



POSGRADOS

MAESTRÍA EN AGROECOLOGÍA

RPC-SO-34-No.778-2021

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

ARTÍCULOS PROFESIONALES DE ALTO NIVEL

TEMA:

EFICACIA DEL HUMO DE HOJAS DE
(CINNAMOMUM VERUM) Y (CYMBOPOGON
NARDUS) PARA EL CONTROL DE (VARROA
DESTRUCTOR) EN ABEJAS (APIS MELLIFERA)

AUTOR:

ELMER HERNANDO CUMBICOS CESEN

DIRECTOR:

MAURICIO XAVIER SALAS RUEDA

CUENCA – ECUADOR

2023

Autor:**Elmer Hernando Cumbicos Cesen**

Ingeniero Zootecnista.

Candidato a Magíster en Agroecología por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

elmercum98@gmail.com

Dirigido por:**Mauricio Xavier Salas Rueda**

Ingeniero Zootecnista.

Máster en Producción y Sanidad Animal

msalasar@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

ELMER HERNANDO CUMBICOS CESEN

Eficacia del humo de hojas de (*Cinnamomum verum*) y (*Cymbopogon nardus*) para el control de (*Varroa destructor*) en abejas (*Apis mellifera*)

1. TÍTULO

Eficacia del humo de hojas de (*Cinnamomum verum*) y (*Cymbopogon nardus*) para el control de (*Varroa destructor*) en abejas (*Apis mellifera*)

2. AUTOR

* Elmer Hernando Cumbicos Cesen.

** Mauricio Xavier Salas Rueda.

* Candidato a Magíster en Agroecología, de la Universidad Politécnica Salesiana.

** Docente y Tutor de la Universidad Politécnica Salesiana.

3. RESUMEN

El objetivo de la experimentación fue evaluar la eficacia del humo de hojas secas de *Cinnamomum verum* y *Cymbopogon nardus* para el control de *Varroa destructor* en abejas africanizadas (*Apis mellifera*), debido a que el uso prolongado e intensivo de químicos sintéticos para el control de la varroa han provocado que el parásito sea resistente a estos tratamientos convencionales, por lo que es necesario un producto agroecológico que sea efectivo y no contamine los productos de la colmena. La experimentación se realizó bajo un diseño completamente al azar, analizado por medio del paquete estadístico InfoStat, con la prueba de Tukey al 0,05 de significancia, se utilizaron 12 colmenas tipo Langstroth, distribuidas en tres tratamientos y cuatro repeticiones: Tratamiento (T1): se empleó el humo de las hojas secas de *Cinnamomum verum*; Tratamiento (T2): uso del humo de las hojas secas de *Cymbopogon nardus* y el Tratamiento (T3): tratamiento testigo, los cuales recibieron humo de papel periódico. Al finalizar los 21 días de la experimentación, no se registró diferencias significativas, sin embargo, se redujeron numéricamente los porcentajes de infestación de *Varroa destructor* en los tres tratamientos; la eficacia más alta fue del tratamiento (T2)

Cymbopogon nardus con 48,63 %. Estos resultados indican que se puede reducir los porcentajes de infestación de *Varroa destructor* en abejas africanizadas (*Apis mellifera*) con el uso del humo de las hojas secas de *Cinnamomum verum* y *Cymbopogon nardus*.

Palabras clave: *Apis mellifera*, abejas africanizadas, *Varroa destructor*, eficacia, *Cinnamomum verum*, *Cymbopogon nardus*.

4. ABSTRACT

The objective of the experiment was to evaluate the efficacy of smoke from dried leaves of *Cinnamomum verum* and *Cymbopogon nardus* for the control of *Varroa destructor* in africanized bees (*Apis mellifera*), because the prolonged and intensive use of synthetic chemicals for the control of varroa has caused the parasite to be resistant to these conventional treatments, making it necessary to use an agroecological product that is effective and does not contaminate the products of the hive. The experimentation was carried out under a completely randomized design, analyzed by means of the statistical package InfoStat, with the Tukey test at 0,05 of significance, 12 Langstroth type hives were used, distributed in three treatments and four repetitions: Treatment (T1): smoke from dried leaves of *Cinnamomum verum* was used; Treatment (T2): use of smoke from dried leaves of *Cymbopogon nardus* and Treatment (T3): control treatment, which received smoke from newspaper. At the end of the 21 days of the experiment, no significant differences were recorded, however, the percentages of *Varroa destructor* infestation were numerically reduced in the three treatments; the highest efficacy was in the treatment (T2) *Cymbopogon nardus* with 48,63 %. These results indicate that the percentages of *Varroa destructor* infestation in africanized bees (*Apis mellifera*) can be reduced with the use of smoke from dried leaves of *Cinnamomum verum* and *Cymbopogon nardus*.

Key words: *Apis mellifera*, africanized bees, *Varroa destructor*, efficiency, *Cinnamomum verum*, *Cymbopogon nardus*.

5. INTRODUCCIÓN

Dentro de la agroecología, la apicultura analizada desde un punto de vista agroecológico, implica un reto muy importante, debido a que es una actividad que beneficia tanto al ambiente y al hombre; además, dentro de la apicultura se incluyen diversas temáticas,

siendo las ciencias de estudio sus principales bases de fundamento (Wolff & Sevilla, 2012).

Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) clasificada por Linneo en el año 1758; juegan un rol fundamental para que la humanidad subsista en este planeta, puesto que cerca del 90 % de los alimentos vegetales que se generan en el planeta, más del 70 % de estos, son polinizados por las abejas, la presencia de estos insectos en la floración interviene positivamente para el aumento de la producción (Peralta et al., 2018; Pincay & Mendoza, 2019).

