



# Control de varroasis en abejas melíferas utilizando acaricida natural a base de aceite de Neem, una solución ecológica y eficaz

Control of varroasis in honey bees using a natural acaricide based on Neem oil, an ecological and effective solution

Yépez-Rosado, Ángel Joel<sup>1\*</sup>

Verdezoto-Michuy, Carmen Lizbeth<sup>2</sup>

Morales-Cabezas, Diana Carolina<sup>3</sup>

Cabezas-Congo, Ronald Roberto<sup>1</sup>

Yépez-Yáñez, Angel Bolívar<sup>3</sup>

Vera-Párraga, Jennifer Kasandra<sup>1</sup>

Palma-Roxana, Patricia<sup>1</sup>

Zambrano-Flores, Jeison Daniel<sup>1</sup>

Chamorro-Palacios, Angel Antonio<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

<sup>3</sup>Unidad Educativa Liceo Héroes del 41, Quevedo, Ecuador

Recibido: 03 Abr. 2024 | Aceptado: 30 Jun. 2024 | Publicado: 10 Jul. 2024

Autor de correspondencia\*: [yangeljoel6@gmail.com](mailto:yangeljoel6@gmail.com)

Cómo citar este artículo: Yépez-Rosado, Á. J., Verdezoto-Michuy, C. L., Morales-Cabezas, D. C., Cabezas-Congo, R. R., Yépez-Yáñez, A. B., Vera-Párraga, J. K., Palma-Roxana, P., Zambrano-Flores, J. D., & Chamorro-Palacios, A. A. (2024). Control de varroasis en abejas melíferas utilizando acaricida natural a base de aceite de Neem, una solución ecológica y eficaz. *Revista de Veterinaria y Zootecnia Amazónica*, 4(2), e750. <https://doi.org/10.51252/revza.v4i2.750>

## RESUMEN

La investigación se realizó durante 5 semanas, evaluando distintos tratamientos con diferentes niveles de aceite de neem para controlar *Varroa destructor* en colmenas de abejas. Se utilizaron 4 tratamientos con aceite comercial de neem en concentraciones de 0%, 0,33%, 0,66% y 1,32%, aplicando cada uno a 4 colmenas, sumando un total de 16 unidades experimentales. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) para los tratamientos y repeticiones, con fumigaciones realizadas cada 7 días durante las 5 semanas, recolectando datos correspondientes a cada variable. Al finalizar el experimento, se observó que el tratamiento con 1,32% de aceite de neem (T3) registró el menor porcentaje de infestación en abejas adultas, alcanzando un 13,7%. Este tratamiento demostró ser el más efectivo en la reducción del porcentaje de infestación de *Varroa* en las colmenas, confirmando la eficacia del aceite de neem como un acaricida natural y ecológico en el control de *Varroa destructor* en abejas melíferas.

**Palabras clave:** acaricida; *apis mellifera*; Varroa; varroasis

## ABSTRACT

The study lasted 5 weeks, during which different treatments with varying levels of neem oil were evaluated to control (*Varroa destructor*) in bee colonies. Four treatments with commercial neem oil were used at concentrations of 0%, 0.33%, 0.66%, and 1.32%, each applied to 4 bee colonies, totaling 16 experimental units. A Completely Randomized Design (CRD) was employed for the treatments and repetitions, with fumigations carried out every 7 days over the 5-week period, collecting data for each variable. At the end of the experiment, it was observed that the treatment with 1.32% neem oil (T3) recorded the lowest infestation rate in adult bees, reaching 13.7%. This treatment proved to be the most effective in reducing the infestation rate of *Varroa* in the colonies, confirming the effectiveness of neem oil as a natural and ecological acaricide in controlling *Varroa destructor* in honey bees.

**Keywords:** acaricide; *apis mellifera*; Varroa; varroasis



## 1. INTRODUCCIÓN

*Apis melífera* (Linnaeus), una abeja de miel, es un insecto eusocial ampliamente conocido por su papel en la polinización, un servicio de ecosistemas esencial para la biodiversidad vegetal y la calidad de las verduras y los productos hortofrutícolas. Además, las abejas y los productos de abeja son bioindicadores valiosos de contaminantes, como partículas transportadas por el aire, metales pesados y plaguicidas (1). El ácaro ectoparasitario distribuido casi globalmente de la abeja *Apis melífera*, *Varroa destructor*, ha formado una asociación letal con el virus del ala deformada, un virus del ARN otrora raro y benigno. Ambos han matado a millones de colonias salvajes y administradas, particularmente en todo el hemisferio norte, lo que ha obligado a la necesidad de una aplicación regular de acaricidas para garantizar la supervivencia de colonias (2).

El recubrimiento de células es un rasgo conductual de las abejas (*Apis melífera*) donde las células con pupas en desarrollo están sin tapujos, inspeccionados y luego rescatados, sin quitar la pupae. El ácaro ectoparasí (*Varroa destructor*), que podría ser la plaga más destructiva en la apicultura mundial, invade las células de la pupa en desarrollo para alimentarse y reproducirse. Las abejas que apuntan a células infestadas de ácaros con este comportamiento pueden alterar el ciclo reproductivo del ácaro (3).

