

operculada fue inferior al ácido oxálico pero superior al de la vaselina. Los mayores conteos de varroas en el piso de las colmenas en los tratamientos con ácido oxálico y timol ($p < 0.05$) coinciden con la mayor eficacia de estos productos en el control de la varroa. El ácido oxálico se muestra como la mejor alternativa natural para el control de la varroa en la colmena.

Palabras clave: abejas, *Varroa*, ácido oxálico, timol, tabaco, vaselina

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of alternative natural products in the control of *Varroa destructor* in honey bees (*Apis mellifera*) in an apiary located in Sayán, Lima region, Peru. Five treatments (oxalic acid, thymol, vaseline, tobacco and control) and six replications per treatment were used for 16 days. The hives with rates greater than 2% of varroa infestation were selected and the evaluations were carried out in the adult bee, operculated cells and floor of the hive at the beginning and end of the experiment. The proportions test was used to evaluate the effectiveness of the treatments in adult bees and in operculated cells, while the Kruskal-Wallis test and Dunn's post hoc test were used to evaluate dead varroa on the hive floor. When comparing the level of infestation at the beginning (day 0) and at the end of the experiment (day 16), oxalic acid, thymol and tobacco ($p < 0.05$) were the most effective treatments for the control of varroa in the dispersal state and the oxalic acid the most efficient ($p < 0.05$) in the control of varroas in operculated cells. When evaluating the effectiveness between treatments, oxalic acid was efficient to control varroa both in the dispersal state and in operculated cells ($p < 0.05$), thymol was the best to control varroa in dispersion ($p < 0.05$) and its efficiency to control varroa in operculated cells was lower than oxalic acid but higher than that of vaseline. The higher counts of varroa on the floor of the hives in the treatments with oxalic acid and thymol ($p < 0.05$) coincide with the greater efficacy of these products in the control of varroa. Oxalic acid is shown as the best natural alternative for the control of varroa in the hive.

Key words: bees, *Varroa*, oxalic acid, thymol, tobacco, vaseline

INTRODUCCIÓN

La apicultura es una actividad de importancia socioeconómica y ecológica, compatible prácticamente con todo tipo de ecosistemas. Sus principales productos como la miel, polen y jalea real se utilizan en la alimentación y para aliviar diversas enfermedades del hombre; además, las abejas son fundamentales para la polinización de cultivos agrícolas, hortícolas y para la producción de semillas híbridas (Veer y Jitender, 2017).

No obstante, la apicultura viene enfrentando grandes desafíos por el uso indiscriminado de pesticidas, contaminación por transgénicos, crecimiento de las zonas urbanas y el parasitismo, los cuales frenan su crecimiento y desarrollo (Martínez-González *et al.*, 2018; Traynor *et al.*, 2020). Estos factores vienen ocasionando una disminución de la población mundial de abejas, siendo el ácaro *Varroa destructor* y los virus que ellos vectorizan (Guichard *et al.*, 2020) uno de los principales problemas.

El ácaro varroa es el principal agente patógeno de las abejas *Apis mellifera* (Rosenkranz *et al.*, 2010). Se encuentra ampliamente diseminado en muchos países y constituye una amenaza para la seguridad alimentaria mundial (Eliash y Mikheyev, 2020). El ácaro posiblemente ingresó al Perú en 1982 (Dávila y Ortiz, 1985) y según Mantilla (2012), 92.6% de las colmenas se encuentran infestadas por este parásito. La varroa cumple todo su ciclo biológico dentro de la colmena, parasitando a las abejas en sus estadios inmaduros o en la etapa adulta (Rosenkranz *et al.*, 2010). La varroa hembra invade la celda de cría unas horas antes del operculado y coloca huevos que producen primero un macho y luego algunas hembras, lo que asegura que, al nacimiento de la abeja, también se liberarán varroas hembras fecundadas (Nazzi y Le Conte, 2016).

Las colmenas infestadas con varroa son tratadas con productos químicos como el piretroide tau-fluvalinato, el organofosforado coumaphos y la formamidina Amitraz (Vu *et al.*, 2020; González-Cabrera *et al.*, 2013). Sin embargo, la aplicación de estos insecticidas conlleva a un riesgo de contaminación directa de los productos de la colmena (Korta *et al.*, 2002) así como la capacidad de vuelo (Tosi *et al.*, 2017), la viabilidad de los espermatozoides (Chaimanee *et al.*, 2016) y la supervivencia de las larvas (Tavares *et al.*, 2017). Para combatir a este ácaro, se cuenta con estrategias ambientalmente amigables y económicamente viables, que priorizan la utilización de productos naturales como el ácido oxálico y el timol (Flamini *et al.*, 2003; Gunes *et al.*, 2017), mientras que el humo de tabaco (Ruijter, 1982) y la vaselina (Rodríguez, 2001) son mencionados como alternativas viables.

