



Efecto del ácido oxálico sobre el control de la varroasis (*Varroa destructor*) en abejas melífera

Effect of oxalic acid on the control of varroasis (*Varroa destructor*) in honeybees

*Charoline Gutiérrez. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

charoline.gutierrezr@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0000-9661-8400>

Roderick De la Cruz. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

roderick.delacruz@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0006-9216-5938>

Alex Ríos. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

alex.morenom@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-3117-9659>

Reynaldo Vargas. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Panamá.

reynaldo.vargas@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-5420-9761>

*Autor de Correspondencia: charoline.gutierrezr@up.ac.pa

Recibido: 9/04/2026

Aceptado: 26/05/2026

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v8n2.a10105>

RESUMEN. La varroasis, causada por el ácaro *Varroa destructor*, representa uno de los principales retos sanitarios en *Apis mellifera*. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de ácido oxálico en control de la varroasis. La investigación se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias sede-Chiriquí, Universidad de Panamá, utilizando 18 colmenas. Las variables de respuesta fueron examinadas para verificar la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. La variable peso final e incremento de peso fueron evaluadas con la prueba de Mann-Withney. El diagnóstico se evaluó con estimador no paramétrico de Chi cuadrado. Los factores fijos de la eficacia fueron evaluados con Chi cuadrado y la interacción con la prueba de Fisher. Los costos fueron analizados con la prueba no paramétrica de Mann-Withney. Los resultados mostraron que la infestación inicial fue moderada y similar entre apiarios. El fluvalinato (químico) obtuvo la mayor eficacia (99.9 %), mientras que el ácido oxálico (orgánico) logró valores entre el 75 % y el 85 %, considerados efectivos como alternativa orgánica. No se encontraron diferencias significativas en el peso final ni en el incremento de peso entre tratamientos, lo que indica que ambos tratamientos permitieron mantener la estabilidad biológica de las colmenas. En el análisis económico, el ácido oxálico presentó el menor costo por colmena (0.70 USD), frente al fluvalinato (5.40 USD). El fluvalinato fue el tratamiento más eficaz; sin embargo, el ácido oxálico se posiciona como la opción más viable y rentable.

PALABRAS CLAVE: ácaro, colmena, control orgánico, control químico, eficacia, fluvalinato.

ABSTRACT. Varroa mite infestation, caused by the *Varroa destructor* mite, is one of the major health challenges facing *Apis mellifera*. The objective of this study was to evaluate the effect of oxalic acid on the control of Varroa mite infestation. The study was conducted at the Chiriquí campus of the Faculty of Agricultural Sciences at the University of Panama, using 18 beehives. The response variables were assessed for normality using the Shapiro-Wilk test and for homogeneity of variances using Levene's test. The final weight and weight gain were analyzed using the Mann-Whitney U test. The diagnosis was assessed using a nonparametric chi-square test. The fixed factors affecting efficacy were analyzed using the chi-square test, and interactions were assessed using Fisher's exact test. Costs were analyzed using the nonparametric Mann-Whitney test. The results showed that the initial infestation was moderate and similar across apiaries. Fluvalinate (chemical) was the most effective (99.9 %), while oxalic acid (organic) achieved efficacy rates between 75 % and 85 %, which are considered effective as an organic alternative. No significant differences were found in final weight or weight gain among treatments, indicating that both treatments helped maintain the biological stability of the hives. In the economic analysis, oxalic acid had the lowest cost per hive (0.70 USD), compared to fluvalinate (5.40 USD). Fluvalinate was the most effective treatment; however, oxalic acid is the most viable and cost-effective option.

KEYWORDS: beehive, chemical control, effectiveness, fluvalinate, mite, organic control.



INTRODUCCIÓN

Las abejas melíferas (*Apis mellifera*), son susceptibles a ser afectadas por una variedad de enfermedades y parásitos, que pueden tener un efecto nocivo en el desarrollo y productividad de sus colonias (OIRSA, 2012). Es necesario que el apicultor aprenda a reconocer algunas enfermedades de las abejas, esto permitirá tratar a tiempo una colonia enferma y evitar pérdidas económicas que pueden resultar cuantiosas.

El apicultor debe preocuparse básicamente por aquellas enfermedades que causan daños a la apicultura año tras año; y una de ellas es la infestación parasitaria conocida como varroasis (*Varroa destructor*). Esta enfermedad es considerada como el principal problema sanitario que afecta a la apicultura a nivel mundial, pues afectan a la abeja melífera en todos sus estadios de desarrollo crías y adultas (Martínez et al., 2022).

La varroasis ya ha sido detectada en Panamá, con prevalencias significativas en varias provincias, lo que demuestra que el problema no es solo global, sino también local. Estudios recientes muestran que Veraguas alcanza hasta un 80% de incidencia, mientras que Coclé y Chiriquí superan el 45 %, lo que subraya la necesidad de vigilancia y control constante (Collantes et al., 2024).

Como señala Quirós (2023), una infestación severa de *V. destructor* puede causar la muerte de toda una colonia de abejas melífera entre tres y cuatro años posterior a su infestación, también este autor señala que, si no se trata una colonia contra este ácaro, no sobrevive más de dos años.

El daño que la varroasis causa depende del grado de infestación de las colonias, reportes científicos estiman que el efecto negativo sobre la productividad comienza cuando la población de ácaros alcanza 10 % de infestación de las abejas adultas en una colonia; en este sentido, cuando la infestación llega a ser de 30 a 40 %, normalmente termina con la colonia (Díaz et al., 2019).

Se debe considerar el impacto de esta enfermedad parasitaria en la apicultura, la misma requiere tratamientos orgánicos o químicos para disminuir o eliminar los niveles de infestación en las colmenas. Uno de los productos alternativos que se ha utilizado en el tratamiento de la varroasis, corresponde al ácido oxálico (Adjlane et al., 2016). Este ácido se produce de manera natural en forma de oxalatos en las raíces y rizomas de plantas de la familia Oxalis y Rumex, de las cuales fue aislado originalmente (Martínez, 2015) y se comercializa principalmente en cristales que contienen 71.4 % de ácido oxálico anhidro y 28.6 % de agua (Mariani et al., 2003).