La globalización ha facilitado la propagación de plagas emergentes como el ácaro destructor *Varroa*, lo que ha dado lugar a la distribución casi global de la plaga (4). Los trabajadores de abejas (*eruceros*) especializados en la eliminación de larvas enfermas son más propensos a especializarse también en la eliminación de adultos muertos, potencialmente aumentando la eficiencia de la colonia y la defensa contra las enfermedades (5). En las últimas décadas, el ácaro ectoparas (*Varroa destructor*) ha sido una amenaza significativa para las colonias de abeja de miel (*Apis melífera*) en todo el mundo (6). El aceite de neem mata eficazmente a los ácaros de las abejas (*Varroa jacobsoni*) y (*Acarapis woodi*), lo que ofrece potencial para el manejo simultáneo de varias plagas de abejas (7). Por estas razones, se han promovido métodos alternativos de control. En los últimos años, la tendencia mundial ha sido el uso de sustancias naturales, particularmente algunos ácidos orgánicos (8).

El extracto de aceite de semilla Neem rechaza efectivamente el acaro de la Varroa, con la mayor concentración, logrando un 98% de prevención del asentamiento destructor de Varroa en pupas de abeja y 100% de mortalidad a 72 horas (9). El manejo integrado de plagas (IPM) puede mejorar el control de Varroa en las colonias de abejas miel, pero se necesitan tratamientos rentables y reducción del uso químico para fomentar la adopción por parte de los apicultores (10).

El presente estudio desarrolló un acaricida natural a base de aceite de neem para controlar ácaros como *Varroa destructor* en abejas melíferas, beneficiando al sector apícola. Los resultados demostraron que el aceite de neem es un acaricida natural eficaz. En particular, una concentración del 0.66% proporcionó los mejores resultados, equilibrando eficacia y seguridad para las abejas debido a las propiedades pesticidas naturales del neem que no son perjudiciales para otros organismos (11). Los objetivos específicos incluyen controlar Varroasis (*Varroa destructor*) en abejas melíferas (*Apis melífera*) mediante el uso de un acaricida natural con base en aceite de neem (*Azadirachta indica*), determinar el porcentaje de la Varroa en las colmenas de abejas melíferas, evaluar el porcentaje de efectividad de los tratamientos, de la misma manera y establecer el costo de los tratamientos a ejecutar.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización

La investigación se llevó a cabo en los predios del campus de la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, situada en el km 7.5 de la vía Quevedo – El Empalme, Cantón

Mocache, Provincia de Los Ríos. Ubicado en las coordenadas geográficas 01°03'18" de Latitud sur y 79°25' 24" de longitud oeste, a 75 m.s.n.m. las condiciones agroclimáticas se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Condiciones agroclimáticas del lugar experimental*

Parámetros	Promedio
Temperatura (°C):	25
Precipitación (mm/año <sup>-1</sup> ):	2223,85
Humedad relativa (%):	86
Heliofanía (horas/luz/año):	899
Zona ecológica:	Bh-T

*Fuente:* Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Meteorológica del INHAMI ubicada en la Estación Experimental Pichilingue, 2022

## 2.2. Diseño de la investigación

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), el cual consistió en evaluar niveles de aceite comercial de neem (0%, 0,33%, 0,66%, 1,32%), para el control del ácaro *Varroa destructor* en abejas para cada uno de los tratamientos. Se implementó cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones. La comparación de las medidas de los tratamientos se realizó de acuerdo con la prueba de Tukey al 5% (12). Para el análisis se utilizó el programa estadístico SAS (13), el esquema del Anova se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2.**

*Esquema del ANOVA*

Fuente de Variación	Fórmula	Grados Libertad
Tratamiento	(t-1)	3
Error experimental	T(r-1)	12
<b>Total</b>	(t x r)-1	15

## 2.3. Descripción de los tratamientos

Para la ejecución de los tratamientos se determinó 3 niveles y un testigo (tratamiento control), NEEM 0,33%, NEEM 0,66% y NEEM 1,32% como se observa en la tabla 3, croquis de campo de la distribución de los tratamientos de la investigación bajo estudio.

**Tabla 3.**

*Descripción de los tratamientos*

Niveles de aceite de neem	Tratamientos	Repeticiones	U. E.
Aceite de neem (0%)	T1	4	4
Aceite de neem (0,33%)	T2	4	4
Aceite de neem (0,66%)	T3	4	4
Aceite de neem (1,32%)	T4	4	4
<b>Total</b>			<b>16</b>

## 2.4. Variables a evaluar

### 2.4.1. Porcentaje de infestación del Ácaro en abejas adultas

Se recolectaron una cantidad significativa de abejas en un frasco o recipiente de plástico al cual se le colocó una solución de alcohol etílico al 70% y se agitó por 15 minutos con el cual el ácaro se desprendió y así se obtuvo el número de abejas adultas y el número de ácaros por colmena de cada tratamiento. Se tomó el porcentaje de infestación en abejas adultas mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 1.** Infestación de ácaro en abejas adultas

$$\% \text{ infestación} = \frac{\# \text{ acaros}}{\# \text{ abejas adultas}} * 100$$

**2.4.2. Porcentaje de infestación del Ácaro en crías operculadas**

Se tomó los marcos donde se encontraban las crías, la cuales se revisaron en el fondo de cada celda si existe o no la presencia del ácaro, tanto en la celda como en las larvas y así se obtuvo el número de celdas desperculadas y el número de celdas con presencia de ácaro. Para ello se tomó del porcentaje de infestación en larvas operculadas se calculó mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 2.** Infestación de ácaro en crías operculadas

$$\% \text{ infestación} = \frac{\# \text{ celdas con Acaro}}{\# \text{ celdas deoperculadas}} * 100$$

**2.4.3. Efectividad de los Tratamientos**

Se determinó mediante los datos obtenidos del porcentaje de infestación del ácaro durante el antes y el después de la aplicación del aceite de neem. Dicha eficacia se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 3.** Eficacia de los tratamientos

$$\text{Eficacia} = \frac{\% \text{ de infestacion inicial} - \% \text{ de infestacion final}}{\% \text{ infestación inicial}} * 100$$

**2.4.4. Peso de la Colmena**

Para esta variable se determinó tomando el peso de la colmena en una balanza electrónica, esta se realizó de dos maneras, una antes de la aplicación de los niveles de aceite de neem y la otra al finalizar la realización de la investigación, el peso se tomó en las horas de menos actividad lo cual fue en las primeras horas de la mañana, se pesó cada colmena de cada tratamiento y de sus respectivas repeticiones y se sacó un promedio de cada uno de los tratamientos, y así se determinó el peso real de la colmena.

