



## Efecto acaricida de aceite esencial de molle (*Schinus molle*) en el control de *Varroa destructor* en colmenas de abejas (*Apis mellifera*)

Acaricidal effect of essential oil from molle (*Schinus molle*) in the control of *Varroa destructor* in bee (*Apis mellifera*) hives

Norma Huamán\*<sup>ID</sup>; Guadalupe Silva<sup>ID</sup>

Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Agroindustrial- CITEagroindustrial Ica. Panamericana Sur km 293.2 Salas Guadalupe, Código postal 11501, Ica, Perú.

### RESUMEN

*Varroa destructor* es un ácaro, considerado el más peligroso que causa graves daños en colmenas de *Apis mellifera*, como la disminución significativa o muerte total de su población. El uso de aceites esenciales es considerado una alternativa para controlar la población de ácaros en colmenas. El efecto acaricida del aceite esencial obtenido de *Schinus molle* se evaluó en colmenas infestadas. El aceite esencial de molle fue extraído a partir de frutos maduros recolectados en la región Apurímac, mediante la técnica de arrastre de vapor. La composición del aceite esencial se caracterizó mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). El aceite de *Schinus molle* está compuesto por hidrocarburos monoterpénicos, como el  $\alpha$ -phellandrene (33,04%), el  $\beta$ -myrcene (16,11%) y el D-limonene (16,55%). Se prepararon siete tratamientos (aceite esencial + Tween 80 en concentraciones de 5; 10; 15; 25; 50; 75 y 100%, respectivamente), y fueron comparados con el tratamiento control (acaricida comercial, Sanitraz® al 12,5%). Después de 24 horas el tratamiento con 15% aceite esencial y Tween 80, fue el que obtuvo mayor efecto acaricida comparado a los demás tratamientos. El aceite esencial de *Schinus molle* puede ser una alternativa ecológica y viable para controlar *Varroa destructor* en colmenas de *Apis mellifera*.

**Palabras clave:** apicultura; arrastre de vapor; colmena; cromatografía de gases; varroosis.

### ABSTRACT

*Varroa destructor* is a mite, considered the most dangerous that causes serious damage to *Apis mellifera* hives, such as the significant decrease or total death of its population. The use of essential oils is considered an alternative to control the mite population in hives. The acaricidal effect of the essential oil obtained from *Schinus molle* was evaluated in infested hives. Molle essential oil was extracted from ripe fruits collected in the Apurímac region, using the steam entrainment technique. The composition of the essential oil was characterized by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Schinus molle* oil is composed of monoterpene hydrocarbons, such as  $\alpha$ -phellandrene (33.04%),  $\beta$ -myrcene (16.11%) and D-limonene (16.55%). Seven treatments were prepared (essential oil + Tween 80 in concentrations of 5; 10; 15; 25; 50; 75 and 100%, respectively), and were compared with the control treatment (commercial acaricide, Sanitraz® 12.5%). After 24 hours, the treatment with 15% essential oil and Tween 80 was the one with the greatest acaricidal effect compared to the other treatments. *Schinus molle* essential oil can be an ecological and viable alternative to control *Varroa destructor* in *Apis mellifera* hives.

**Keywords:** beekeeping; steam distillation; hive; gas chromatography; varroosis.

### 1. Introducción

La reciente disminución de las poblaciones de la abeja occidental (*Apis mellifera*) en todo el mundo ha sido objeto de una intensa investigación debido a los daños ecológicos y económicos resultantes de la pérdida de los servicios de polinización (Santos *et al.*, 2018).

Existen varios factores que amenazan la salud de las abejas, entre ellos el ácaro parásito *Varroa destructor* (Annoscia, *et al.*, 2012). El ácaro *Varroa destructor* es uno de los parásitos más peligrosos de *Apis mellifera* que causa pérdidas de colonias en todo el mundo (Lattorff *et al.*, 2015). *Varroa destructor* ataca a la abeja *Apis*

*mellifera* debilitando a su huésped al succionar hemolinfa, ocasionando en las abejas efectos de desorientación y la disminución de la inmunidad (Nazzi *et al.*, 2012).

El daño a las colonias de abejas no está estrictamente relacionado con la acción parasitaria del ácaro, sino que se deriva, sobre todo, de su acción como vector que aumenta la transmisión de muchas enfermedades virales como la parálisis aguda y los virus del ala deformada, que se consideran entre las principales causas del colapso de la colonia (Bernardi y Venturino, 2016). Actualmente se están utilizando varios tratamientos químicos para el control del ácaro *Varroa*, sin embargo, los residuos de estos químicos afectan a la calidad de la miel y a los organismos de las abejas (Lattorff *et al.*, 2015). Asimismo, la resistencia generada por ácaros e insectos a tratamientos ectoparasiticidas mediante el uso de productos sintéticos en la apicultura, ha causado una preocupación en búsqueda de nuevas soluciones a través de otros productos naturales (Guala *et al.*, 2016). Un ejemplo de ello, lo menciona Elzen *et al.*, (2000), donde indicó que el ácaro *Varroa* presentó resistencia parcial a ciertos varroácidos (miticidas), entre estos, se menciona al Amitraz, insecticida muy utilizado para prevenir la infestación de garrapatas y ácaros en cultivos, animales domésticos y abejas.

El uso de aceites esenciales en lugar de utilizar los pesticidas tradicionales químicos resulta una alternativa atractiva, puesto que son altamente efectivos y no dejan residuos (Li *et al.*, 2017). El aceite esencial *Schinus molle* L. (molle) se utiliza como agente adyuvante en diversas aplicaciones en productos alimenticios, ya sea directa o indirectamente, debido a su efecto antimicrobiano y antioxidante (Guala *et al.*, 2016). También se utiliza *Schinus molle* en la medicina alternativa como antibacteriano, antiviral, antiséptico tópico, antifúngico, antioxidante, antiinflamatorio, antitumoral, así como antiespasmódico y analgésico (Martins *et al.*, 2014).