Se conoce que actualmente las amenazas hacia las abejas son a causa de diversos factores, ya sea por el calentamiento global, aumento de especies animales invasoras, alteración del uso de los suelos, monocultivos, pesticidas, aumento de la frontera agrícola; la mayoría de amenazas son causadas por actividades antrópicas en el ambiente. Causas que afectan de forma directa y negativamente con la diversidad y la población de las abejas, así como otras especies de insectos polinizadores (Peralta et al., 2018; Pérez, 2017).

Así mismo, una de las principales enfermedades que atacan a *Apis mellifera* es el parásito *Varroa destructor*, clasificada en el año 1904 por Oudemans (Punina, 2022). Es uno de los inconvenientes más grandes en la apicultura a escala mundial; es provocada a causa de un ectoparásito que se nutre de los fluidos vitales (hemolinfa) de las abejas adultas y de sus crías, debilita y ocasiona pérdidas a las colmenas afectadas, disminuyendo así la producción de miel (Bowen & Gunn, 2001; Pino et al., 2011).

Este parásito se alimenta de la hemolinfa que succionan de *Apis mellifera*, la hembra varroa se puede situar y desarrollar sin inconvenientes fuera de las celdillas, es así cuando parasitan a las abejas en estado adulto (Calderón et al., 2009). Antes de que las abejas operculen las celdillas, los ácaros hembra ingresan y se sitúan en el interior de la celdilla, se escoden en la parte inferior de las larvas, protegiéndose y evitando así ser detectadas, alimentándose de la jalea real de la cría y posteriormente de ella (Evans & Cook, 2018).

Los métodos para contrarrestar los índices de varroa se han centrado en el empleo de acaricidas comerciales de origen sintético, muchos productos de este origen poseen un buen porcentaje para controlar este parásito. Pero, estos tipos de acaricidas provocan algunos inconvenientes, resultan ser letales para las abejas e incluso el hombre, dejan residualidad química sobre los derivados de la colmena (Milani, 1999).

6. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Hace algunas décadas atrás, los piretroides sintéticos como el fluvalinato y el uso de la flumetrina eran efectivos en la reducción de infestación de *Varroa destructor*, pero a causa del uso prolongado e intensivo de los químicos sintéticos, se han registrado resistencia al tratamiento y su eficacia se ha visto reducida (González et al., 2017; Le Conte et al., 2010; Neira et al., 2003; Rosenkranz et al., 2009).

Para controlar la varroa se han aplicado casi en su totalidad los productos químicos acaricidas. Sin embargo, con la aparición y documentación de resistencia del ácaro hacia estos productos nos obliga a investigar otras alternativas con un buen porcentaje de eficacia, y mucho mejor si es de origen no sintético para evitar contaminar a la colmena y sus derivados (Llorente et al., 1996).

Por lo que es necesario emplear un producto que no genere resistencia al tratamiento en los ácaros y que genere una residualidad casi nula en los productos y subproductos de la colmena. Varias experimentaciones han reportado la eficacia insecticida y acaricida del zumo, moliendas y aceites provenientes de plantas aromáticas, gracias a la concentración de los componentes activos y composición del aceite en distintas variedades de la planta y sus partes (Benelli et al., 2018; George et al., 2010).

Por estos motivos documentados, es que los productos orgánicos acaricidas han obtenido mucha relevancia, en los que se destacan los ácidos orgánicos y aceites esenciales de las plantas, que aparte de brindar una excelente eficacia para el control de parásitos, no son letales para las abejas y no dejan residualidad significativa en los productos de la colmena, lo cual no perjudica al consumidor al momento de aprovechar estos beneficios de la colmena (Charrière & Imdorf, 2002).

7. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

7.1. Enfermedades de las abejas

Las colmenas de abejas pueden ser atacadas por diversas enfermedades, las más comunes son: Nosemiasis, parálisis, cría de cal, cría sacciforme, cría de piedra, loque europea, loque americana, acariosis, y varroosis (ocasionado por el ácaro *Varroa destructor*); todas

estas enfermedades ocasionan pérdidas económicas, debido a que provocan que la colmena se debilite, reduciendo significativamente la capacidad productiva de miel y polinización (Calderón & Zamora, 2004).

7.2. Generalidades y biología de *Varroa destructor*

7.2.1 Agente causal

La varroosis es una enfermedad parasitaria externa y muy contagiosa, ocasionada por el ácaro *Varroa destructor*. La hembra del parásito posee una forma ovalada y una coloración rojo castaño oscura; posee ocho patas y tiene una contextura plana, analizado desde la vista dorso ventral (Calderón & Zamora, 2004).

7.2.2. Biología reproductiva

El parásito *Varroa destructor* es un ácaro que ataca frecuentemente a las abejas y sus crías, prefiere reproducirse en las celdillas de la cría de los zánganos; cuando la hembra del ácaro se aparea, se separa de la abeja a la que estaba adherida, sin embargo, en esta fase ya se alimentó de la hemolinfa de la abeja, ingresa a una celdilla con cría de cinco a seis días de edad, es aquí donde la hembra deposita de uno a seis huevos por celdilla; el primer huevo es depositado 60 horas después de que la celdilla fue cerrada, después coloca los demás huevos cada 30 horas (Calderón & Zamora, 2004).

7.2.3. Perjuicios que genera el parásito

El ácaro *Varroa destructor* se adhiere al cuerpo de las abejas, el parásito hembra es más voluminoso que el macho, la hembra tiene un ancho de 1,5 mm; mientras que el macho mide aproximadamente 0,8 mm de diámetro; las ocho patas están volteadas hacia adelante en los parásitos machos a diferencia de las hembras (Giacomelli et al., 2013).