**2.5. Costos de los Tratamientos**

Para este parámetro se realizó un análisis económico del valor de cada tratamiento y se determinó en función de ¿cuál de todos es, el que obtuvo mayor rentabilidad e incremento poblacional de las colmenas?

**2.6. Procedimiento experimental**

El trabajo experimental estuvo conformado por 16 colmenas de abejas melíferas correspondiente a una alza, con una densidad población entre 5900 a 7900, de la misma forma se evaluó cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones, donde los tratamientos estuvieron distribuidos de forma aleatoria, luego se le suministró, los distintos niveles de aceite de neem (0%, 0,33%, 0,66%, 1,32%), a cada uno de los tratamientos, los intervalos de la fumigación, fue cada 7 días y luego se aplicó el acaricida abriendo la colmena y rociándola mediante un atomizador el aceite comercial sobre las abejas, entre los bastidores dependiendo con niveles que se suministró a cada tratamiento, el desarrollo del experimento se desarrolló, durante cinco semanas, y se determinó la eficacia del acaricida sobre la plaga, luego se tomaron los datos correspondientes a cada variable, se generaron las conclusiones y recomendaciones sobre el uso del acaricida y se determinó, si incide o no en el comportamiento de los ácaros y si afecta a las abejas.

## 2.7. Tratamiento de los datos

En función de los datos recolectados estos fueron sometidos al diseño experimental DCA, teniendo como respuesta experimental: Infestación de ácaro en abejas adultas, efectividad de los tratamientos, y establecer el mejor tratamiento, según lo descrito por Yépez et al. (14), con la utilización del paquete estadístico SAS.

## 3. RESULTADOS

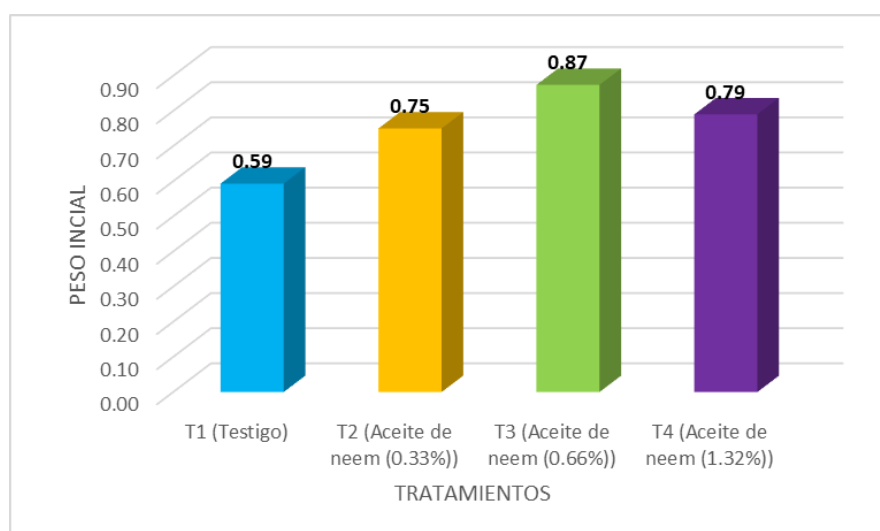
### 3.1. Número de ácaros caídos al día

En la figura 1. El número de ácaros caídos al día en la primera semana pre-aplicación de los tratamientos fue de 3 para las colmenas pertenecientes al tratamiento T1 (testigo), 4 para el tratamiento T2 (aceite de Neem al 0,33%), 5 para el tratamiento T3 (aceite de Neem al 0,66%) y 4 para el tratamiento T4 (aceite de Neem al 1,32%), lo cual significó una población baja de ácaros en las colmenas en la pre-aplicación de los tratamientos correspondiente a la primera semana como se observa en la figura 1. La caída de los ácaros en la última semana pos-aplicación de los tratamientos, en el presente estudio se puede observar en la figura 9, la cantidad de ácaros fue de 15 para el tratamiento T1 (testigo), 11 para el tratamiento T2 (aceite de Neem al 0,33%), 18 para el tratamiento T3 (aceite de Neem al 0,66%) y 15 para el tratamiento T4 (aceite de Neem al 1,32%), lo cual indica que existe una población alta de ácaros caídos al día, posteriormente estos resultados obtenidos demuestran que el tratamiento en base a la aplicación de 0,66% de aceite de neem actuó tanto en la primera semana como la última siendo este el mejor en base al número de ácaros caídos.