El ácido oxálico controla eficazmente la varroa en dispersión en el cuerpo de la abeja adulta y en celda operculada y su aplicación es más eficaz en invierno y en colonias sin crías (Sajid *et al.*, 2020; Aguirre *et al.*, 2007). Del mismo modo, el timol es eficaz tanto en los panales con la cría abierta como oper-

culada (Aziz *et al.*, 2015) y en abejas adultas (Calderón *et al.*, 2014). El humo de tabaco mata a la varroa y, aparentemente, no daña a las abejas (Ruijter y Eijnde, 1984); sin embargo, debe ser aplicado con cuidado, pues puede causar anestesia y asfixiar a la colmena, especialmente en ambientes cálidos (Eischen y Vergara, 2004). La vaselina se aplica embebido en cordeles de algodón que se colocan en los cabezales de la colmena (Dubon, 2004). Ante esto, las abejas en su intento por retirar las tiras impregnan todo su cuerpo con vaselina, la cual al entrar en contacto con la varroa le produce la oclusión de sus orificios respiratorios, muriendo por asfixia; además, la vaselina afecta las ventosas de las patas, afectando su adherencia, transporte y alimentación (Rodríguez, 2001).

El objetivo de la investigación fue valorar el efecto del ácido oxálico, timol, tabaco y vaselina en el control de la varroa evaluando el nivel de infestación en el cuerpo de la abeja adulta, en las celdas operculadas de los panales y en piso de la colmena.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un apiario privado en el distrito de Sayán, provincia de Huaura, región Lima, Perú. La zona se encuentra a una altitud de 685 msnm, con temperatura diurna promedio de 24 °C y humedad de 85%. Las colmenas (n=30) fueron seleccionadas según el porcentaje de infestación por varroa, de acuerdo con el procedimiento de Sajid *et al.*, (2020), quienes recomiendan que colmenas con tasas mayores a 2% de infestación, requieren ser tratadas contra este parásito.

Se evaluaron cinco tratamientos: T0: Control, T1: Ácido oxálico, T2: Timol, T3, Vaselina y, T4: Tabaco, con seis replicaciones por tratamiento. El experimento tuvo una duración de 16 días, sustentado en el ciclo biológico del parásito, donde una varroa madre permanece 12 días en la celda de cría operculada (Traynor *et al.*, 2020).

La preparación y aplicación de los tratamientos fue como sigue:

- El ácido oxálico (100 g/l) se mezcló con jarabe de sacarosa (agua y azúcar en la proporción 1:1). Se aplicó entre los panales de cría 5 ml de jarabe por panal, mediante el goteo utilizando una jeringa descartable (Adjlane *et al.*, 2007). El tratamiento se aplicó cuatro veces cada cuatro días.
- El timol (10 g) se disolvió en 10 ml de alcohol. Esta solución fue impregnada en dos esponjas (12 ml) que fueron colocadas sobre el cabezal de los panales de cada colmena (Reyes, 2016). El tratamiento se aplicó dos veces cada ocho días.
- La vaselina líquida (150 ml) fue añadida a una solución de cera de abeja (75 g), miel (75 g) y agua (75 ml) y emulsionada a fuego lento. Por otro lado, 6 m de cordón de algodón de 4 mm de diámetro fue colocado en la solución hasta que quede completamente impregnado con la vaselina diluida y luego se colocó encima de los panales (Dubon, 2004). El tratamiento se aplicó una sola vez, al inicio del experimento.
- El tabaco (25 g) fue incinerado dentro del ahumador. El humo fue soplado en cada colmena ocho veces y se cerró la piquera de la colmena durante 10 minutos. Transcurrido el tiempo, se abrió la piquera y se procedió a sacar la cartulina puesta en el piso de la colmena para el conteo de las varroas (Ruijter y Eijnde, 1984). Este tratamiento se repitió cuatro veces cada cuatro días.

Para determinar la eficiencia de los tratamientos se evaluó el número de varroas en tres momentos:

- Evaluación de la varroa en el cuerpo de la abeja (en estado de dispersión). Se hizo en tres panales de cada colmena. Se procedió a barrer las abejas de ambas caras de los panales de cría, recogiendo en

un frasco con alcohol y agua (proporción 1:1). Se agitó ligeramente el frasco y el contenido fue tamizado en un mantel blanco para el recuento de abejas y ácaros. La infestación de la colmena con varroa fue estimada con la siguiente fórmula: Infestación de varroa en dispersión (%) = (Ácaros / Abejas) * 100.