Se desconoce su mecanismo de acción contra varroa, sin embargo, su función acaricida se ha atribuido a la sensibilidad de los ácaros al pH ácido (Nanetti, 2003; Maggie et al., 2015). Por tanto, para que el ácido oxálico sea efectivo debe estar en contacto directo con el parásito en la fase forética (Aliano et al., 2006). En el desarrollo de esta investigación se consideró que el ácido oxálico podría desempeñar un papel relevante en el control de la varroasis en colonias de *Apis mellifera*. Por ello, se evaluó el efecto de este ácido en el control de varroasis en *Apis mellifera*.



MATERIALES Y MÉTODO

La investigación se realizó en Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá, ubicada en el corregimiento de Chiriquí, distrito de David, provincia de Chiriquí, República de Panamá, localizada a los 8°23'07" de latitud norte y a los 82°18'15" de latitud oeste, con una elevación de 26 m s. n. m.

Para la evaluación de efectividad del compuesto orgánico ácido oxálico en el control del ácaro *V. destructor* se llevó a cabo en los meses de julio-agosto del 2025, durante la época de lluvia donde se encuentra la mayor prevalencia de *V. destructor* en las colmenas (Calderón et al., 2024). El estudio constó de dos fases: una de diagnóstico, que se llevó a cabo en todos los apiarios y una segunda fase de aplicación y evaluación del tratamiento, que se realizó solo en los apiarios 1 (Las Lajitas) y 2 (La Berrona), donde se detectó una mayor prevalencia de la enfermedad. El ácido oxálico se aplicó en dos ocasiones, con un intervalo de 15 días entre cada tratamiento (día 0 y día 15). El efecto del tratamiento se mantuvo durante un período de cuatro semanas, abarcando hasta el día 30, dentro del total de 40 días de seguimiento del estudio.

Para la investigación se utilizaron 18 colmenas tipo langstroth, conformadas por una o dos alzas, a las cuales se le aplicaron dos tratamientos: orgánico (ácido oxálico) y otro químico (fluvalinato). Fase 1: El diagnóstico del ácaro se realizó utilizando la prueba del frasco (Frigolí & Poffer, 2019), donde se tomaron 10 colmenas seleccionadas al azar en cada apiario, de cada colmena se tomaron alrededor de 100 abejas de la cámara de cría (abejas nodrizas) y 50 abejas de la piquera (abejas pecoreadoras).

El porcentaje de infestación de la muestra se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$Pi = (Ac/Ab) * 100$$

Dónde:

Pi = Porcentaje de infestación

Ac= Número total de ácaros en la muestra

Ab= número total de abejas en la muestra

El nivel de infestación de la *V. destructor* en abeja adulta se obtiene a través de la escala propuesta por Frigolí & Poffer (2019).

Tabla 1

Escala de nivel de infestación de V. destructor.

Nivel de infestación	Porcentaje
Leve	Menos de 5 %
Moderado	5-10%
Fuerte	Más de 10 %

Las 10 fueron al azar

colmenas que seleccionadas entraron en el

rango de porcentaje de infestación moderado de 5-10 %.

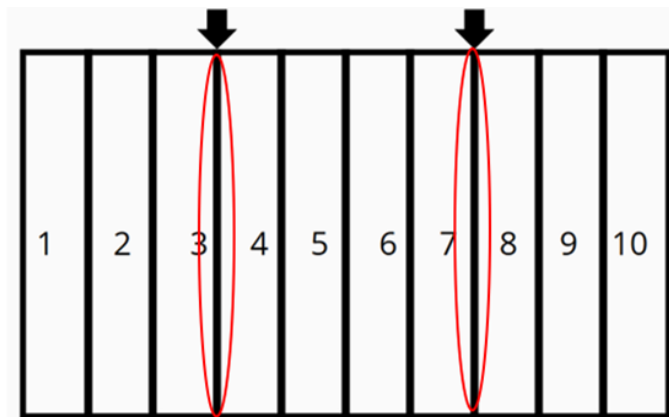
Fase 2: Aplicación de tratamientos

Para la aplicación del tratamiento químico a cada colmena, se colocaron dos tiras de un acaricida piretroide sintético comercial, fueron introducidas entre los cuadros de la cámara de cría de la colmena, quedando colgadas verticalmente con la ayuda de su sistema de suspensión. Las tiras fueron colocadas entre los marcos tres, cuatro y siete, ocho, de manera diagonal como se observa en la figura 1 (en los círculos rojos). El producto químico se mantuvo dentro de la colmena durante cuatro semanas, según las recomendaciones del fabricante.

Para la aplicación del tratamiento orgánico con ácido oxálico, se colocaron dos tiras de toalla absorbente impregnada con una solución de 12 g de ácido oxálico, 13 ml de glicerina y 10 ml de agua destilada. La solución se preparó calentando el agua destilada con glicerina (60 °C) y posteriormente agregando ácido oxálico gradualmente hasta que la sustancia se disolviera y homogenizara. La sustancia se recolectó con la ayuda de una jeringa para su transporte y aplicación, las toallas húmedas fueron colocadas de cada lado de la cámara de cría en los marcos tres, cuatro y siete, ocho como se observa en la figura 1, en dos aplicaciones a intervalos de 15 días y se dejó el tratamiento por cuatro semanas.

Figura 1

Posición donde se colocó ambos tratamientos.



Condiciones Experimentales

Se empleó un diseño completamente al azar en un arreglo factorial que se describe a continuación:

$$Y_{ijklmno} = \mu + A_i + B_j + C_k + (A*B)_l + (A*C)_m + (B*C)_n + (A*B*C)_o + E_{ijklmno}$$

$Y_{ijklmno}$ = variables de respuesta (estado de salud, peso final de la colmena, porcentaje de eficacia del tratamiento).