### 3.2. Porcentaje de infestación del ácaro en abejas melíferas

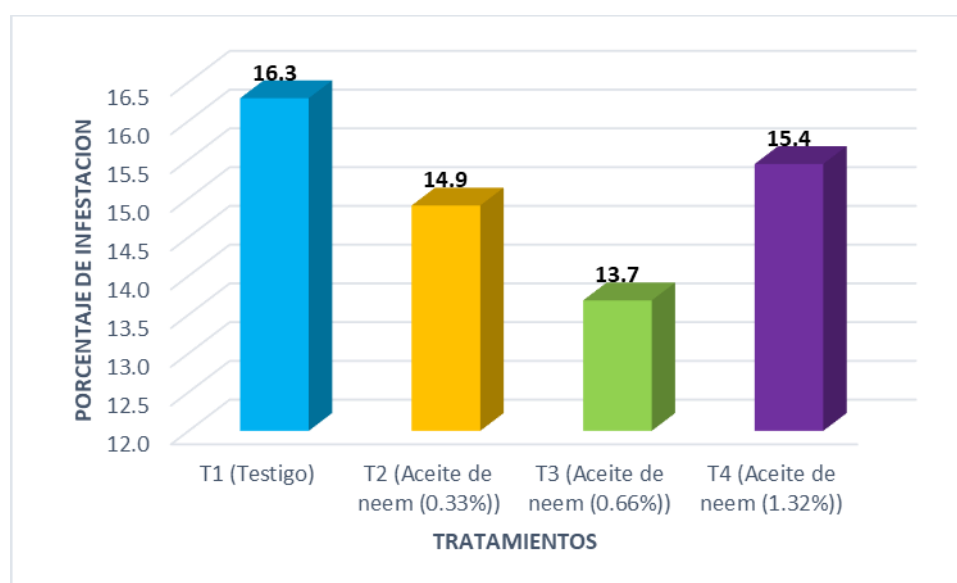
En la figura 2 se puede observar los porcentajes correspondientes a la infestación del ácaro en abejas melíferas en donde el tratamiento que menor porcentaje de infestación obtuvo, fue el 3, con 13,7% al incluir el 0,66% de aceite, mientras que el tratamiento que presentó mayor infestación fue el testigo con el 16,3%. Ariahuacho et al. (15), en la evaluación de productos alternativos para controlar la *Varroa destructor* en abejas melíferas reportó valores inferiores a este estudio con el 2,3% de infestación al aplicar el acaricida oxálico.

Mientras que Reyna et al. (16), en el efecto de tres moliendas vegetales con el fin de controlar el acaro *Varroa destructor* reportó valores inferiores a este estudio con 2,05% al aplicar orégano en polvo. Sin embargo, Díaz (17), quien evaluó tres alternativas que permitan el control de la varroasis obtuvo valores inferiores a este estudio en donde al aplicar ácido fórmico se obtuvo 10,50% de infestación. Polo et al (18), mientras tanto al determinar el índice de infestación de varroa obtuvo valores inferiores a este estudio con el 7,4%. A su vez Kolics (19), al estimar la infestación del acaro varroa en las colmenas reportó valores inferiores a este estudio indicando que al aplicar el ácido oxálico mediante goteo 100 g/L obtuvo 5% de infestación. Mientras que Guerrero (20), al aplicar 0,4 g de litio alcanzó un valor inferior a este estudio de 7,93% de infestación.



**Figura 1.** Ácaros caídos

A su vez Reyna et al. (16), al evaluar el efecto de tres moliendas vegetales para controlar el acaro *Varroa destructor* en abejas se observó valores inferiores a este estudio al aplicar *L. nobilis* obtuvo 1,66% de infestación a los 21 días que duró la investigación. Ariahuacho et al (15), al aplicar productos alternativos naturales que permitan controlar la *Varroa destructor* en abejas melíferas reportó valores inferiores a este estudio en donde a los 16 días obtuvo 4,2% de infestación al utilizar el timol. Maya et al (21), al realizar tratamientos estacionales con Amitraz contra *Varroa destructor* reportó valores inferiores a este estudio en donde en la época de verano se obtuvo un 0,69% de infestación después de haber aplicado el respectivo tratamiento.



**Figura 2.** Porcentaje de infestación del acaro en abejas adultas

### 3.3. Porcentaje de infestación del ácaro en crías operculadas

En base a los valores presentados en la tabla 4, indica que en la semana 1 y 5 no existen diferencias significativas, por el contrario en las semanas 2, 3 y 5 se puede constatar que existen diferencias significativas entre sus tratamientos, el porcentaje de ácaros presentes en las colmenas se vieron afectados al incluir diferentes niveles del acaricida natural en aceite, lo cual redujo considerablemente la presencia de los ácaros en las colmenas, siendo el T3 (aceite de neem al 0,66%) el mejor tratamiento que logró



disminuir el porcentaje de 20,72% a 12,97%, el cual es un promedio considerable a comparación de los demás tratamientos.

Guerrero (20), en su investigación acerca de la evaluación de varios niveles de cloruro de litio añadido a la dieta de las abejas como una estrategia para gestionar el *Varroa destructor*, el autor informó resultados que fueron menores en comparación con los obtenidos en este estudio con 1,25% de infestación al aplicar 0,6 g de cloruro de litio.

Mientras tanto Moyón (22), al realizar la evaluación de tres diferentes alternativas para controlar la varroasis reportó valores inferiores a este estudio en el cual al aplicar ácido fórmico obtuvo 0,52% de infestación indicando así que, este tratamiento fue efectivo ya que disminuyó en 9,225 puntos porcentuales de infestación por varroa. Reyes (23), mientras tanto en su estudio sobre la efectividad de cuatro acaricidas para controlar el acaro *Varroa destructor* en abejas melífera reportó valores inferiores a este estudio con una infestación de 0,21% al aplicar el acaricida cumafós.