- Evaluación de la infestación de varroas en las celdas operculadas. Se extrajo 3 cm² en 3 puntos de 2 panales de cría centrales (Figura 1) de una colmena seleccionada al azar de cada tratamiento al inicio y final del experimento. La infestación de varroa dentro de la celda operculada fue determinada con la siguiente fórmula: Infestación de varroa en cría (%) = (Ácaros / N.º de celdas operculadas) * 100.
- Varroas en piso de la colmena. Se colocó una cartulina embadurnada con vaselina líquida sobre el piso de cada colmena de todos los tratamientos. Luego, según la aplicación de los tratamientos, se procedió al conteo de las varroas impregnadas en la cartulina.

El diagnóstico inicial y final del nivel de infestación en estado de dispersión y en celda operculada, así como la frecuencia del conteo de varroa muerta en piso de colmena se detalla en el Cuadro 1.

La prueba de proporciones se utilizó para determinar la efectividad de los tratamientos en abejas adultas y celdas operculadas. Para tal fin, se comparó la proporción de varroas al inicio (día 0) y final del experimento (día 16). La prueba de Chi cuadrado de Pearson con corrección de continuidad de Yates se utilizó para determinar el tratamiento de mayor eficiencia. En el caso de las varroas muertas en el piso de la colmena se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la prueba pos hoc de Dunn. Los análisis fueron realizados utilizando el software estadístico R v. 3.6.1.

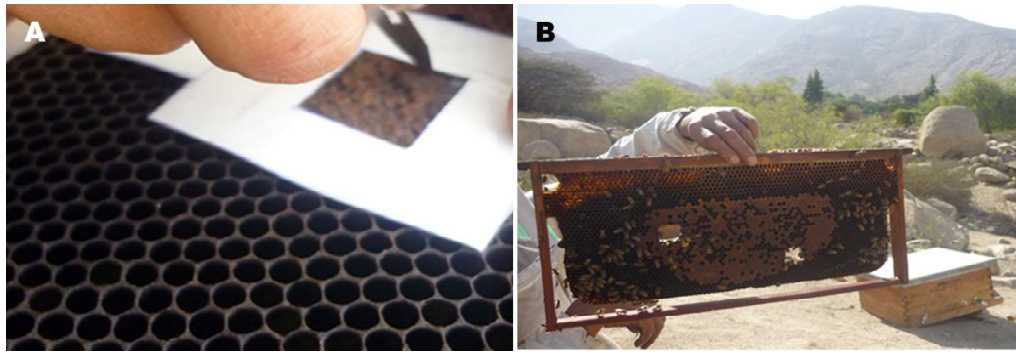


Figura 1. Panales de cría de *Apis mellifera* mostrando el marcado para extraer la muestra de estudio (A) y panal de cría mostrando los espacios de cría extraída (B)

Cuadro 1. Programa de aplicación de los productos alternativos y diagnóstico de infestación por varroa (*Varroa destructor*) en dispersión en colmena de abejas (*Apis mellifera*)

Días	Tratamientos				
	Control	Acido oxálico	Timol	Vaselina	Tabaco
0	Diagnóstico infestación inicial	Diagnóstico infestación inicial y 1ra aplicación	Diagnóstico infestación inicial y 1ra aplicación	Diagnóstico infestación inicial y única aplicación	Diagnóstico infestación inicial y 1ra aplicación
4	Primer conteo en piso	Primer conteo en piso y segunda aplicación	Primer conteo en piso	Primer conteo en piso	Primer conteo en piso y segunda aplicación
8	Segundo conteo en piso	Segundo conteo en piso y tercera aplicación	Segundo conteo en piso y tercera aplicación	Segundo conteo en piso	Segundo conteo en piso y tercera aplicación
12	Tercer conteo en piso	Tercer conteo en piso y cuarta aplicación	Tercer conteo en piso	Tercer conteo en piso	Tercer conteo en piso y cuarta aplicación
16	Cuarto conteo en piso	Cuarto conteo en piso	Cuarto conteo en piso	Cuarto conteo en piso	Cuarto conteo en piso

RESULTADOS

La Figura 2 muestra el efecto de los productos orgánicos sobre la varroa en estado de dispersión. La infestación disminuyó significativamente en las colmenas tratadas con ácido oxálico, timol y tabaco ($p < 0.05$) a

los 16 días después de la aplicación, mientras que el tratamiento con vaselina no redujo el número de varroas ($p = 0.06$). Al comparar la eficacia de los tratamientos, sin considerar el tratamiento control, el timol fue el tratamiento que mostró la mayor eficacia en el tratamiento de varroas en dispersión, seguido por el ácido oxálico y el tabaco.