Los parásitos *Varroa destructor* se alimentan de los fluidos vitales internos de las abejas, atacan independientemente de las edades del huésped, pueden infestar a las crías, abejas obreras, zánganos e incluso a la abeja reina. Estos parásitos provocan que las abejas infestadas pierdan peso y su tiempo de vida se reduzca, además disminuye la capacidad de orientación de las abejas, ocasionando que se desorienten y no puedan encontrar la ruta de regreso a la colmena, además las larvas de *Apis mellifera* que fueron parasitadas nacen con malformaciones en las alas, lo que imposibilita la capacidad de poder volar

(De Jong et al., 1982; Pino et al., 2011). Una colmena con abejas débiles y sin la capacidad de poder volar, es una colmena que está destinada a desaparecer si no recibe un tratamiento efectivo.

Si después de un par de años de dar inicio esta infestación, las colmenas parasitadas no reciben algún tratamiento para disminuir esta infestación en la población de las abejas, ocasiona una alta mortalidad y por lo tanto, se minimiza significativamente la cantidad de la miel que producen (Finley et al., 1996).

El perjuicio que provoca este parásito *Varroa destructor* en *Apis mellifera* no es solo físico, sino que infecciosos; físico porque se nutren de los fluidos vitales del huésped y provocan disminución de peso, dificultad de concentración, variación en el tipo y número de hemocitos y en los compuestos antígenos, reduciendo así la vida de la abeja (Calderón & Zamora, 2004). Es de tipo infeccioso debido a que por consecuencia de la herida que genera el parásito, se pueden transmitir agentes infecciosos como hongos (cría de tiza), bacterias (loque americano) y virus (conocido como síndrome parasitario), por lo que *Varroa destructor* participa como el vector principal de diferentes tipos de virus (Calderón & Zamora, 2004).

7.3. Técnicas para controlar al parásito

Hay dos técnicas para reducir los porcentajes de infestación del parásito *Varroa destructor*: Control químico: uso y aplicación de acaricidas como la flumetrina, coumaphos, fluvalinato, etc. Control alternativo: uso del timol, ácido fórmico y eliminación de los panales con cría de zángano (Calderón & Zamora, 2004).

Sin embargo, también existe el método donde se emplea el uso de extractos y/o moliendas vegetales, provenientes de plantas aromáticas y/o acaricidas, los cuales no contaminan los productos de la colmena ni perjudican a las abejas, a más de no generar resistencia al tratamiento a los parásitos.

8. MATERIALES Y METODOLOGÍA

8.1. Métodos

La experimentación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se determinaron variables de estudio, en el cual bajo una planificación y estudio fueron puestos a prueba por medio un diseño experimental, con el objetivo de medir estas

variables, así como las mediciones obtenidas del método estadístico para extraer conclusiones (Fernández & Baptista, 2014).

8.2. Técnicas

Se emplearon el uso de documentos y registros, como respaldo para la realización de la experimentación, donde estos resultados fueron registrados para después realizar un análisis con base estadística (Fernández & Baptista, 2014).

8.3. Instrumentos

Se utilizó como instrumento la observación, que consistía en el registro sistemático, correcto y confiable de situaciones observables y comportamientos de las unidades experimentales, por medio de un conjunto de categorías y subcategorías; los cuales fueron de utilidad para el conteo de parásitos de *Varroa destructor* (Fernández & Baptista, 2014).

8.4. Método experimental

La experimentación se realizó en un apiario propio del autor, conformado por 12 colmenas Langstroth, con abejas africanizadas (*Apis mellifera*). Ubicado en Sevilla Don Bosco, parroquia perteneciente a la provincia de Morona Santiago, el eje de las coordenadas son $78^{\circ} 11'$ longitud oeste y $02^{\circ} 26'$ latitud sur, la altitud sobre el nivel del mar tiene un margen desde los 400 msnm a 2300 msnm (Sensu, 2016). Con una temperatura que rodea de $18^{\circ}\text{C} - 22^{\circ}\text{C}$ (AME, 2022); cuya precipitación anual es de 2100 a 2400 mm (MAE, 2021). El trabajo fue realizado en el mes de marzo y abril, donde comprende los meses con intensidad de lluvia, que en la provincia va desde febrero al mes de julio, siendo las épocas lluviosas en donde existen mayores registros de infestación del ectoparásito varroa (Calderón et al., 2007).

Todas las colmenas del apiario constaban de una cámara de cría con 10 bastidores y un alza melaria con nueve bastidores, con reina africanizada de un año de edad, las colmenas fueron distribuidas de forma homogénea para la asignación aleatoria de los tratamientos correspondientes. Todas las colmenas estaban con infestación de *Varroa destructor* sin

intervención antropogénica, previo a la experimentación, nunca recibieron algún tratamiento para la varroa.

Antes de iniciar con la aplicación de cada tratamiento, se registró los porcentajes con respecto a la infestación de varroa de todas las colmenas de la experimentación, con el fin de comprobar de que todas las unidades experimentales estén infestadas, así mismo, para conocer la eficacia de los tratamientos, se diagnosticó semanalmente los porcentajes de infestación durante tres semanas a partir del registro inicial (May & Medina, 2019). Las colmenas fueron divididas en tres tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, distribuidos por:

Tratamiento (T1): conformado por cuatro colmenas de abejas, las cuales recibieron bocanadas de humo de las hojas secas de *Cinnamomum verum*, cuyo combustible inicial fue papel periódico, esta aplicación fue realizada con el ahumador apícola. Fueron aplicadas ocho bocanadas de humo por colmenas, las hojas secas de *Cinnamomum verum* fueron colocadas dentro del ahumador en una cantidad conforme a la capacidad del ahumador apícola (75 gramos de hojas secas). El tratamiento consistía en la aplicación del humo como normalmente se realiza en una inspección rutinaria de la colmena (en la piquera, y entre los bastidores), durante dos veces por semana.