μ = media general

A_i = control (químico, orgánico)

B_j = lugar (A y B)

C_k = porcentaje de infección (baja, alta)

$(A*B)_l$ = interacción control por lugar



$(A*C)_m$ = interacción control por porcentaje de infección

$(B*C)_n$ = interacción lugar por porcentaje de infección

$(A*B*C)_o$ = interacción control por lugar por porcentaje de infección

$E_{ijklmno}$ = error aleatorio

Los datos fueron tabulados en una hoja de cálculo (Microsoft 365®). Para el análisis estadístico se utilizaron los programas R (R versión 4.2.2, 2022-10-31, RStudio, Inc.) y Statistica V12.5 (StatSoft, Inc®). Las variables de respuesta fueron examinadas para verificar la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. La variable peso final e incremento de peso fueron evaluadas con la prueba de Mann-Withney. El diagnóstico se evaluó con estimador no paramétrico de Chi cuadrado. Los factores fijos de la eficacia fueron evaluados con Chi cuadrado y la interacción entre estos con la prueba de Fisher. Los costos fueron analizados con la prueba no paramétrica de Mann-Withney. Se empleó un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para todas las pruebas estadísticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagnóstico

Los resultados obtenidos mostraron que el nivel de infestación para los dos apiarios fue similar ($\chi^2(1) = 0.00$, $p = 1.00$) estadísticamente al inicio de la investigación, se puede atribuir a que la distribución de la varroasis era homogénea en ambos lugares debido a su similitud en las condiciones climáticas de la zona y la época. Estos resultados son similares a los obtenidos por Ramos et al. (2024), en México, donde el nivel de infestación fue de 5 %, lo que coincide con los datos de la presente investigación cuyo porcentaje de varroasis en el apiario La Lajitas fue de 6.26 % y de 6.51 % en el apiario La Berrona. También se debe tener en cuenta que la varroasis causa daños a la colmena en función de su nivel de infestación y que se estima que el mayor efecto negativo más importante se observa en la colmena cuando la cantidad de ácaros supera el 10 % (Calderón & Sánchez, 2011).

En el diagnóstico de las abejas nodrizas y las abejas pecoreadoras no se observan diferencias significativas ($\chi^2(1) = 0.42$, $p = 0.51$). Esta similitud en los resultados se explica según Cervo *et al.* (2014), cuando la abundancia de ácaros aumenta dentro de la colonia, la falta de diferencias en las señales químicas entre las abejas nodrizas y las abejas pecoreadora probablemente no permite a los ácaros discriminar entre abejas con diferentes tareas y hace que los ácaros se adhieran a ambas para alimentarse de su hemolinfa.

Aun así, numéricamente el mayor nivel de infestación se observó en las abejas nodrizas (cámara de cría, Tabla 2), lo que se puede explicar biológicamente debido a que el ácaro realiza en su fase reproductiva parasita las abejas adultas y se prepara para invadir una celda con cría poco antes de que esta sea operculada (OIE, 2021). Esto también se puede atribuir según Jack et al. (2020), a que el parásito prefiere ocupar las celdas de los zánganos en la cámara de cría, atribuyendo a mayores concentraciones de hormona juvenil y período de desarrollo mayor que el de la abeja obrera.

**Tabla 2***Distribución porcentual de infestación de la colmena cámara de cría y piquera.*

Sitios de la colmena	Porcentaje del diagnóstico
Cámara de cría (Nodrizas)	6.38 %
Piquera (Pecoreadora)	3.53 %

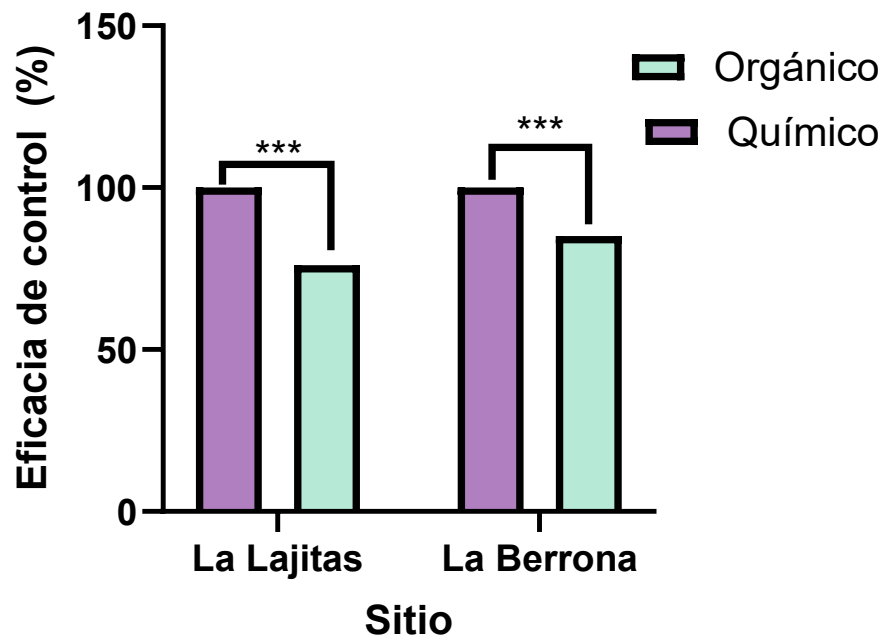
Eficacia de los tratamientos

Los resultados obtenidos muestran que el control fue similar entre apiarios ($\chi^2_{(1)} = 1.33$, $p = 0.24$), lo que sugiere que las condiciones ambientales y de manejo no influyeron significativamente en la respuesta al tratamiento. No obstante, se observan diferencias claras entre tratamientos ($\chi^2_{(1)} = 22.22$, $p < 0.001$), tanto en Las Lajitas ($\chi^2_{(1)} = 29.89$, $p < 0.001$) como en La Berrona ($\chi^2_{(1)} = 16.22$, $p < 0.001$), siendo el tratamiento químico estadísticamente superior al tratamiento orgánico, con una eficacia del 99.9 % en los dos apiarios, lo que se asemeja a lo reportados por González et al. (2005), quienes encontraron que el fluvalinato presentó una eficacia de 98.5 %, mientras que en otra investigación realizada por Crespo et al. (2011), utilizando el fluvalinato reportaron eficacia del 74.7 % en el control del ácaro, este resultado es inferior a lo obtenido en este estudio, lo que podría deberse a que las colmenas muestreadas pudieran presentar casos de resistencia a este químico, los cuales son muy comunes con el uso intensivo como señalan Sorucu et al. (2025), la exposición continua a este piretroide puede favorecer a mutaciones en el canal de sodio de la abeja, lo que reduce significativamente la eficacia del tratamiento.

En cuanto al tratamiento orgánico contra la varroasis resultó con una eficacia del 75.73 % (Figura 2) en el apiario de Las Lajitas, este resultado es similar al reportado por Calderón et al. (2024), donde obtuvieron una efectividad del 74.4 % utilizando el mismo método, mientras que para el apiario La Berrona, la efectividad reportada fue del 85 %, similar al 86.8 % y 88.3 % reportado por Gallardo & Ordóñez (2018), al utilizar el mismo método y la misma dosis que en la presente investigación. Por otro lado, Villegas (2021), realizó una investigación en Ecuador donde reportó una efectividad de 84.45 % similar a los resultados obtenidos en este trabajo, además indica que la combinación de ácido oxálico con glicerina es viable para el control de la varroasis debido a que permite impregnarse de una mejor manera la cutícula de las abejas y de los ácaros.