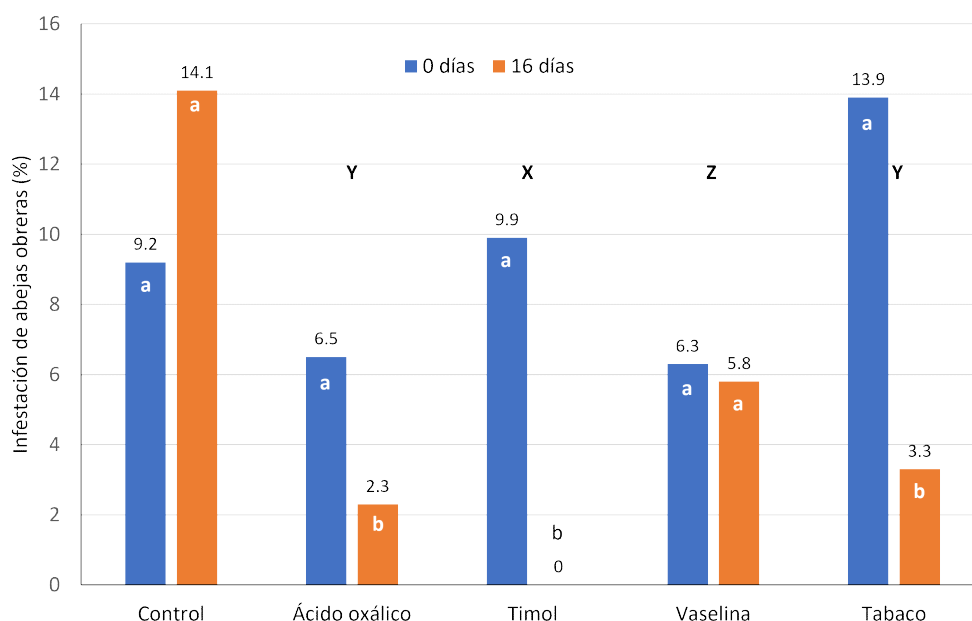


Figura 2. Efecto de los productos orgánicos sobre la varroa (*Varroa destructor*) en estado de dispersión (%) en los días 0 y 16 de evaluación. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre proporciones (a, b). Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos (X, Y, Z) ($p < 0.05$)

La Figura 3 muestra que el nivel de infestación de la varroa en celda operculada solo disminuyó significativamente en las colmenas tratadas con ácido oxálico ($p < 0.05$) a los 16 días después de la aplicación. Al comparar la eficacia entre tratamientos, el ácido oxálico mostró la mayor eficacia en el control de varroa, seguido por el timol y la vaselina. El tabaco no tuvo ningún efecto sobre el control de la varroa en celda operculada.

La Figura 4 muestra el conteo de varroas muertas en el piso de la colmena a los 16 días de aplicados los tratamientos. Las colmenas tratadas con ácido oxálico mostraron el mayor número de varroas pegadas en el piso (conteos entre 88 a 509), seguido de las colmenas tratadas con timol y tabaco (conteos entre 10 a 92 y 10 a 25, respectivamente) ($p < 0.05$). El número de varroas en el piso de colmenas tratadas con vaselina

y tabaco fue estadísticamente similar al observado en el tratamiento control (conteos entre 0 a 31 y 1 a 6, respectivamente).

DISCUSIÓN

El timol, ácido oxálico y el tabaco fueron los productos orgánicos más eficientes en el control de la varroa en dispersión (acaros parasitando abeja adulta). El timol fue el producto más efectivo, redujo la infestación de ácaros de 10 a 0%; seguido del tabaco, de 14 a 3% y del ácido oxálico, de 6 a 2%. Resultados similares fueron logrados por Keskin y Ozgor (2018) quienes obtuvieron una mayor efectividad para eliminar el ácaro al aplicar timol 60% en comparación al obtenido con el ácido oxálico 3%. Sin embargo, Aguirre *et al.* (2007) lograron mejores resultados apli-