Tratamiento (T2): conformado por cuatro colmenas de abejas, las cuales recibieron bocanadas de humo de las hojas secas de *Cymbopogon nardus*, cuyo combustible inicial fue papel periódico, esta aplicación fue realizada con el ahumador apícola. Fueron aplicadas ocho bocanadas de humo por colmenas, las hojas secas de *Cymbopogon nardus* fueron colocadas dentro del ahumador en una cantidad conforme a la capacidad del ahumador apícola (75 gramos de hojas secas). El tratamiento consistía en la aplicación del humo como normalmente se realiza en una inspección rutinaria de la colmena (en la piquera, y entre los bastidores), durante dos veces por semana.

Tratamiento (T3): fue el tratamiento testigo, conformado por cuatro colmenas de abejas, las cuales recibieron ocho bocanadas de humo únicamente proveniente de la quema del papel periódico, esta aplicación fue realizada con el ahumador apícola. La cantidad de papel periódico fue colocada dentro del ahumador en una cantidad conforme a la capacidad del ahumador apícola (75 gramos de papel periódico). El tratamiento consistía en la aplicación del humo como normalmente se realiza en una inspección rutinaria de la colmena (en la piquera, y entre los bastidores), durante dos veces por semana.

Las hojas de *Cinnamomum verum* y *Cymbopogon nardus* fueron recolectadas el mismo día y ambas tuvieron un proceso de secado de 31 días, en una habitación con condiciones similares a un invernadero.

Para establecer los porcentajes de las eficacias pertinentes a los tratamientos se recolectó un promedio de 200 a 300 abejas de estado adulto en los bastidores de la cría en todas las 12 colmenas de la experimentación, las muestras fueron tomadas antes de la aplicación de cada tratamiento (día 0), y posteriormente cada semana (7, 14 y 21 días), cada envase era etiquetado acorde a la fecha, tratamiento y repetición establecida (May & Medina, 2019).

La recolección de las muestras consistía en utilizar un recipiente ancho de material de vidrio transparente, adicionado 100 ml con alcohol al 70% para la recolección de abejas de los bastidores de cría, se deslizó el frasco desde arriba hacia abajo del bastidor, hasta que la cantidad de abejas cubra por completo el nivel de alcohol del envase, (un contenido de 100 ml corresponde a aproximadamente de 200 a 300 abejas) (AGROCALIDAD & MAGAP, 2016).

Luego de la toma de las muestras, se llevaron a la mesa de trabajo y se agitó fuertemente por dos minutos para lograr que se desprendan todos los ácaros *Varroa destructor* del cuerpo de las abejas, entonces todo el contenido de la muestra se vertió en un colador para separar las abejas del alcohol y los ácaros, se aplicó un leve chorro de agua para la separación total de los ácaros. Se contabilizó manualmente las abejas y ácaros (este proceso es el mismo para las 12 muestras). Se identificó al parásito según la morfología, empleando una lupa para facilitar esta observación.

Para calcular la infestación de *Varroa destructor* se calculó por medio de la contabilización manual del número de *Apis mellifera* y número de *Varroa destructor* de todas las colmenas de la experimentación, empleando la fórmula descrita por (Carreño & Salazar, 2013).

$$\% I = \left(\frac{n.^\circ \text{Varroas}}{n.^\circ \text{ de abejas}} \right) \times 100$$

Finalmente, para calcular el porcentaje de eficacia se aplicó la siguiente fórmula (Schmidt et al., 2008).

$$E = \left(\frac{\text{Infestación inicial} - \text{Infestación final}}{\text{Infestación inicial}} \right) \times 100$$

Para analizar los porcentajes de infestación y la eficacia de cada uno de los tratamientos, se realizó un ANOVA, empleando un (DCA) diseño completamente al azar (Bustos et al., 2008). Se comparó las medias con el test de Tukey al 0,05 de significancia, empleando el paquete estadístico InfoStat (versión estudiantil 2017).

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Infestaciones (%) de *Varroa destructor* en las colmenas de abejas africanizadas (*Apis mellifera*), según los tratamientos, durante el día 0 (inicial) y posterior a la aplicación de los tratamientos (días 7, 14 y 21).

Tiempo	(T1) (<i>Cinnamomum verum</i>)	(T2) (<i>Cymbopogon nardus</i>)	(T3) Testigo
Día 0	7,29 ± 2,32 a	4,98 ± 2,86 a	7,71 ± 5,69 a
Día 7	7,26 ± 2,31 a	3,92 ± 1,73 a	6,60 ± 2,49 a
Día 14	5,25 ± 1,95 a	3,18 ± 1,8 a	5,25 ± 1,83 a
Día 21	4,7 ± 2,36 a	2,41 ± 1,9 a	4,92 ± 1,01 a

Valores que poseen una letra igual no demuestran diferencia significativa ($p > 0,05$).

Según la tabla n° 1, se expresan los porcentajes de infestación; en la infestación inicial (día 0) los valores fueron similares, no se obtuvo diferencias significativas ($F= 0,97$; g.l. 9; p -valor= 0,4161) en todos los tratamientos, registrando una infestación inicial de (T1) hojas de *Cinnamomum verum* 7,29 ± 2,32 %; (T2) hojas de *Cymbopogon nardus* 4,98 ± 2,86 % y (T3) testigo 7,71 ± 5,69 %. Al no existir diferencia significativa de infestación inicial, se determina que existe una distribución homogénea de los tratamientos.

Después de 7 días de emplear los tratamientos, la infestación se redujo en los tres tratamientos (T1) hojas de *Cinnamomum verum* 7,26 ± 2,31 %; (T2) hojas de *Cymbopogon nardus* 3,92 ± 1,73 % y (T3) testigo 6,60 ± 2,49 %. No obstante, no se reportó entre los tratamientos diferencia significativa ($F= 3,73$; g.l. 9; p -valor= 0,0663).

Transcurridos 14 días de experimentación, la infestación porcentual continuó descendiendo en cada uno de los tratamientos (T1) *Cinnamomum verum* 5,25 ± 1,95 %; (T2) *Cymbopogon nardus* 3,18 ± 1,8 % y (T3) testigo 5,25 ± 1,83 %. Se registra

únicamente diferencia numérica, más no significativa entre los tratamientos ($F= 2,90$; g.l. 9; p -valor= 0,1069).