Figura 2

Porcentaje de eficacia de los tratamientos químico y orgánico en los sitios de apiario, La Lajita y La Berrona. *** $p < 0.001$



El método de la toalla utilizado por nosotros permite una liberación lenta y prolongada en comparación de otros métodos como el método de goteo, y el método con tiras de cartón. Calderón et al. (2024), también señalan que el ácido oxálico además de ser biodegradable se ha comprobado no se han reportado niveles peligrosos en la miel. Así mismo Aguirre et al. (2007), mencionan que este ácido no representa un peligro para quienes lo preparan ni para los que lo aplican, siendo una solución viable para aquellos productores que desconocen qué productos utilizar.

Según Cameron et al. (2020), el ácido oxálico es más efectivo contra los ácaros que se encuentran en las abejas adultas, ya que no penetra bien en las celdas operculadas donde se desarrollan las larvas y pupas, esto se debe a que el ácaro por estar operculadas se encuentra protegidas de la acción del ácido oxálico, de igual manera los autores señalan que el ácido oxálico con glicerina es más efectivo contra el ácaro *V. destructor* cuando esta se encuentra en su fase forética. Sin embargo, los autores señalan que el momento oportuno para el control de este parásito es cuando se aplica el tratamiento y se interrumpe la cría, logrando la mayor eficacia contra el ácaro, esta interrupción de la cría se lleva a cabo enjaulando la reina en un breve periodo para así controlar y disminuir la población de ácaro en la colmena.

Por otra parte, Kosch et al. (2024), afirman que no existe evidencia sólida en los últimos 30 años de que la *V. destructor* haya desarrollado resistencia al ácido oxálico independientemente del método de aplicación, siendo esto altamente favorable, además de ofrecer una eficacia prolongada, no representa riesgos para la salud de las abejas ni para los productos destinados al consumo humano.



En este estudio no evidenció efectos adversos en las colmenas tratadas con ácido oxálico, este hallazgo coincide con los resultados reportados por Calderón et al. (2024), quienes en su investigación utilizando concentraciones similares no reportaron efectos que perjudiquen la salud de la colmena. De igual forma Villegas (2021), indicó que la administración del ácido oxálico mediante el método de toalla, el cual fue el utilizado en esta investigación, no generó efectos adversos en la colonia de abejas, lo que refuerza la evidencia de que esta sustancia representa una baja toxicidad para las abejas.

Un estudio realizado por Charriere & Imdur (2002), en el que evaluaron diferentes concentraciones de ácido oxálico 30, 37 y 45 g aplicadas por el mismo método mencionan que a partir de los 45 g se observa debilitamiento de la colmena, no obstante, en esta investigación al utilizar concentraciones de 12 g de ácido oxálico, no se observaron casos de debilitamiento en las colmenas.

La prueba de Fisher muestra que no existe diferencia significativa en la interacción entre tratamiento y zonas de muestreo en la colmena ($p > 0.99$), esto puede deberse a que en ambos lugares los tratamientos funcionaron de manera similar lo que provocó una reducción de la infestación tanto en las abejas de la cámara de cría como las de la piquera. Esto confirma que el tratamiento contribuye a la disminución de la varroasis de manera homogénea en toda la colmena. Como afirma Silva (2006), el ácido oxálico ayuda a disminuir el porcentaje de infestación en ambas áreas de la colmena.

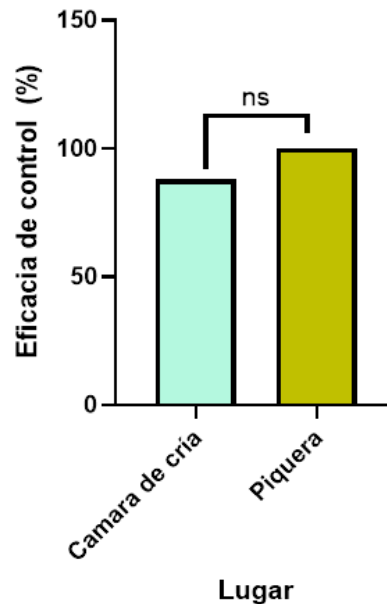
El fluvalinato, es un piretroide de acción por contacto que actúa sobre los canales de sodio dependientes de voltaje del sistema nervioso del ácaro, provocando su parálisis y muerte (Gosselin-Badaroudine & Chahine, 2017). Según afirma Bayer (2020), este químico al distribuirse por medio de contacto físico permite que su eficacia no se limite a una zona específica de la colmena, sino que abarca tanto a las abejas de la piquera como a las de la cámara de cría.

El ácido oxálico actúa principalmente por contacto, alterando el equilibrio fisiológico del ácaro mediante la acidificación externa y la desnaturalización de proteínas cuticulares, lo que provoca su deshidratación y posterior muerte (Rademacher & Harz, 2006).

Además, Rouibi et al. (2016), señalan que el ácido oxálico, al igual que el fluvalinato puede aplicarse sin generar diferencias significativas en la mortalidad de las abejas, incluidas las abejas nodrizas y las pecoreadoras, lo que refuerza los resultados obtenidos (Figura 3) donde ambos tratamientos se distribuyeron de manera similar en las zonas de la colmena.

Figura 3

Eficacia de tratamiento en porcentaje entre sitios de la colmena CC y P. ^{ns} $p < 0.05$.

**Peso final de las colmenas**

La prueba de Mann-Whitney no muestra diferencias significativas en el peso final de las colmenas entre apiarios ($U = 35.000$, $p = 0.65$) ni entre tipos de tratamientos ($U = 36.000$, $p = 0.75$). La prueba de Kruskal Wallis no muestra diferencias significativas en la interacción sitio tratamiento ($H = 0.55$, $p = 0.90$).

Este resultado puede atribuirse principalmente a que ambos tratamientos lograron un control efectivo del ácaro, reduciendo la carga parasitaria sin ocasionar efectos adversos en las abejas adultas ni en la cría. La reducción del estrés parasitario favorece la eficiencia metabólica y la inmunocompetencia de las abejas, permitiendo destinar más energía al cuidado de la cría, la recolección de néctar y polen (Bowen et al., 1999; Ramírez et al., 2021), permitiendo mantener el peso normal de las colmenas que fueron expuestas al tratamiento químico y orgánico.