**Tabla 4.**

*Porcentaje de infestación de ácaro en crías operculadas bajo el uso de un acaricida natural con base en aceite de Neem*

	Tratamientos				E.E	CV (%)	P-valor
	T1	T2	T3	T4			
<b>Semana 1</b>	22,26a	26,84a	20,72a	25,18a	2,75	23,18	0,4246
<b>Semana 2</b>	25,52a	40,64a	23,71a	31,06a	4,07	26,93	0,0498
<b>Semana 3</b>	26,05a	33,32a	26,61a	46,71b	3,02	18,23	0,0013
<b>Semana 4</b>	29,89a	31,80a	25,22a	36,29a	4,13	26,79	0,3398
<b>Semana 5</b>	20,27ab	23,31b	12,97a	20,24ab	2,42	25,19	0,0576

Nota: E.E = Extracto etalónico, CV= Curva de variación

En la aplicación de ácido fórmico, se logró una efectividad del 58%, mientras que con el timol se obtuvo un 17%. En cuanto Reyes (23) en cuanto a la eficacia expresada en porcentajes de los tratamientos evaluados, se ha establecido de manera evidente que los tratamientos con cumafós y timol fueron los más efectivos en la reducción de la presencia de *Varroa* registrándose una efectividad superior a este estudio del 97,72% para el cumafós y del 87,16% para el timol.

Sin embargo, Moyón (22) indica que en la aplicación quincenal de ácido fórmico al 85%, realizada en dos ocasiones, demostró ser la estrategia más efectiva para controlar la presencia de *Varroa destructor* en la colmena, con un rendimiento promedio superior del 95.1% en términos de eficacia. Villegas (24), por otro lado al aplicar ácido oxálico mediante el método de aplicación mediante goteo, utilizando una concentración de 35 g/L de ácido oxálico, resultó en una eficacia superior a este estudio del 89%. Así mismo Guerrero (20), reportó valores superiores a este estudio en donde los tratamientos con LiCl (0,6 g) y LiCl (0,8 g) exhibieron los resultados más destacados en la gestión de *Varroa* en las colmenas, logrando una eficacia del 100%.

**Tabla 5.**

*Porcentaje de efectividad de los tratamientos bajo el uso de aceite Neem*

Tratamiento	% de Infestación inicial	% de Infestación final	% efectividad
T1R1	21,18	19,28	8,85
T1R2	28,92	26,15	
T1R3	20,00	18,06	
T1R4	18,92	17,57	
T2R1	35,37	31,03	13,39
T2R2	28,42	25,00	
T2R3	22,92	19,54	
T2R4	20,65	17,65	

T3R1	20,65	15,28	36,79
T3R2	22,06	11,11	
T3R3	16,49	11,36	
T3R4	23,68	14,12	
T4R1	19,74	14,77	19,72
T4R2	24,66	19,77	
T4R3	20,99	17,57	
T4R4	35,00	28,85	

### 3.4. Efectividad de los tratamientos

La efectividad de los tratamientos se determinó tomando como referencia la disminución porcentual de la tasa de infestación inicial con la final, en base a la tabla 4, se indica que el tratamiento que presentó mayor eficiencia fue el T3 (0,66% de aceite Neem) con un promedio de 36,79% y el de menor efectividad el T1 (testigo) con 8,85%. Calderón et al (25), al verificar la eficacia del ácido fórmico y el timol como tratamientos para gestionar el ácaro *Varroa destructor* en abejas africanizadas, el investigador presentó resultados más altos en comparación con este estudio.