Al finalizar la investigación (21 días después), los porcentajes de infestación se redujeron a (T1) *Cinnamomum verum* $4,7 \pm 2,36$ %; (T2) *Cymbopogon nardus* $2,41 \pm 1,9$ % y (T3) testigo $4,92 \pm 1,01$ %. No se registró diferencia significativa ($F= 4,27$; g.l. 9; p -valor= 0,0497).



Figura 1. Contabilización de parásitos muertos de *Varroa destructor*.

Fuente: El autor.

En la figura 1 se evidencia el conteo de los parásitos de *Varroa destructor* desprendidos del cuerpo de las abejas, cuando los ácaros mueren a causa del alcohol al 70 %, se desprenden en su totalidad de todas las abejas parasitadas. Este método también elimina a las abejas, sin embargo, es uno de los métodos más fiables para diagnosticar la infestación.

En el registro de infestación (ver Tabla 1); al culminar la experimentación, el porcentaje más bajo de infestación registrada de *Varroa destructor* fue del tratamiento (T2) *Cymbopogon nardus*, con $2,41 \pm 1,9$ %, resultado que es superior a los obtenidos por (Carreño & Salazar, 2013), quienes emplearon como tratamiento el ácido oxálico, registrando una infestación de 0,52 %; al igual que la investigación realizada por (Reyna et al., 2021), cuyos resultados de infestación fueron de $1,66 \pm 0,52$ %, cuando utilizaron moliendas provenientes de *Laurus nobilis* para reducir la infestación de este parásito. Por

otro lado, (Sanabria et al., 2015) reportaron una infestación superior de 3,61 % en su investigación cuando analizaron a las colmenas sin la intervención de algún tratamiento para este parásito; mientras que (Medina et al., 2011) registraron una infestación de $15,21 \pm 8,44$ % en su investigación analizando las consecuencias de la infestación de estos parásitos en la obtención mielera de las abejas africanizadas (*Apis mellifera*). En la investigación obtenida de (May & Medina, 2019), registraron una infestación similar a los registrados en la presente experimentación al día 21 en el tratamiento (T2) *Cymbopogon nardus*, obtuvieron $2,8 \pm 1,4$ % en el tratamiento con timol para el control de este parásito.

Tabla 2. Porcentajes de eficacia, después de la aplicación de los tratamientos para controlar la infestación del ácaro varroa (*Varroa destructor*) en abejas africanizadas (*Apis mellifera*).

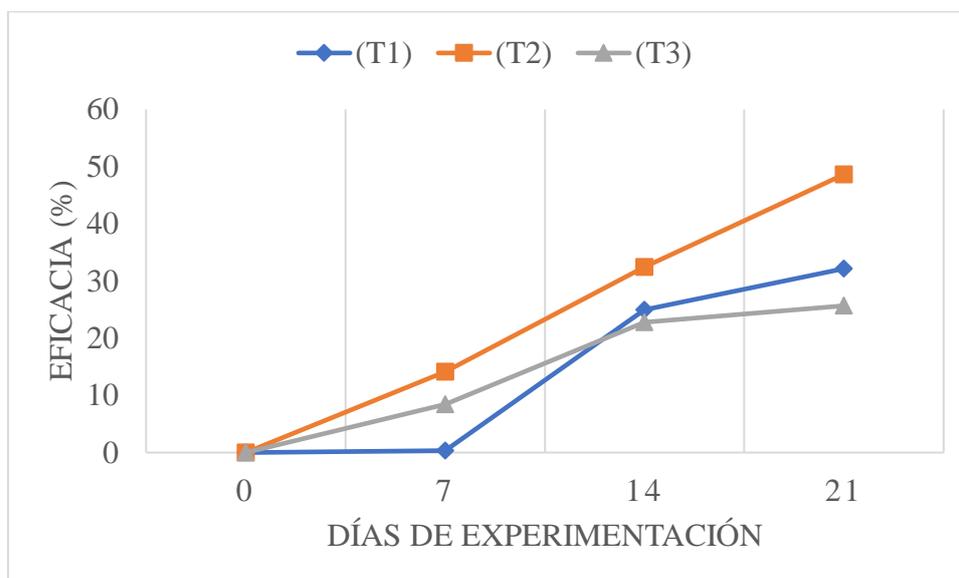
Tratamientos	Día 7	Día 14	Día 21
(T1) (<i>Cinnamomum verum</i>)	0,32 a	24,99 a	32,16 a
(T2) (<i>Cymbopogon nardus</i>)	14,11 a	32,43 a	48,63 a
(T3) Testigo	8,46 a	22,81 a	25,67 a

Valores que poseen una letra igual no demuestran diferencia significativa ($p > 0,05$).

Según la tabla n° 2 se registran los porcentajes de eficacia de todos tratamientos: (T1) *Cinnamomum verum*; (T2) *Cymbopogon nardus* y (T3) testigo, de acuerdo a los días de experimentación (7, 14 y 21 días). La eficacia es creciente conforme transcurren los días, los valores registrados forman un mismo grupo, por lo que no son significativamente diferentes.

Figura 2. Eficacia (%) de los tratamientos (T1) *Cinnamomum verum*; (T2) *Cymbopogon nardus* y (T3) testigo, según los días de experimentación (0, 7, 14 y 21 días), para

controlar la infestación del ácaro varroa (*Varroa destructor*) sobre abejas africanizadas (*Apis mellifera*).