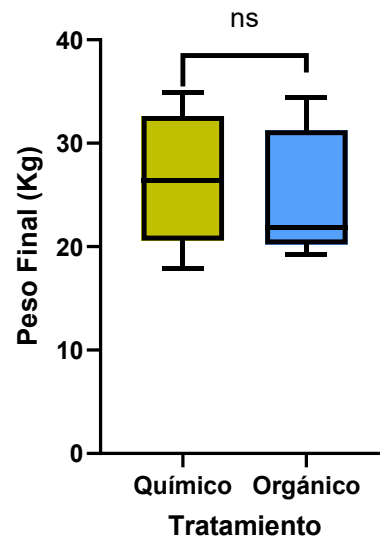
Cuando las poblaciones de *V. destructor* mantienen niveles bajos de infestación, puede conservar su estabilidad biológica. En una investigación realizado en Ecuador donde evaluaron los niveles bajos de infección de varroasis, concluyeron que cuando la tasa de infección de la *V. destructor* es muy baja entre 1.5 a 3 % existe una correlación positiva entre buen comportamiento higiénico y mayor producción de miel, lo que afirma que mantener los niveles de infestación bajo en las colmenas favorece la productividad y reservas de la colonia (Masaquiza et al., 2021).

Por otro lado, Noel et al. (2020), afirman que cuando los niveles de infestación por *V. destructor* son elevados disminuye el peso corporal y el contenido de agua de las abejas jóvenes emergentes, también describen que altera las habilidades de vuelo, retorno a casa y orientación de las abejas pecoreadoras, lo que a su vez limita la eficiencia en su capacidad de recolectar los recursos necesarios para el desarrollo de la colonia. Por el contrario, Morfin et al. (2022), afirman que las colmenas no parasitadas con el ácaro pesan un 5% más en comparación con las abejas que se

encuentran parasitadas. Así mismo Bowen & Gunn, (2001); Annoscia et al. (2012), confirman que las reducciones de peso por parasitismo de ácaros se debían por pérdida de la hemolinfa, el consumo de grasa corporal y reducción del contenido de agua y proteínas de las abejas.

Figura 4

Mediana, mínimo y máximo del peso final entre tratamientos. ^{ns} $p < 0.05$.



Incremento de peso de las colmenas

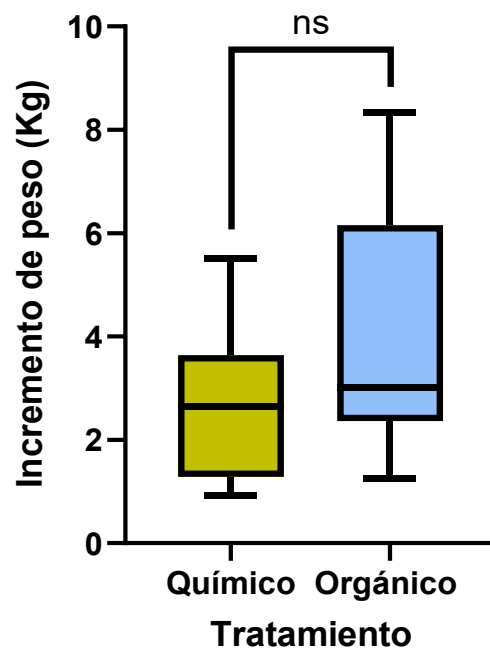
Los resultados mostraron que no hay diferencias significativas en el incremento de peso entre apiarios ($U = 35.000$, $p = 0.65$), tratamientos ($U = 35.000$, $p = 0.68$). La interacción sitio tratamiento no mostró diferencias significativas ($H = 0.43$, $p = 0.93$). Los hallazgos sugieren que, a pesar de la variación en los métodos de tratamiento químico y orgánico para el control del ácaro, las colmenas logran mantener un equilibrio fisiológico y productivo similar. Este comportamiento puede atribuirse a que la eficacia en la reducción del nivel de infestación en todos los tratamientos, lo que permitió que las abejas preservaran su estabilidad biológica y capacidad para recolectar néctar y producir miel, independiente del tipo de producto utilizado como señala Aronstein et al. (2012).

De acuerdo con Fries et al (2003); Delaplane & Hood (1999), cuando las poblaciones de *V. destructor* se mantienen por debajo del 3 % de infestación, el impacto sobre la dinámica de la colonia es mínimo y los parámetros productivos, como el peso total o las reservas de miel, tienden a estabilizarse. En este sentido, no se observó una disminución de peso en las colmenas durante el período de evaluación. Esto se relaciona directamente con la eficacia demostrada tanto por el tratamiento químico como por el orgánico, los cuales lograron mantener la infestación de *Varroa destructor* en rangos bajos y estables. Al evitar que los niveles de infestación superaran los umbrales críticos, se redujo el impacto sobre la dinámica de las colonias y no se generó un estrés como para afectar el crecimiento o desarrollo de las poblaciones. Es posible que estas condiciones fueran similares en ambos apiarios, lo que explicaría la similitud en la ganancia de peso observada (Figura 5).

Además, Guzmán et al. (2010), señalan que la productividad de la colmena no depende únicamente del nivel de infestación, sino también de otros factores ambientales y de manejo, como la disponibilidad floral, las condiciones climáticas y la fortaleza inicial de la colonia.

Figura 5

Mediana mínima, mediana máxima en el incremento de peso en Kg ^{ns} $p < 0.05$.

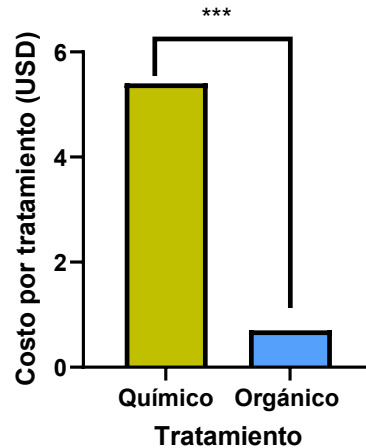


Costo promedio de los tratamientos

El tratamiento químico presentó un costo estadísticamente superior al tratamiento orgánico ($U=12.5$, $p < 0.003$). Este resultado confirma que, aunque el tratamiento químico fue más eficaz en el control de la *V. destructor*, su utilización representa una carga económica más elevada para los apicultores, el costo para el tratamiento químico fue de 5.40 USD por tratamiento, en comparación con el tratamiento orgánico que fue de 0.70 USD (Figura 6), coincidiendo con lo reportado por Minaya & Pérez (2022), que obtuvieron un costo por tratamiento de 0.95 USD y 0.48 USD y también lo reportado por Francia (2023), un costo alrededor de 1.36 USD por colmena.