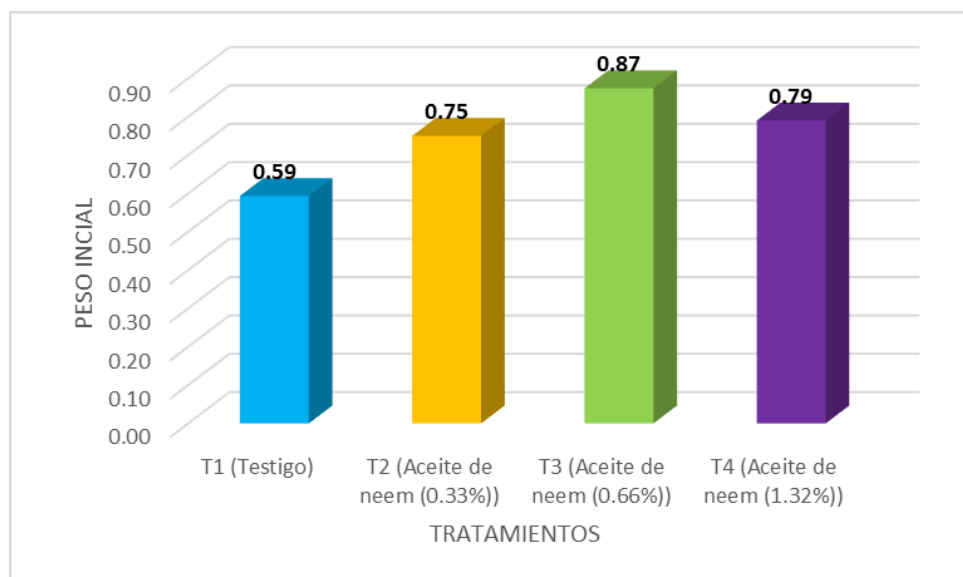


Figura 3. Peso inicial de las colmenas

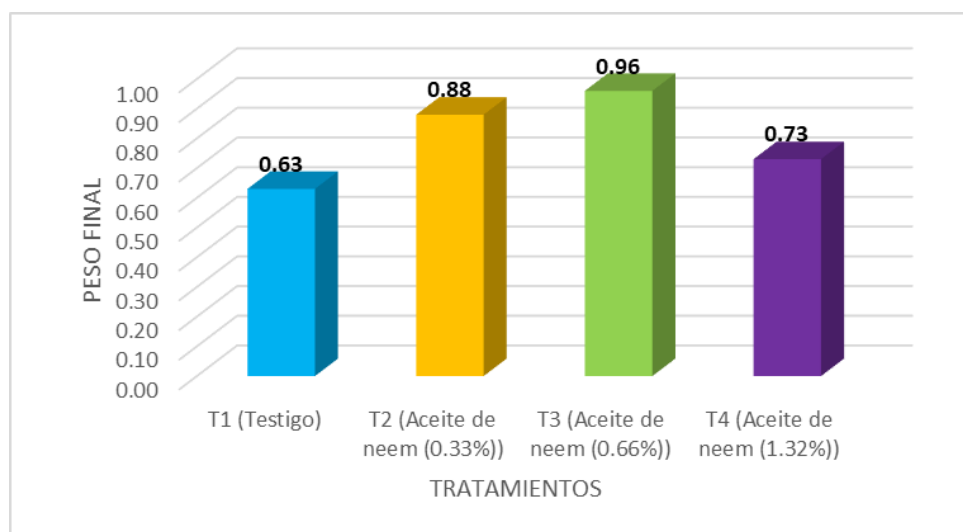


Figura 4. Peso final de las colmenas



**Tabla 6.***Evaluación de los costos generados de los tratamientos*

Productos	U.M	Cost.	Cant.	T1		T2		T3		T4	
				Cant.	Cost. (\$)	Cant.	Cost. (\$)	Cant.	Cost. (\$)	Cant.	Cost. (\$)
Aceite neem	ml	\$30,00	1000	0	\$ -	26,4	\$0,79	54,8	\$1,64	79,2	\$2,38
Traje	U	\$65,00	2	2	\$130,00	2	\$130,00	2	\$130,00	2	\$130,00
Guantes	Par	\$12,00	2	2	\$24,00	2	\$24,00	2	\$24,00	2	\$24,00
Atomizador	U	\$2,00	1	1	\$2,00	1	\$2,00	1	\$2,00	1	\$2,00
Transporte	Días	\$4,00	11	11	\$44,00	11	\$44,00	11	\$44,00	11	\$44,00
Comida	Días	\$5,00	11	11	\$55,00	11	\$55,00	11	\$55,00	11	\$55,00
Cartulina blanca	Tira	\$0,40	11	11	\$4,40	11	\$4,40	11	\$4,40	11	\$4,40
Vaselina	U	\$3,00	1	1	\$3,00	1	\$3,00	1	\$3,00	1	\$3,00
Libreta de apuntes	U	\$1,00	1	1	\$1,00	1	\$1,00	1	\$1,00	1	\$1,00
<b>Total Costos</b>					\$263,40		\$264,19		\$265,04		\$265,78

### 3.5. Costo de los tratamientos

Para la evaluación de los costos de los tratamientos se consideraron tanto los costos de los materiales utilizados, transporte, alimentación y costos de aplicación del aceite, dando como resultado un menor costo en el tratamiento testigo el cual no fue tratado con el aceite con un total de \$263,40; este valor se debe a que en este tratamiento no se consideró el costo del aceite son embargo, entre los tratamientos de los cuales fueron aplicados el aceite el T2 (aceite del neem al 0,33%) obtuvo un menor costo con \$264,19, mientras que el T4 (aceite de neem al 1,32%) obtuvo un mayor costo de \$265,78 dólares.

Pomagualli (26), al utilizar tres alternativas para el control de la varroasis tomó en cuenta el costo por aplicación de cada tratamiento, incluyendo el costo de la mano de obra y el transporte, mostró que SLICE MAX FORTIFICANTE tiene el menor costo por colmena tratada, con un total de \$5,48 dólares, según los resultados obtenidos siendo este un valor inferior al obtenido en esta investigación. Mientras que Moyón (22), en la evaluación de los costos de la tecnología, se tomaron en cuenta los costos de la aplicación/tratamiento.

Además de los costos de mano de obra y transporte como resultado, se identificó que el ácido fórmico al 85%, con dos aplicaciones cada 15 días, tiene el menor costo por colmena tratada, siendo de 8,2 \$ por colmena. Soledispa (27), mientras tanto indica que el tratamiento con timol se destaca como la opción más efectiva para controlar el ácaro *Varroa spp* en las colmenas en donde el análisis económico del tratamiento indica que su costo es de \$16,98, considerando cuatro dosis de 15 g por tratamiento.

A su vez Ibarra (28), en su estudio aplicó diferentes niveles de ácido oxálico para controlar la varroasis en abejas indica valores inferiores a este estudio en donde el tratamiento que presentó mayor costo fue con \$4,60 sin embargo este no tuvo suficiente efectividad, mientras que el de menor costo fue el testigo con \$4,35. Cruz et al (29) mediante el uso de timol como alternativa de control del *Varroa destructor* presentó valores inferiores a 39 este estudio en el cual el timol al 70% obtuvo un menor costo de \$28,92 el cual a su vez mostró mayor efectividad.

## CONCLUSIÓN

Los resultados indican que el tratamiento 3, que incluye un 0,66% de aceite, registró el menor porcentaje de infestación en abejas adultas, alcanzando un 13,7%. Además, en crías operculadas, el mismo tratamiento demostró ser el más efectivo al reducir el porcentaje de infestación de 20,72% a 12,97%. El tratamiento más eficaz entre los evaluados fue el T3, que incorpora un 0,66% de aceite de Neem. Este tratamiento demostró una significativa capacidad para reducir la infestación de *Varroa* en las colmenas, evidenciado

por un impresionante promedio de efectividad del 36,79%. Esta efectividad sugiere que el aceite de Neem, en la concentración específica utilizada, tiene un impacto notable en el control de *Varroa*, lo que podría tener implicaciones positivas para la salud y el rendimiento de las colonias de abejas melíferas.