Según la figura n° 2 se identifican los porcentajes crecientes conformes a la eficacia de los tratamientos. A los 7 días de la investigación, se pudo evidenciar el porcentaje de eficacia de cada uno de los tratamientos, (T1) *Cinnamomum verum* 0,32 %; (T2) *Cymbopogon nardus* 14,11 % y (T3) testigo 8,46 %. Se registró diferencia numérica ($F=0,92$; g.l. 9; $p\text{-valor}=0,4336$).

Después de 14 días del inicio de la experimentación, los porcentajes de eficacia se elevaron (T1) *Cinnamomum verum* 24,99 %; (T2) *Cymbopogon nardus* 32,43 % y (T3) testigo 22,81 %. Igualmente se registró diferencia numérica ($F=0,18$; g.l. 9; $p\text{-valor}=0,8417$).

Finalmente, a los 21 días los porcentajes de eficacia fueron: (T1) *Cinnamomum verum* 32,16 %; (T2) *Cymbopogon nardus* 48,63 % y (T3) testigo 25,67 %. No se registró diferencia significativa ($F=0,61$; g.l. 9; $p\text{-valor}=0,5639$).

En cuanto a la eficacia de los tratamientos, los valores obtenidos en la experimentación, son inferiores comparando con los resultados reportados por (Espinosa & Guzmán, 2007), quienes registraron una eficacia de 92,1 % al emplear como tratamiento al timol, frente a la eficacia de 48,63 % del tratamiento (T2) *Cymbopogon nardus* que se registró. Así mismo, los resultados de (Carreño & Salazar, 2013), obtuvieron una eficacia superior para el control de *Varroa destructor*, reportando un $92,87 \pm 7,61$ %, quienes emplearon como tratamiento el jarabe de azúcar con ácido oxálico. De la misma manera, (Schmidt et al., 2008) obtuvieron un 90 % de eficacia en un tratamiento compuesto por mentol, timol,

alcanfor y eucalipto. Al igual que (Marcangeli et al., 2003), reportaron una eficacia de $86,1 \pm 2,6$ % al aplicar ácido oxálico en su tratamiento. Sin embargo, (May & Medina, 2019), registraron una eficacia inferior en su tratamiento con *Guazuma ulmifolia* cuyos frutos fueron colocados en el ahumador, quienes obtuvieron una eficacia de 41 % al final de su experimentación. Al igual que (Neira et al., 2003), los cuales reportaron resultados inferiores, de 41,67 % y 35 % de eficacia cuando utilizaron aceite de lavanda y de laurel para reducir los porcentajes de infestación de este parásito.

Se han realizado investigaciones del aceite esencial de *Cinnamomum verum*, y se ha demostrado que posee actividades fungicidas, atacando a: *Fusarium moniliforme*, *Saccharomyces*, *Pichia* y *Hyphopichia sp.* (Baruah et al., 1996; Sumalan et al., 2013; Tzortzakis, 2009). *Cinnamomum verum*, posee en su composición eugenol, cinamaldehído, linalol, b-cariofileno y otros terpenos que inhiben la producción de una enzima esencial y dañan la parte externa (pared celular) de ácaros y bacterias (Helander et al., 1998; Nakahara et al., 2003). La planta de *Cymbopogon nardus* posee en su composición linalool, citronelal, geraniol, limoneno, citronelol, acetato de geraniol y acetato de citronelilo (Baranauskiene et al., 2005). Varios estudios determinan que algunos compuestos oxigenados como el geraniol, citral, cinamaldehído y eugenol poseen propiedades antifúngicas mejores que algunos compuestos comunes (Lee et al., 2005).

Según estudios, se ha analizado que el humo proveniente de la quema de algunos materiales vegetales producen la caída del parásito *Varroa destructor*, el humo irrita a los parásitos, lo que produce que se desprendan del huésped *Apis mellifera* (Sammataro et al., 2000). Motivo por el cual el tratamiento (T3) testigo, registró porcentajes de eficacia pese al no haber incluido algún principio activo, cuando estos parásitos se precipitan en la base del colmenar, es mucho más fácil que las abejas los eliminen.

Los compuestos oxigenados (presentes en *Cinnamomum verum* y *Cymbopogon nardus*) que actúan como acaricidas, intervienen en la respiración mitocondrial del parásito, cuyo proceso es indispensable para originar a la molécula de ATP, molécula encargada de brindar energía en los procesos fisiológicos; dentro de las mitocondrias, esta forma de energía producida por oxidación, genera una síntesis compuesta por adenosín trifosfato (ATP); estos acaricidas interfieren esta respiración mitocondrial, por medio del bloqueo de la fosforilación oxidativa y/o el transporte de electrones (IRAC, 2022).

Uno de los factores que afectan las actividades de un transmisor químico es el daño o eliminación del espacio externo de la célula (el cual puede ser por degradación o recaptura) generando adenosina, la cual ingresa a la célula por medio de transportadores propios de la misma célula, la molécula de ATP es liberada en el sistema nervioso central (Rangel et al., 2007).

Por lo tanto, siguiendo los principios de (IRAC, 2022; Rangel et al., 2007), si la respiración mitocondrial es afectada, igualmente perjudicará a la activación de la molécula de ATP, cuya función principal es destinar energía al desarrollo de los procesos vitales, entre ellas las actividades del sistema nervioso central, debilitando y disminuyendo la capacidad motriz del parásito que fue expuesto a los compuestos oxigenados, ocasionando que se desprendan porcentualmente del huésped.

10. CONCLUSIONES

Los presentes resultados con énfasis en los porcentajes de infestación de este parásito varroa (*Varroa destructor*) y la eficacia de cada tratamiento, demuestran que estos productos agroecológicos pueden reducir numéricamente los porcentajes de infestación de este parásito en las colmenas de abejas africanizadas (*Apis mellifera*).