Control de la varroa en abejas

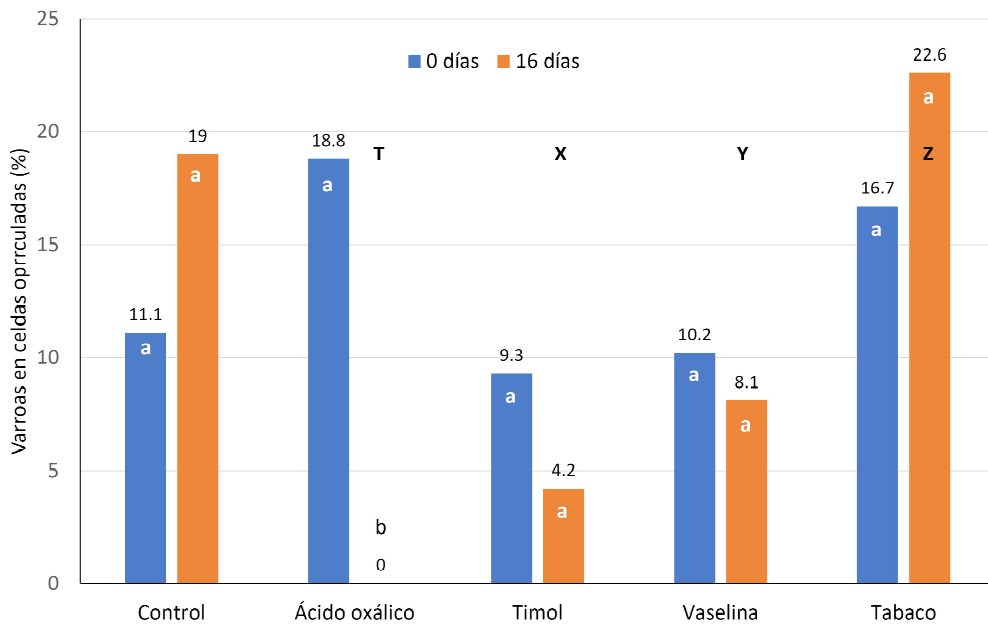


Figura 3. Efecto de los productos orgánicos sobre el control de varroa (*Varroa destructor*) en celdas operculadas a los 0 y 16 días de evaluación. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre proporciones (a, b). Letras mayúsculas indican diferencias significativas entre los tratamientos (T, X; Y, Z) ($p < 0.05$)

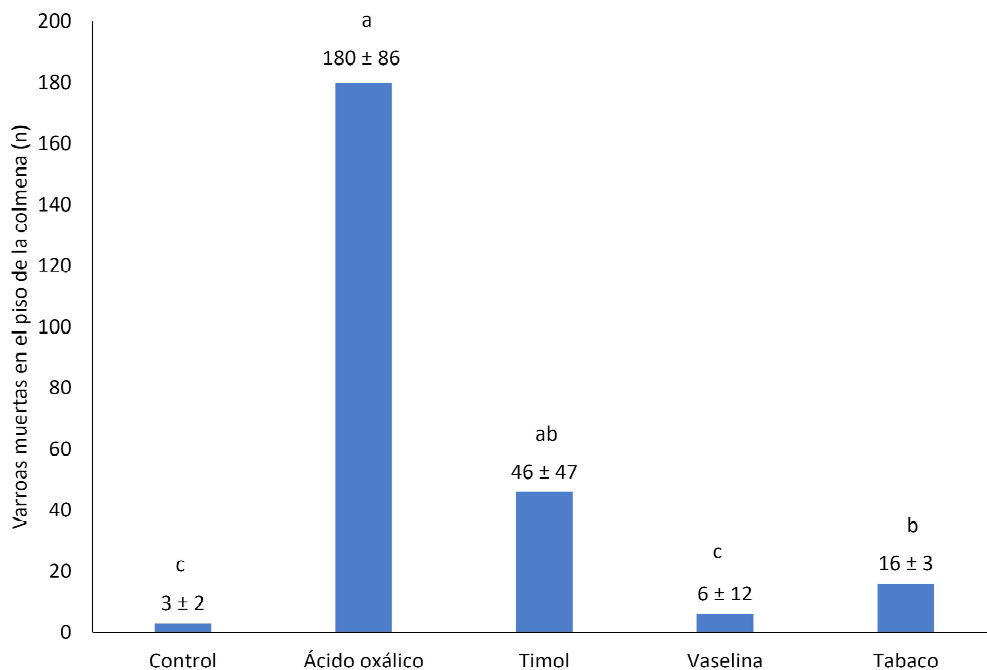


Figura 4. Conteo de varroa (*Varroa destructor*) en el piso de la colmena a los 16 días de evaluación. Los valores son medianas \pm rango intercuartílico ($n=6$). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$)

cando ácido oxálico al goteo en dosis de 40 g/l, reportando una efectividad de 90.6% en la reducción de varroas; mientras que Toufalia *et al.* (2015) lograron mortalidades entre 81 a 97% de varroas al aplicar ácido oxálico (1125 g por colonia) utilizando el método de sublimación.

El timol es un repelente para las abejas. Este tratamiento estimula en las abejas una mayor ventilación de la colmena, ocasionando un incremento en el desprendimiento de la varroa del abdomen de la abeja (Colin *et al.*, 2019). Sin embargo, el uso inadecuado del timol tendría efectos nocivos en las abejas, al interferir con los receptores GABA, lo cual afectaría negativamente el comportamiento higiénico de las abejas melíferas (Choudhary *et al.*, 2012; Yuan *et al.*, 2014; Colin *et al.*, 2019); además, el GABA en los insectos es importante para el control de la locomoción, el aprendizaje olfativo y la regulación del sueño y la agresión (Ménard *et al.*, 2018).