El tratamiento testigo, sin aplicación de aceite, tuvo el menor costo total de \$263,40, ya que no incluyó el costo del aceite. Entre los tratamientos que involucraron la aplicación de aceite, el T2 (aceite de neem al 0,33%) presentó el menor costo de \$264,19, mientras que el T4 (aceite de neem al 1,32%) registró el mayor costo de \$265,78 dólares.

El estudio realizado demuestra que el aceite de neem, especialmente en la concentración del 1,32%, es un acaricida natural eficaz para controlar la varroasis en colmenas de abejas melíferas. Los resultados tienen implicaciones prácticas significativas para la apicultura sostenible. Al utilizar un producto natural y ecológico como el aceite de neem, los apicultores pueden reducir la dependencia de acaricidas químicos, minimizando el riesgo de residuos tóxicos en la miel y otros productos apícolas. Además, el control efectivo de *Varroa destructor* sin afectar negativamente a las abejas contribuye a la salud y supervivencia de las colonias, lo que es crucial dado el papel fundamental de las abejas en la polinización de cultivos agrícolas y la biodiversidad. La adopción de esta práctica puede fortalecer la apicultura sostenible, beneficiando tanto a productores como al medio ambiente.

Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar el impacto a largo plazo del uso continuado de aceite de neem en las colmenas, considerando posibles efectos acumulativos en la salud de las abejas. Además, sería valioso comparar la eficacia del aceite de neem con otros acaricidas naturales y explorar combinaciones con otros tratamientos orgánicos para optimizar el control de *Varroa destructor*. También se sugiere investigar el efecto del aceite de neem en diferentes condiciones climáticas y en diversas subespecies de abejas melíferas, para asegurar la generalización de los resultados y adaptar el tratamiento a diversas realidades apícolas.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Estatal Quevedo, ya que en base a los resultados generados en el plantel apícola de la Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas se efectuó la investigación sujeta de estudio.

## FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición: Yépez-Rosado, Á. J., Verdezoto-Michuy, C. L., Morales-Cabezas, D. C., Cabezas-Congo, R. R., Yépez-Yáñez, A. B., Vera-Párraga, J. K., Palma-Roxana, P., Zambrano-Flores, J. D. y Chamorro-Palacios, A. A.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Papa G, Maier R, Durazzo A, Lucarini M, Karabagias IK, Plutino M, et al. The Honey Bee *Apis mellifera*: An Insect at the Interface between Human and Ecosystem Health. *Biology* (Basel). 2022 Feb 1;11(2):233. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/biology11020233>

2. Grindrod I, Martin SJ. Parallel evolution of Varroa resistance in honey bees: a common mechanism across continents? *Proc R Soc B Biol Sci.* 2021 Aug 11;288(1956):20211375. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1375>
3. Oddie MAY, Burke A, Dahle B, Le Conte Y, Mondet F, Locke B. Reproductive success of the parasitic mite (*Varroa destructor*) is lower in honeybee colonies that target infested cells with recapping. *Sci Rep.* 2021 Apr 28;11(1):9133. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88592-y>
4. Martin SJ, Hawkins GP, Brettell LE, Reece N, Correia-Oliveira ME, Allsopp MH. *Varroa destructor* reproduction and cell re-capping in mite-resistant *Apis mellifera* populations. *Apidologie.* 2020 Jun 10;51(3):369–81. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00721-9>
5. Perez AA, Johnson BR. Task repertoires of hygienic workers reveal a link between specialized necrophoric behaviors in honey bees. *Behav Ecol Sociobiol.* 2019 Sep 9;73(9):123. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00265-019-2731-7>
6. Qadir ZA, Idrees A, Mahmood R, Sarwar G, Bakar MA, Ahmad S, et al. Effectiveness of Different Soft Acaricides against Honey Bee Ectoparasitic Mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Insects.* 2021 Nov 17;12(11):1032. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/insects12111032>
7. Melathopoulos AP, Winston ML, Whittington R, Smith T, Lindberg C, Mukai A, et al. Comparative Laboratory Toxicity of Neem Pesticides to Honey Bees (Hymenoptera: Apidae), Their Mite Parasites *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae), and Brood Pathogens *Paenibacillus larvae* and *Ascophaera apis*. *J Econ Entomol.* 2000 Apr 1;93(2):199–209. Disponible en: <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.199>
8. Gracia MJ, Moreno C, Ferrer M, Sanz A, Peribáñez MÁ, Estrada R. Field efficacy of acaricides against *Varroa destructor*. *Blenau W*, editor. *PLoS One.* 2017 Feb 3;12(2):e0171633. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171633>
9. González-Gómez R, Otero-Colina G, Villanueva-Jiménez JA, Peña-Valdivia CB, Santizo-Rincón JA. Repellency of the oily extract of neem seeds (*Azadirachta indica*) against *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Exp Appl Acarol.* 2012 Mar 24;56(3):261–70. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9517-1>
10. Jack CJ, Ellis JD. Integrated Pest Management Control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), the Most Damaging Pest of (*Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae)) Colonies. *Li-Byarlay H*, editor. *J Insect Sci.* 2021 Sep 1;21(5). Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab058>
11. Vera-Párraga JK. Control de varroasis en abejas melíferas mediante el uso de un acaricida natural con base en aceite de neem. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2023.
12. Cuesta-Albertos JA, Nieto-Reyes A. The random Tukey depth. *Comput Stat Data Anal.* 2008 Jul;52(11):4979–88. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.csda.2008.04.021>
13. Cifuentes LJC, Lira LAN, Hernández YCU, Luy-Montejo CA, Apaza YCL, Flores JEA, et al. Influence of SAS Software on the Learning of Statistics at the University Level. *J Internet Serv Inf Secur.* 2023 Aug 31;13(3):178–90. Disponible en: <https://doi.org/10.58346/JISIS.2023.I3.011>
14. Yépez-Rosado ÁJ, Morales-Cabezas DC, Yépez-Yáñez ÁB, Urdanigo-Zambrano JP, Jimez-Romero EM, Chamorro-Changoquiza DC. Inclusión de harina de follaje de frejol de palo (*Cajanus cajan* L, Millsp) en dietas para pollos broilers y su impacto en la producción. *Rev Vet y Zootec Amaz.* 2024 May 30;4(1):e683. Disponible en: <https://doi.org/10.51252/revza.v4i1.683>
15. Airahuacho Bautista F, Jiménez Torres V, Rubina Airahuacho S, Velásquez Vergara C. Evaluación de productos alternativos naturales en el control de la *Varroa destructor* en abejas melíferas (*Apis mellifera*). *Rev Investig Vet del Perú.* 2023 Jun 29;34(3):e23741. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i3.23741>
16. Reyna Fuentes JH, Martínez González JC, Silva Contreras A, López Aguirre D. Efecto de tres moliendas