Figura 6

Costo por tratamiento en los tratamiento químico y orgánico. *** $p < 0.001$.



En la eficacia no hubo diferencia significativa, desde un punto de vista práctico el uso del químico es insostenible para los pequeños y medianos productores, a pesar de que el tratamiento químico es efectivo su uso constante también se ve limitado por el riesgo a la resistencia de este químico al ácaro *V. destructor*, según Sáenz (2023), en un estudio previo en realizado en Costa Rica donde se evaluaron 17 de colmenas de *A. mellifera* se determinó que el 57% de las colmenas muestreadas presentaron poblaciones de ácaros resistentes a los piretroides, evidenciando que a lo largo de los años el uso excesivo del fluvalinato ha hecho que las colonias de abejas hayan desarrollado resistencia a este químico.

Aunque el fluvalinato presentó una mejor eficacia en comparación con el ácido oxálico en contra el ácaro *V. destructor*, la contaminación es uno de los problemas más difíciles de controlar. Como señalan Benito et al. (2021), las colmenas tratadas con fluvalinato presentan contaminación en productos como son cera y pan de abeja, también Dai et al. (2018), afirman que se encuentran restos en polen y miel, por ende, las larvas de colmenas tratadas con el fluvalinato serán alimentadas con una dieta contaminada, afectando así su desarrollo y supervivencia. De igual manera Neira et al. (2011), concluyen que los residuos de fluvalinato en la cera de la cámara de cría causan daño en el desarrollo larvario de las abejas obreras, disminuyendo proporcionalmente el peso y el tamaño de las larvas. Dai et al. (2018), también señalan que el fluvalinato puede afectar el rendimiento de la postura de la reina.

Margaoan et al. (2025), determinaron que el fluvalinato a pesar de ser acaricida altamente efectivo contra las infestaciones de *V. destructor*, tiene efectos adversos en la reproducción, el olfato y la producción de miel de las abejas *meliferas*, debido a que causa una disminución en los sentidos olfativos de las abejas, reduce la productividad de la miel y afecta en la memoria de las abejas.

El fluvalinato aparte de contaminar la colmena, es una sustancia altamente persistente en el ambiente, su estructura química, siendo liposoluble y no volátil, le confiere una vida prolongada en el suelo, de más de 100 días, según Wallner (1999). Esta sustancia puede permanecer de seis meses a dos años en la cera y en el pan de abeja según Bonzini et al. (2011), actuando como fuente constante de contaminación secundaria incluso después de finalizar el tratamiento, este piretroide sintético también es tóxico para organismos acuáticos, como los peces e invertebrados según la



EFSA (2010), a pesar de que estos se aplican en zonas apícolas, pueden llegar los ecosistemas acuáticos a través de escorrentías, desechos de cera contaminada o mal manejo de desechos del apiario, debido a su elevada lipófila estos compuestos tiende a unirse a sedimentos y materia orgánica.

En este sentido, resulta fundamental informar y capacitar a los productores apícolas sobre la existencia de métodos alternativos para el control de la varroasis que no solo resultan más económicos, sino que también mantienen una eficacia comparable a la de los tratamientos químicos tradicionales. Estas alternativas permiten a los apicultores proteger sus colmenas sin incurrir en gastos elevados ni generar impactos negativos en la salud humana, la calidad de los productos apícolas o el equilibrio ecológico del entorno. Además, al implementar estas estrategias de manejo integrado y sostenible, los productores no solo aseguran la viabilidad económica de sus operaciones, sino que también contribuyen al fortalecimiento de prácticas responsables dentro de la apicultura, fomentando la conservación ambiental y la seguridad alimentaria.

CONCLUSIONES

El nivel inicial de infestación por *Varroa destructor* fue moderado, lo que permitió evaluar la eficacia de los tratamientos en condiciones de presión parasitaria representativa.

El tratamiento con fluvalinato resultó ser el más eficaz para el control del ácaro, confirmando su efectividad frente a infestaciones moderadas en las colmenas estudiadas.

El peso final de las colmenas no mostró diferencias significativas entre tratamientos ni apiarios, lo que indica que las colonias mantuvieron estabilidad productiva durante el periodo experimental.

El tratamiento orgánico se destacó como la opción de menor costo al cierre del estudio, lo que lo convierte en una alternativa económicamente viable para los apicultores.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Adjlane, N., Tarek, E., & Haddad, N. (2016). Evaluation of Oxalic Acid Treatments against the Mite *Varroa destructor* Secondary Effects on Honey Bees *Apis mellifera*. *Journal Arthropod-Borne Diseases*, 10(4), 501-509.
- Aguirre, J., Demedio, J., & Roque, E. (2007). Eficacia varroicida del ácido oxálico en jarabe de sacarosa por goteo. *Salud Animal*, 29(2), 118-122.
- Aliano, N., Ellis, M., & Siegfried, B. (2006). Acute contact toxicity to *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and their *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) hosts in laboratory bioassays.