El tabaco fue eficaz solo para controlar la varroa en dispersión, logrando reducir la infestación del ácaro de 14 a 3%. La disminución de la varroa en colmenas tratadas con humo de tabaco se debería a la presencia de compuestos bioactivos, como la nicotina, nicotina y nicotina (Ruijter, 1982; Ruijter y Eijnde, 1984) que bloquean los receptores acetilcolina en el ácaro, generando una interferencia en la transmisión de los impulsos nerviosos (Hill *et al.*, 2012). Resultados similares fueron obtenidos por Kamiab *et al.* (2021) quienes investigaron el efecto del extracto de hoja de eucalipto y el humo del tabaco sobre la varroa. Asimismo, Gallegos (2015) logró una reducción del 50% de varroas en abejas adultas.

El ácido oxálico fue el tratamiento más eficaz para controlar la varroa en celda operculada a los 16 días después de su aplicación. Además, fue el producto natural alternativo de mejor eficacia. La aplicación de ácido oxálico redujo la infestación al 100% (de 18 a 0%), mientras que el timol fue el segundo producto eficaz para el control de la varroa en celda operculada, al disminuirla en

55%. El ácido oxálico ocasiona la acidificación del ácaro, de modo que su tegumento no consigue soportar la abrasión lo que afecta su viabilidad; sin embargo, la presencia de este producto en el estadio larval de la abeja podría tener un efecto negativo posterior sobre la población de la colmena (Terpin *et al.*, 2019). Con respecto al timol, Calderón *et al.*, (2014) indican que no existen estudios relacionados al efecto directo de este aceite esencial sobre los ácaros en cría operculada. Estos autores reportan una mortalidad inferior al 10% del ácaro madre y su descendencia en la cría sellada luego de aplicar el timol. En el presente estudio, la baja efectividad tanto del timol y vaselina, y la nula efectividad del tabaco, se debería a la deficiente penetración de estos productos dentro de la celda operculada (Terpin *et al.*, 2019).

Con relación al conteo de varroas muertas en piso de colmena, los tratamientos con ácido oxálico (180), timol (46) y tabaco (16) registraron los mayores conteos de varroas muertas comparados a los obtenidos en los tratamientos con vaselina (6) y control (3) ($p < 0.05$), indicando la mayor efectividad de estos dos compuestos en el control de las varroas. La presencia de varroas muertas en piso estaría relacionada con el comportamiento de limpieza de las abejas para remover los ácaros del cuerpo y a la mortalidad natural del ácaro, principalmente en el macho por la falta de alimentación (Espinoza y Guzmán, 2007; Calderón *et al.*, 2014), debido a que el aparato bucal estaría modificado para la transferencia de espermatozoides (Ritter, 2001).

Los bajos números de varroa en el piso en las colmenas tratadas con tiras de vaselina respaldan la poca efectividad de este tratamiento. Existe poca literatura científica con respecto al uso y efectividad de vaselina en el control de la varroa. Flores *et al.*, (2002) utilizando cordones de vaselina dispuesto en zigzag sobre los cabezales de los panales, con intervalos de 12 días entre aplicaciones durante 36 días, observaron eficacias no mayores al 50% en el control de varroas en dispersión.

CONCLUSIONES

El timol, ácido oxálico y el tabaco mostraron una mayor eficiencia para el control de la varroa en estado de dispersión, mientras que el ácido oxálico fue más eficiente en el control de la varroa en celdas operculadas. En general, las mayores eficacias del ácido oxálico, timol y tabaco coincidieron con el mayor número de varroas muertas en el piso de la colmena.