- vegetales contra el ácaro *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera*. *Nov Sci.* 2022 May 26;14(28). Disponible en: <https://doi.org/10.21640/ns.v14i28.3019>
17. Díaz-Monroy B, Moyón-Moyón J, Baquero-Tapia MF. Evaluación de tres alternativas para el control de varroasis (*Varroa destructor*) en apiarios ecuatorianos. *Cienc y Agric.* 2019 Jan 6;16(1):63–78. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n1.2019.8832>
  18. Polo Corro JL, Alvarado Ibañez JC, Valderrama Alfaro SM. Determinación del índice de infestación por *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera*, en condiciones naturales. *Ambient Comport y Soc.* 2022 Aug 11;5(1):55–68. Disponible en: <https://doi.org/10.51343/racs.v5i1.799>
  19. Kolics É, Specziár A, Taller J, Mátyás KK, Kolics B. Lithium chloride outperformed oxalic acid sublimation in a preliminary experiment for *Varroa mite* control in pre-wintering honey bee colonies. *Acta Vet Hung.* 2021 Apr 19;68(4):370–3. Disponible en: <https://doi.org/10.1556/004.2020.00060>
  20. Guerrero Catota RS. Evaluación de diferentes niveles de Cloruro de Litio en la alimentación artificial para el control varroa destructor en abejas (*apis mellifera*). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2019. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13315>
  21. Maya O, Medina C, Aquino G, Olmos G, López M. Tratamiento estacional con amitraz contra *Varroa destructor* y sus efectos en colonias de *Apis mellifera*. *Abanico Vet.* 2021;10(2):2448–6132. Disponible en: <https://doi.org/10.21929/abavet2020.38>
  22. Moyón-Moyón J, Díaz-Monroy B, Baquero-Tapia MF. Evaluación de tres alternativas para el control de varroasis (*Varroa destructor*) en apiarios ecuatorianos. *Cienc y Agric.* 2019 Jan 6;16(1):63–78. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n1.2019.8832>
  23. Reyes F, Vargas J, Martos A, Chura J. Efectividad de cuatro acaricidas en el control de ácaro (*Varroa destructor*) en abejas (*Apis mellifera* L.). Universidad Nacional Agraria La Molina; 2020; 81(1): 229-242.
  24. Villegas Martínez XA. Prevalencia y manejo integrado del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de abejas africanizadas [Internet]. Universidad Nacional, Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT); 2019. Disponible en: <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/CR.UNA01000319269>
  25. Calderón RA, Ramírez M, Ramírez F, Villalobos E. Efectividad del ácido fórmico y el timol en el control del ácaro *Varroa destructor* en colmenas de abejas africanizadas. *Agron Costarric.* 1969;38(1). Disponible en: <https://doi.org/10.15517/rac.v38i1.15165>
  26. Pomagualli Chafla CJ. Acaricidas sintéticos y naturales para el control de varroa destructor en colmenas *apis mellifera* [Internet]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2017. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8140>
  27. Soledispa Yépez JN. Alternativas de control del ácaro *Varroa spp* en los panales de abejas en la provincia de Santa Elena [Internet]. Universidad Estatal Península de Santa Elena; 2018. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4280>
  28. Ibarra Y. Niveles de ácido oxálico para el control de varroasis (*Varroa destructor*) EN ABEJAS (*Apis mellifera*), en el recinto Aguas Frias del cantón Mocache, año 2018". *Agric Food Sci Environ Sci* [Internet]. 2019. Disponible en: [https://www.semanticscholar.org/paper/Niveles-de-ácido-oxálico-para-el-control-de-\(Varroa-Navarrete-Santiago/85dd6de42c24e7e0c9c118e8aa34ebdcfbb3baf8](https://www.semanticscholar.org/paper/Niveles-de-ácido-oxálico-para-el-control-de-(Varroa-Navarrete-Santiago/85dd6de42c24e7e0c9c118e8aa34ebdcfbb3baf8)
  29. Cruz I, Rodríguez G, Pérez MI, Ruíz J, de los Santos RB, Merino CG. Eficacia de timol para control de *Varroa destructor* en *Apis Mellifera* en Putla Villa De Guerrero, Oaxaca. *Rev Mex Agroecosistemas* [Internet]. 2023;X(S1):1–17. Disponible en: <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/63>