- Journal of Economic Entomology*, 99(5), 1579-1582. <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-99.5>.
- Annoscia, D., Del Piccolo, F., & Nazzi, F. (2012). How does the mite *Varroa destructor* kill the honeybee *Apis mellifera*? Alteration of cuticular hydrocarbons and water loss in infested honeybees. *Journal of Insect Physiology*, 58(12), 1548-1555. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.09.008>
- Aronstein, K. A., Saldivar, E., Vega, R., Westmiller, S., & Douglas, A. E. (2012). How *Varroa* Parasitism Affects the Immunological and Nutritional Status of the Honey Bee, *Apis mellifera*. *Insects*, 3(3), 601–615. <https://doi.org/10.3390/insects3030601>
- Bayer., AG. (2020). The *Varroa* mite: Biology, reproduction and control. Bayer Animal Health GmbH. Disponible en https://www.bayer.com/sites/default/files/The_Varroa_Mite_2020.pdf
- Bonzini, S., Tremolada, P., Bernardinelli, I., Colombo, M., & Vighi, M. (2011). Predicting pesticide fate in the hive (part 1): Experimentally determined τ -Fluvalinate residues in bees, honey and wax. *Apidologie*, 42(3), 378-390. <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0011-2>
- Benito, M., Bartolomé, C., Maside, X., Bernal, J., Bernal, J., Nozal, M., Meana, A., Botías, C., Hernández, R., & Higes, M. (2021). Residual Tau-Fluvalinate in Honey Bee Colonies Is Coupled with Evidence for Selection for *Varroa destructor* Resistance to Pyrethroids. *Insects*, 12(8), 731-731. <https://doi.org/10.3390/insects12080731>
- Bowen, P., Martin, S., & Gunn, A. (1999). The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera* L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. *Journal of Invertebrate Pathology*, 73(1), 101-106.
- Bowen, P. L., & Gunn, A. (2001). The effect of the ectoparasitic mite, *Varroa destructor* on adult worker honeybee (*Apis mellifera*) emergence weights, water, protein, carbohydrate, and lipid levels. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 101(3), 207-217.
- Cameron, J., Santen, E., & Ellis, J., (2020). Evaluación de la eficacia de la vaporización de ácido oxálico y la interrupción de la cría en el control de la plaga de abejas *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), *Journal of Economic Entomology*, 113, (2), 582-588, <https://doi.org/10.1093/jee/toz358>
- Calderón, R., & Sánchez, L. (2011). Diagnóstico de enfermedades en colmenas de abejas africanizadas en Costa Rica: prevalencia y distribución de setiembre a noviembre del 2007. *Agronomía Costarricense*, 35(2), 49-60.
- Calderón, R., Quiros, O., Ramírez, F., & Sánchez, L. (2024). Control integrado del ácaro *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) con ácido oxálico en colonias de abejas africanizadas en el trópico de Costa Rica. *Ciencias Veterinarias*, 42 (2), 1-19. <https://doi.org/10.15359/rcv.42-2.2>



- Cervo, R., Bruschini, C., Cappa, F., Meconcelli, S., Pieraccini, G., Pradella, D., & Turillazzi, S. (2014). La alta abundancia de ácaros *Varroa* influye en los perfiles químicos de las abejas obreras y en las preferencias de los ácaros y sus huéspedes. *Journal of Experimental Biology*, 217(17), 2998-3001. <https://doi.org/10.1242/jeb.099978>
- Collantes, R., Del Cid, R., Reina, L., & Garcia, M., (2024). Detección preliminar de *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) y su relación con factores climáticos en Panamá. *ResearchGate*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/377760101_Deteccion_preliminar_de_Varroa_jacobsoni_Acari_Varroidae_y_su_relacion_con_factores_climaticos_en_Panama
- Charriere, J., & Imdur, A. (2002). Tratamiento con ácido oxálico por goteo contra *Varroa destructor*: recomendaciones para su uso en Europa central y en condiciones climáticas templadas. *Bee World*, 83 (2), 51-60 <https://doi.org/10.1080/0005772X.2002.11099541>
- Dai, P., Jack, C., Mortensen, A., Bustamante, T., & Ellis, J. (2018). Toxicidad crónica de amitraz, cumafós y fluvalinato en larvas de *Apis mellifera* L. criadas in vitro. *Scientific Reports*, 8(1), 5635-5635. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24045-3>
- Delaplane, K., & Hood, W. (1999). Economic threshold for *Varroa jacobsoni* Oud. in the southeastern USA. *Apidologie*, 30(5), 383-395.
- Díaz, B., Moyón, J., & Boquero, M. (2019). Evaluación de tres alternativas para el control de varroasis (*Varroa destructor*) en apiarios ecuatoriano *Ciencia y Agricultura*, 16(1), 63-78. <https://www.redalyc.org/journal/5600/560059292005/html/>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2010). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance tau-fluvalinate. *EFSA Journal*, 8(12), 1894. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1894>.
- Francia, G. (2023). Métodos de aplicación del ácido oxálico en colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) para el control del ácaro (*Varroa destructor*). Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis para optar por título de ingeniera agrónoma. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6094>
- Fries, I., Imdorf, A., & Rosenkranz, P. (2003). Survival of mite infested (*Varroa destructor*) honey bee (*Apis mellifera*) colonies in a Nordic climate. *Apidologie*, 34(4), 389-397.
- Frigolí, L., & Poffer, D. (2019). Monitoreo y control de varroasis. Obtenido de INTA: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_monitoreo_y_control_de_varroasis.pdf
- Gallardo, H., & Ordóñez, A. (2018). Evaluación de dos métodos de tratamiento con ácido oxálico para el control de *Varroa destructor* en colonias de abejas *Apis mellifera* L. Mexico. <https://hermeshoney.com/2019/wp-content/uploads/2019/08/Evaluacion-de-dos-metodos->



[de-tratamiento-con-acido-oxalico-para-el-control-de-Varroa- destructor-en-colonias-de-abejas-Apis-mellifera-L.pdf](#)

- González, D., Candia, D., Suárez, J., Salas, L., & Quilodran, O. (2005). Comparación de la eficacia del ácido fórmico y del fluvalinato, como métodos de control de *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) en colmenas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), en Ñuble, centro sur de Chile. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 64(3), 35-42. <https://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v64n3/v64n3a04.pdf>
- Gosselin-Badaroudine, P., & Chahine, M. (2017). Biophysical characterization of the *Varroa destructor* NaV1 sodium channel and its affinity for τ -fluvalinate insecticide. *FASEB journal: official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, 31(7), 3066–3071. <https://doi.org/10.1096/fj.201601338R>
- Guzmán, E., Eccles, L., Calvete, Y., McGowan, J., Kelly, P. G., & Correa, A. (2010). *Varroa destructor* is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada. *Apidologie*, 41(4), 443–450. <https://doi.org/10.1051/apido/2009076>
- Jack, C., Sperry, N., Mortensen, AN., & Ellis, J. (2020). How to quantify *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies: ENY-173/IN125710/2019. *EDIS*, 2020 (1), 8. <https://doi.org/10.32473/edis-in1257-2019>
- Kosch, Y., Mülling, C., & Emmerich, I. (2024). Resistencia de *Varroa destructor* al tratamiento con ácido oxálico: una revisión sistemática. *Veterinario. Ciencia.*, 11 (9), 393; <https://doi.org/10.3390/vetsci11090393>
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). (2012). Patología, diagnóstico y control de las principales enfermedades y plagas de las abejas melíferas. (E. Guzmán Novoa, & A. Correa Benitez, Edits.) D.F., Mexico: Yire.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2021). Buenas prácticas apícolas para una apicultura sostenible. <https://www.fao.org/agroecology/database/detail/es/c/1447417/>
- Maggie, M., Tourn, E., Negri, P., Szawarski, N., Marconi, A., Gallez, L., Medici, S., Ruffinengo, S., Brasesco, C., De Feudis, L., Quintana, S., Sammataro, D., & Eguaras, M. (2015). A new formulation of oxalic acid for *Varroa destructor* control applied in *Apis mellifera* colonies in the presence of brood. *Apidologie*, 47, 596-605. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0405-7>
- Mariani, F., Lambrech, R., & Testiani, M. (2003). Evaluación del ácido fórmico para el control de la varroasis en la colmena en mielada. *Vida Apícola*, 122, 48-51.
- Margaoan, R., Papa, G., Nicolescu, A., Cipeigan, M., Kösoğlu, M., Topal, E., & Negri, I. (2025). Environmental pollution effect on honey bees and their derived products: a comprehensive