Según la presente investigación, la quema de estas plantas aromáticas generan el humo que termina afectando en la respiración mitocondrial del parásito *Varroa destructor*, inactivando la molécula de ATP, ocasionando distorsiones en el sistema nervioso central del parásito, lo que provoca que se desprendan del cuerpo de la abeja, eliminando así porcentualmente a los parásitos de *Varroa destructor* que se encuentran en estado forético, más no a los parásitos localizados en el interior de los bastidores de las crías. Es por ello que no existió diferencia significativa, debido a que el ciclo de reproducción del parásito se desarrolla dentro de estas celdillas de cría que se encuentran cerradas naturalmente por las abejas. Cabe recalcar que el humo de *Cymbopogon nardus* proporcionó la mayor eficacia para el control de este parásito entre los tratamientos evaluados (48,63 %). Ningún tratamiento afectó a la postura de la abeja reina, no generaron mortalidad, enjambrazón, ni alguna consecuencia negativa a las colmenas. Además, se pudo notar que el humo de *Cymbopogon nardus* generaba menor estrés en las abejas en respuesta del humo, debido a que el zumbido de las abejas no generaba tanto ruido como lo hacían los demás tratamientos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROCALIDAD, & MAGAP. (2016). *Instructivo de procedimientos para la prevención y control de varroosis en colmenas* (pp. 1–32).
www.agrocalidad.gob.ec
- AME. (2022). *Cantón Morona*. Asociación de Municipalidades Ecuatorianas.
<https://ame.gob.ec/2010/05/20/canton-morona/>
- Baranauskiene, R., Venskutonis, P., Dewettinck, K., & Verhé, R. (2005). Properties of oregano (*Origanum vulgare* L.), citronella (*Cymbopogon nardus* G.) and marjoram (*Majorana hortensis* L.) flavors encapsulated into milk protein-based matrices. *Food Research International*, *39*, 413–425.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.09.005>
- Baruah, P., Sharma, R., Singh, R., & Ghosh, A. (1996). Fungicidal activity of some naturally occurring essential oils against *Fusarium moniliforme*. *Journal of Essential Oil Research*, *8*(4), 411–412.
<https://doi.org/10.1080/10412905.1996.9700649>
- Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., Fiorini, D., Sut, S., Dall'Acqua, S., Canale, A., & Maggi, F. (2018). The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Industrial Crops and Products*, *122*, 308–315.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.032>
- Bowen, P., & 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*, 207–217. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2001.00905.x>
- Bustos, A., Rodríguez, D., & Cantor, F. (2008). ANDEVA para diseños completamente al azar (DCA). *Facultad de Ciencias Básicas*, *4*(1), 143–148.
- Calderón, R., Fallas, N., & Sánchez, L. (2007). Detección de enfermedades en abejas africanizadas en Costa Rica. *Revista Ciencias Veterinarias*, *25*(2), 335–348.
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/article/view/3676/3531>

- Calderón, R., Veen, J., Sommeijer, M., & Sanchez, L. (2009). Reproductive biology of *Varroa destructor* in africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Experimental and Applied Acarology*, 50, 281–297. <https://doi.org/10.1007/s10493-009-9325-4>
- Calderón, R., & Zamora, L. (2004). Control integrado del ácaro *Varroa destructor* (Ramírez, J). FUNDECOOPERACION. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclcfindmkaj/<https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L73-10694.PDF>
- Carreño, R., & Salazar, S. (2013). Control del ectoparásito *Varroa destructor* (Varroidae) en *Apis mellifera* L. (Apidae). *Revista de Ciencias*, 17(1), 23–34.
- Charrière, J., & Imdorf, A. (2002). Oxalic acid treatment by trickling against *Varroa destructor*: Recommendations for use in central Europe and under temperate climate conditions. *Bee World*, 83(2), 51–60. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2002.11099541>
- De Jong, D., De Jong, P., De Jong, P. H., & Gonçalves, L. (1982). Weight loss and other damage to developing worker honeybees from infestation with *Varroa jacobsoni*. *Journal of Apicultural Research*, 21(3), 165–167. <https://doi.org/10.1080/00218839.1982.11100535>
- Espinosa, L., & Guzmán, 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, México. *Veterinaria México*, 38(1), 9–19. <http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumenI.cgi?IDREVISTA=39&IDARTICULO=12391&IDPUBLICACION=1294>
- Evans, J., & Cook, S. (2018). Genetics and physiology of *Varroa* mites. *Current Opinion in Insect Science*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.005>
- Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw Hill. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- Finley, J., Camazine, S., & Frazier, M. (1996). The epidemic of honey bee colony losses during the 1995-1996 season. *Department of Entomology*, 136(11), 805–808. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19970200640>

- George, D., Sparagano, O., Port, G., Okello, E., Shiel, R., & Guy, J. (2010). Environmental interactions with the toxicity of plant essential oils to the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*. *Medical and Veterinary Entomology*, *24*, 1–8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.2009.00855.x>
- Giacomelli, A., Pietropaoli, M., Pizzariello, M., Capomolla, I., & Formato, G. (2013). Pillole di anatomia e biologia di *Varroa destructor*. *Istituto Zooprofilattico Sperimentale Delle Regioni Lazio e Toscana*, *11*(5), 66–70. <https://www.izslt.it/bpractices/wp-content/uploads/sites/4/2018/07/22.-Pillole-di-anatomia-e-biologia-di-Varroa-destructor.pdf>
- González, J., Rodríguez, S., Emyr, T., Field, L., Schmehl, D., Ellis, J., Krieger, K., & Williamson, M. (2017). Resistencia a acaricidas en *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Arachnida : Acari : Varroidae): papel de la modificación del sitio diana. *Eri Biotecmed*, *2*, 39–42.
- Helander, I., Alakomi, H., Latva, K., Mattila, T., Pol, I., Smid, E., Gorris, L., & Wright, A. (1998). Characterization of the action of selected essential oil components on Gram-negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *46*, 3590–3595.
- IRAC. (2022). *Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas* (pp. 1–28). <https://irac-online.org/documents/folleto-modo-de-accion-insecticidas-y-acaricidas/>
- Le Conte, Y., Ellis, M., & Ritter, W. (2010). Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses. *Apidologie*, *41*, 353–363.
- Lee, H., Cheng, S., & Chang, S. (2005). Antifungal property of the essential oils and their constituents from *Cinnamomum osmophloeum* leaf against tree pathogenic fungi. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *85*, 2047–2053. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2216>
- Llorente, J., Higes, M., & Suarez, M. (1996). Tratamientos con productos naturales contra *Varroa jacobsoni*. Estudio comparativo de varios compuestos (timol, mentol y alcanfor). *Agricultura Ecológica y Desarrollo Rural*, 500–509.
- MAE. (2021). *Mapa de precipitación en la provincia Morona Santiago*. Ministerio Del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