LITERATURA CITADA

1. **Adjlane N, Tarek EO, Haddad N. 2016.** Evaluation of oxalic acid treatments against the mite *Varroa destructor* and secondary effects on honey bees *Apis mellifera*. *J Arthropod Borne Dis* 10: 501-509.
2. **Aguirre JL, Demedio J, Roque E. 2007.** Eficacia varroicida del ácido oxálico en jarabe de sacarosa por goteo. *Rev Salud Anim* 29: 118-122.
3. **Aziz MA, Azeem M, Ahmed MS, Siddique F, Jamal M. 2016.** Control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) on *Apis mellifera linguistica* by using thymol and formic acid in Pothwar region of Punjab, Pakistan. *Asian J Agri Biol* 3: 150-154.
4. **Calderón RA, Ramírez M, Ramírez F, Villalobos E. 2014.** Efectividad del ácido fórmico y el timol en el control del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de abejas africanizadas. *Agron Costarric* 38: 175-188.
5. **Chaimanee V, Evans JD, Chen Y, Jackson C, Pettis JS. 2016.** Sperm viability and gene expression in honeybee queens (*Apis mellifera*) following exposure to the neonicotinoid insecticide imidacloprid and the organophosphate acaricide coumaphos. *J Insect Physiol* 89: 1-8. doi: 10.1016/j.jinsphys.2016.03.004
6. **Choudhary AF, Laycock I, Wright GA. 2012.** α -Aminobutyric acid receptor A-mediated inhibition in the honeybee's antennal lobe is necessary for the formation of configural olfactory percepts. *Eur J Neurosci* 35: 1718-1724. doi: 10.1111/j.1460-9568.2012.08090.x
7. **Colin T, Lim MY, Quarrell SR, Allen GR, Barron AB. 2019.** Effects of thymol on European honey bee hygienic behaviour. *Apidologie* 50: 141-152. doi:10.1007/s13592-018-0625-8
8. **Dávila M, Ortiz MS. 1985.** Presencia del acaro *Varroa jacobsoni*, ectoparásito de la abeja de la miel, en el Perú. *Rev Per Entomol* 28: 79-80.
9. **Dubon EA. 2004.** Aplicación de una mezcla de vaselina para el control de *Varroa* spp parasito en *Apis mellifera*. Tesis de Maestría. San Salvador: Univ. de El Salvador. 46 p.
10. **Eischen F, Vergara C. 2004.** Natural products smoke and its effect on *Acarapis woodi* and honey bees. *Apidologie* 35: 341-349. doi: 10.1051/apido:2004026
11. **Eliash N, Mikheyev A. 2020.** Varroa mite evolution: a neglected aspect of worldwide bee collapses? *Curr Opin Insect Sci* 39: 21-26. doi: 10.1016/j.cois.2019.11.004
12. **Espinoza-Montaña LG, Guzman-Novoa E. 2007.** Eficacia de dos acaricidas naturales, ácido fórmico y timol, para el control del ácaro *Varroa destructor* de las abejas (*Apis mellifera* L.) en Villa Guerrero, Estado de México, Mexico. *Vet México* 38: 9-19.
13. **Flamini G. 2003.** Acaricides of natural origin, personal experiences and review of literature (1990-2001). *Studies in Natural Products Chemistry* 28: 381-451. doi: 10.1016/s1572-5995(03)80146-1
14. **Flores JM, Ruíz JA, Puerta F, Campano F, García E. 2002.** Limited efficacy of vaseline on the *Varroa* control. *Vida Apícola* 112: 35-38.

15. **Gallegos HH. 2015.** Determinación de la eficiencia del humo de tres especies vegetales para el desprendimiento de la varroa (*Varroa destructor*) en la abeja (*Apis mellifera*). Tesis de grado. La Paz, Bolivia: Univ. Mayor de San Andrés. 73 p.
16. **González-Cabrera J, Davies TGE, Field LM, Kennedy PJ, Williamson MS. 2013.** An amino acid substitution (L925V) associated with resistance to pyrethroids in *Varroa destructor*. Plos One 8: e82941. doi: 10.1371/journal.pone.0082941
17. **Guichard M, Dietemann V, Neuditschko M, Dainat B. 2020.** Advances and perspectives in selecting resistance traits against the parasitic mite *Varroa destructor* in honey bees. Genet Sel Evol 52: 71. doi:10.1186/s12711-020-00591-1
18. **Gunes N, Aydýn L, Belenli D, Hranitz JM, Mengilig S, Selova S. 2017.** Stress responses of honey bees to organic acid and essential oil treatments against varroa mites. J Apicult Res 56: 175-181. doi: 10.1080/00218839.2017.1291229
19. **Hill RW, Wyse GA, Anderson M. 2012.** Fisiología animal. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 894 p.
20. **Kamiab M, Roostaee-Ali Mehr M, Moghadam Sh, Sahragard A. 2021.** Effect of eucalyptus leaf extract, Virginia, Barley and Basma tobacco smoke on Varroa mite of honey bee. Anim Prod Res 9: 1-10. doi: 10.22124/ar.2021.179-94.1569
21. **Keskin N, Ozgor E. 2018.** Effect of thymol and oxalic acid according to application method against *Varroa destructor* in Honeybees. J Biotechnol 280: S48. doi: 10.1016/j.jbiotec.2018.06.153
22. **Korta E, Bakkali A, Berrueta LA, Gallo B, Vicente F. 2002.** Study of an accelerated solvent extraction procedure for the determination of acaricide residues in honey by high-performance liquid chromatography-diode array detector. J Food Protect 65: 161-166. doi: 10.4315/0362-028x-65.1.161
23. **Mantilla J. 2012.** Caracterización de enfermedades apícolas (loque americana, loque europea, nosemosis y varroasis) en el Perú. SENASA. [Internet]. Disponible en: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/jer/ABEJAS/INFORME%20FINAL%20CARACTERIZACION%20ENFERMED%20APICOLAS.pdf>
24. **Martínez-González EG, Arroyo-Pozos H, Aguilar-Gallegos N, García Álvarez-Coque JM, Santoyo-Cortés VH, Aguilar-Ávila J. 2018.** Dinámica de adopción de buenas prácticas de producción de miel en la península de Yucatán, México. Rev Mex Cienc Pecu 9: 48-67. doi: 10.22319/rmcp.v9i1.4366
25. **Ménard C, Folacci M, Brunello L, Charreton M, Collet C, Mary R, Rousset M, et al. 2018.** Multiple combinations of RDL subunits diversify the repertoire of GABA receptors in the honey bee parasite *Varroa destructor*. J Biol Chem 293: 19012-19024. doi: 10.1074/jbc.RA118.005365
26. **Nazzi F, Le Conte Y. 2016.** Ecology of *Varroa destructor*, the major ectoparasite of the western honey bee, *Apis mellifera*. Annu Rev Entomol 61: 417-432. doi: 10.1146/annurev-ento-010715-023731
27. **Reyes F. 2016.** Efectividad de cuatro acaricidas en el control del ácaro (*varroa destructor*) en abejas (*apis mellifera* L). Tesis de Grado. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria la Molina. 129 p.
28. **Ritter W. 2001.** Enfermedades de las abejas. Zaragoza: Acribia. 146 p.
29. **Rodríguez PP. 2001.** Vaselina contra la varroa. La fertilidad de la tierra: [Internet]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Ferti%2FFerti_2001_3_completa.pdf
30. **Rosenkranz P, Aumeier P, Ziegelmann B. 2010.** Biology and control of *Varroa destructor*. J Invertebr Pathol 103: S96-S119. doi: 10.1016/j.jip.2009.07.016