- analysis. *Environmental science and pollution research international*, 32(16), 10370-10391. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33754-4>
- Martínez, K. (2015). Evaluación de diferentes variedades de *Oxalis tuberosa* (OCA) para la obtención de harina con fines industriales. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador.
- Martínez, P.J.F., Gómez Leyva, J.F., González Cortés, N., Catzím Rojas, F.J., Sánchez Melo, Y., & Payró de la Cruz, E. (2022). Presencia de *Varroa destructor*, *Nosema* spp. y *Acarapis woodi* en colonias de abejas de Tabasco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(2), 303-315.
- Masaquiza, D., Vargas, J., Ortiz, N., Salazar, R., Curbelo, L., Perez, A., Cuberlo, L., Perez, A., & Arenal, A. (2021). Hygienic Behavior of *Apis mellifera* and Its Relationship with *Varroa destructor* Infestation and Honey Production in the Central Highlands of Ecuador *Insectos*, 2021(12), 966. <https://doi.org/10.3390/insects12110966>
- Minaya, D., & Pérez, 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. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. Trabajo de grado para obtener doctorado en medicina veterinaria. <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/4333>
- Morfin, N., Rawn, D., Petukhova, T., Kozak, P., Eccles, L., Chaput, J., Pasma, T., & Guzmán-Novoa, E. (2022). *Surveillance of synthetic acaricide efficacy against Varroa destructor in Ontario, Canada*. *The Canadian Entomologist*, 154(1), e17. <https://doi.org/10.4039/tce.2022.4>
- Nanetti, A., Büchler, R., Charriere, J., Fries, I., Helland, S., Imdorf, A., Kornela, S., & Kristiansen, P. (2003). Oxalic acid treatments for varroa control (Review). *Apiacta*, 38, 81-87.
- Neira, M., Kauzalrich, C., Navarro, G., Dörner, K., & Manquián, N. (2011). Residuos de tau fluvalinato (piretroide) en la cera de la cámara de cría y su efecto sobre larvas de abejas de la casta obrera (*Apis mellifera* L.) *Agro Sur*. 39(1), 24-34. <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v39n1/art03.pdf>
- Noël, A., Conte, Y., & Mondet, F. (2020). *Varroa destructor*: how does it harm *Apis mellifera* honey bees and what can be done about it? *Emerging Topics in Life Sciences*, 4(1), 45-57. <https://doi.org/10.1042/etls20190125>
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). (2021). Varroasis de las abejas melíferas (infestación de las abejas melíferas por *varroa* spp.), 3.2.6. https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahm/3.02.06_VARROOSI_S.pdf
- Quirós, O. (2023). Efectividad del ácido oxálico en el control integrado del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de abejas africanizadas en Atenas, Alajuela. Trabajo Final de Graduación para optar por el Grado Académico de Licenciatura en Medicina Veterinaria.



Facultad de ciencias de la salud.

<https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/64a3879f-9162-4cb9-9ff0-a8e8aa614159/content>

- Rademacher, E., & Harz, M. (2006). Oxalic acid for the control of varroosis in honey bee colonies - a review. *Apidologie*, 37(1), 98-120. <https://doi.org/10.1051/apido:2005063>
- Ramos, A., De la Mora, Á., Contreras, F., Morfín, N., Tapia, J., Macías, J., Petukhova, T., Correa, A., & Guzmán, E. (2024). Prevalencia e intensidad de varroosis y nosemosis de las abejas melíferas (*Apis mellifera*) en seis regiones del estado de Jalisco, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 15(1), 98-114. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.6434>
- Ramírez, E., Martínez, J., & Torres, C. (2021). Evaluación de tratamientos orgánicos en el control de *Varroa destructor* y su efecto en la dinámica poblacional de *Apis mellifera*. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 13(2), 45-56.
- Rouibi, A., Bouchema, Wided., Loucif-Ayad, W., Achou, M., & Soltani, N. (2016). Risks assessment of two acaricides (fluvalinate and oxalic Acid) in *Apis mellifera* intermissa (Hymenoptera, Apidae): Acetylcholinesterase and glutathione S-transferase activities *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(2), 504-508.
- Sáenz, C. (2023). Evaluación del desarrollo de resistencia del ácaro varroa a los acaricidas químicos Apistan® y Bayvarol®. Trabajo presentado para optar al grado de Máster en Apicultura Tropical. Universidad Nacional Heredia Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/71be2160-0e6a-4f12-9c67-82414decd7f1/content>
- Silva, A. (2006). Evaluación del ácido oxálico sobre *Varroa destructor* Anderson y Trueman (Acari: Mesostigmata), aplicado en otoño sobre colonias de *Apis mellifera* L (Hym: Apidae). Tesis para optar al grado de licenciado en agronomía. Universidad Austral De Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fas586e/doc/fas586e.pdf>
- Sorucu, A., Çöl, B., Esra Dibek., & Babayeva, A. (2025). Assessing Phenotypic and Genotypic Resistance to Flumethrin in *Varroa destructor* Populations in Muğla, Türkiye. *Insects*, 16(6), 548. <https://doi.org/10.3390/insects16060548>
- Villegas, X. (2021). Prevalencia y manejo integrado del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de abejas africanizadas. Trabajo presentado para optar al grado de Máster en Apicultura Tropical. Universidad Nacional Presbítero Benjamín Núñez. <https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/aa92dff-d3f2e-4992-953b-f0f93bf48033/content>
- Wallner, K. (1999). Varroácidos y sus residuos en productos apícolas. *Apidología*, 30 2-3,235-248. <https://doi.org/10.1051/apido:19990212>