<https://www.adaptacioncc.com/publicaciones-documentos/mapa-precipitacion-morona-santiago>

- Marcangeli, J., García, M., Cano, G., Distéfano, L., Martín, M., Quiroga, A., Raschia, F., & Vega, C. (2003). Eficacia del Oxavar® para el Control del Ácaro *Varroa destructor* (Varroidae) en Colmenas de *Apis mellifera* (Apidae). *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*, 62(3–4), 75–79.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0373-56802003000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- May, W., & Medina, L. (2019). Eficacia del humo de frutos de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae) y vapores de timol para el control de *Varroa destructor* infestando abejas africanizadas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(3), 778–788.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4810>
- Medina, C., Guzmán, E., Aréchiga, C., Aguilera, J., & Gutiérrez, F. (2011). Efecto del nivel de infestación de *Varroa destructor* sobre la producción de miel de colonias de *Apis mellifera* en el altiplano semiárido de México. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 2(3), 313–317.
- Milani, N. (1999). The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud. to acaricides. *Apidologie*, 30, 229–234. <https://doi.org/10.1051/apido:19990211>
- Nakahara, K., Alzoreky, N., Yoshihashi, T., Nguyen, H., & Trakoontivakorn, G. (2003). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus*. *Jarq*, 37(4), 249–252. <http://www.jircas.affrc.go.jp>
- Neira, M., Heinsohn, P., Carrillo, R., Báez, A., & Fuentealba, J. (2003). Efecto de aceites esenciales de lavanda y laurel sobre el ácaro *Varroa destructor* Anderson & Truemann (Acari:Varroidae). *Agricultura Técnica*, 64(3), 238–244.
- Peralta, M., Echeverría, R., & Neri, P. (2018). Diversidad e importancia de las abejas silvestres: mucho más que miel y abejorros. *Agroproductividad*, 11(12), 103–107.
- Pérez, P. (2017). La apicultura en Cuba y su situación actual. *Agroecología*, 12(1), 67–73.
- Pincay, M., & Mendoza, L. (2019). Efecto polinizador de la abeja (*Apis mellifera*) en cultivos agroecológicos. *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 12(34), 1–15.

www.eumed.net/rev/delos/22www.eumed.net/rev/delos/23Grupoeumed.net/w
ww.eumed.net/rev/delos/22

- Pino, O., Sánchez, Y., Rodríguez, H., Correa, T., Demedio, J., & Sanabria, J. (2011). Caracterización química y actividad acaricida del aceite esencial de *Piper aduncum* subsp. *ossanum* frente a *Varroa destructor*. *Rev. Protección Veg.*, 26(1), 52–61. [/scielo.php?script=sci_arttext&pid=&lang=pt](https://scielo.php?script=sci_arttext&pid=&lang=pt)
- Punina, A. (2022). Prevalencia de parásitos externos en abejas (*Apis mellifera*) [Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, Tesis de grado]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21703>
- Rangel, G., Garay, T., & Arellano, R. (2007). El ATP como transmisor químico extracelular. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 8(3), 276–285. <https://previous.revmexneurociencia.com/wp-content/uploads/2014/06/Nm073-10.pdf>
- Reyna, J., Martínez, J., Silva, A., & López, D. (2021). Efecto de tres moliendas vegetales contra el ácaro *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera*. *Nova Scientia*, 14, 1–10.
- Rosenkranz, P., Aumeier, P., & Ziegelmann, B. (2009). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 96–119. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.07.016>
- Sammataro, D., Gerson, U., & Needham, G. (2000). Parasitic mites of honey bees: life history, implications, and impact. *Annual Review of Entomology*, 45, 519–548. <https://doi.org/https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.519>
- Sanabria, J., Demedio, J., Pérez, T., Peñate, I., Rodríguez, D., & Lóriga, W. (2015). Índices de infestación por *Varroa destructor* en colmenas sin medidas de control. *Revista de Salud Animal*, 37(2), 118–124.
- Schmidt, V., Neira, M., & Carrillo, R. (2008). Evaluación comparativa de los acaricidas Bayvarol (flumetrina) y Apilife Var (timol, eucaliptol, mentol y alcanfor) en el control del acaro *Varroa destructor* Anderson & Trueman en época primaveral. *Agro Sur*, 36(1), 8–14. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2008.v36n1-03>
- Sensu, D. (2016). *Estudio de factibilidad para la implementación de una planta*

procesadora de lácteos en la parroquia Sevilla Don Bosco [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/13617>

Sumalan, R., Alexa, E., & Poiana, M. (2013). Assessment of inhibitory potential of essential oils on natural mycoflora and *Fusarium mycotoxins* production in wheat. *Chemistry Central Journal*, 7, 1–12. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-32>

Tzortzakis, N. (2009). Impact of cinnamon oil-enrichment on microbial spoilage of fresh produce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2008.09.002>

Wolff, L., & Sevilla, E. (2012). Sistemas apícolas como herramienta de diseño de métodos agroecológicos de desarrollo endógeno en Brasil. *Agroecología*, 7(2), 123–132.