31. **Ruijter A de, Eijnde JVD. 1984.** Detection of varroa mite in The Netherlands using tobacco smoke. *Bee World* 65: 151-154. doi: 10.1080/0005772X.1984.11098803
32. **Ruijter A. 1982.** Beekeeping techniques. *Bee World* 63: 138.
33. **Sajid ZN, Aziz MA, Bodlah I, Rana RM, Ghramh HA, Khan KA. 2020.** Efficacy assessment of soft and hard acaricides against *Varroa destructor* mite infesting honey bee (*Apis mellifera*) colonies, through sugar roll method. *Saudi J Biol Sci* 27: 53-59. doi: 10.1016/j.sjbs.2019.04.017
34. **Tavares DA, Dussaubat C, Kretschmar A, Carvalho SM, Silva-Zacarin E, Malaspina O, Bérail G, et al. 2017.** Exposure of larvae to thiamethoxam affects the survival and physiology of the honey bee at post-embryonic stages. *Environ Pollut* 229: 386-393. doi: 10.1016/j.envpol.2017.05.092
35. **Terpin B, Perkins D, Richter S, Leavey JK, Snell TW, Pierson JA. 2019.** A scientific note on the effect of oxalic acid on honey bee larvae. *Apidologie* 50: 363-368. doi: 10.1007/s13592-019-00650-7
36. **Tosi S, Burgio G, Nieh JC. 2017.** A common neonicotinoid pesticide, thiamethoxam, impairs honey bee flight ability. *Sci Rep* 7: 1201. doi:10.1038/s41598-017-01361-8
37. **Traynor KS, Mondet F, de Miranda JR, Techer M, Kowallik V, Oddie M, Chantawannakul P, et al. 2020.** *Varroa destructor*: a complex parasite, crippling honey bees worldwide. *Trends Parasitol* 36: 592-606. doi: 10.1016/j.pt.2020.04.004
38. **Toufaily HA, Scandian L, Ratnieks, F. 2015.** Towards integrated control of varroa: comparing application methods and doses of oxalic acid on the mortality of phoretic *Varroa destructor* mites and their honey bee hosts. *J Apicult Res* 54: 108-120. doi: 10.1080/00218839.2015.1106777
39. **Veer S, Jitender N. 2017.** Economics and importance of beekeeping. *Biomed J Sci Tech Res* 7: 1833-1834. doi: 10.26717/BJSTR.2017.01.000561
40. **Vu PD, Rault L, Jenson LJ, Bloomquist J, Anderson T. 2020.** Voltage-gated chloride channel blocker DIDS as an acaricide for varroa mites. *Pestic Biochem Phys* 167: 104603. doi: 10.1016/j.pestbp.2020.104603
41. **Yuan Q, Song Y, Yang CH, Jan LY, Jan YN. 2014.** Female contact modulates male aggression via a sexually dimorphic GABAergic circuit in *Drosophila*. *Nat Neurosci* 17: 81-88. doi: 10.1038/nn.3581