Esta investigación evaluó el efecto acaricida del aceite esencial de molle (*Schinus molle*) para el control de varroa (*Varroa destructor*) en colmenas de abejas criollas (*Apis mellifera*) como una alternativa para controlar este ácaro.

## 2. Material y métodos

### Materia prima

Frutos de molle maduros fueron recolectados entre los meses de abril y mayo, procedentes de la provincia de Abancay, región Apurímac. Los

mismos fueron secados bajo sombra hasta alcanzar a un porcentaje de humedad de 12%. Para procederse al descascarillado de los frutos y pre-molienda de los mismos en un molino de martillos de malla N° 4. La muestra fue identificada como Molle de Apurímac "MA".

### Extracción con método de destilación por arrastre de vapor

La muestra acondicionada fue enviada al Laboratorio de Productos Naturales de la Unidad de Investigación perteneciente a la Universidad Peruana Cayetano Heredia, donde se realizó la extracción del aceite esencial por el método de destilación por arrastre de vapor de agua desarrollado por la propia unidad de investigación. El aceite esencial obtenido fue almacenado en frascos ámbar cerrado herméticamente siendo almacenado a temperatura de refrigeración (4 °C) hasta su uso.

### Determinación de componentes del aceite esencial de molle por cromatografía de gases

La caracterización cromatográfica del aceite esencial de Molle (*Schinus molle*), fueron determinadas por cromatografía GC-MS (Cromatógrafo de gases Agilent Technologies 7890 acoplado al detector espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975 C con la columna: J&W 122-1545.67659 DB-5ms, 325 °C: 60 m x 250 µm x 0,25 µm), del Laboratorio de Productos Naturales de la Unidad de Investigación perteneciente a la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

El análisis GC-MS de los constituyentes volátiles presente en el aceite esencial se realizó por medio del siguiente proceso: La columna se manejó a una temperatura inicial de 40 °C e incrementó a 5 °C/min hasta 180 °C; posteriormente se incrementó a razón de 2,5 °C/min hasta 200 °C por 5 min, luego 10 °C/min hasta 240 °C y finalmente 10 °C/min hasta 300 °C manteniéndose a esta temperatura por 3 minutos. Se utilizó Helio como gas de arrastre a un flujo de 1 mL/min. Se diluyó 20 µl de cada muestra en 1 mL de diclorometano y siendo el volumen de inyección de 1 µl de cada muestra en el equipo. El tiempo de corrida fue de 54 minutos.

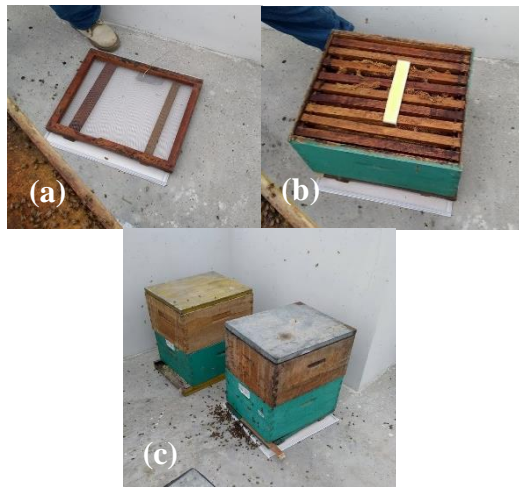
### Ubicación de las colmenas

Las pruebas experimentales se realizaron en apiarios de la empresa Super Abeja S.A.C., ubicado en las Pampas de Acaray, provincia de Huaura, región Lima. Este lugar se caracteriza por presentar un clima templado a frío, los registros tomados de la estación meteorológica de primer orden – Alcantarilla (Acaray), que está

geográficamente a 11° 3' 38.45" Latitud Sur y 77° 33' .38" Longitud Oeste. Durante la realización de las pruebas experimentales se registró una temperatura promedio mínima de 15 °C y máxima de 19,1 °C; con humedad relativa mínima fue de 85,41% y una máxima de 88,12%.

### Características de las colmenas

Se seleccionaron 30 colmenas con iguales características en nivel de población distribuidos de la siguiente forma: Base o suelo y Piquera, cámara de cría (de 9 marcos), con alzas (8 marcos) y por último con contratapa y tapa. Las colmenas tuvieron poblaciones similares entre ellas (Figura 1).



**Figura 1.** Características de las colmenas. (a) Colocación de base engomada para conteo de varroas caídas. (b) Aplicación de tratamientos con aceite esencial por medio de esponja. (c) Unidad experimental: colmena.

### Muestreo de abejas

Se evaluó el porcentaje de infestación inicial de *Varroa destructor* en las colmenas de estudio, según el método del frasco (Jong *et al.*, 1982). Se recolectaron en un frasco de boca ancha con alcohol al 70%, con 200 abejas, mediante el barrido de abejas del panal del bastidor, agitándose durante 3-5 minutos, tiempo en el que permitirá el desprendimiento de *Varroa destructor*, para finalmente contabilizarse la cantidad de ácaros y determinar el porcentaje de infestación (SAGARPA, 2000).

$$\% \text{ de Infestación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ácaros colectados} \times 100}{\text{N}^\circ \text{ de abejas en muestra}}$$

### Preparación de los tratamientos

Se prepararon los tratamientos de aceite esencial a diferentes concentraciones (5, 10, 15, 25, 50, 75 y 100%). Para ello, se utilizó Tween 80 (Polisorbato 80 agente emulgente de tipo

tensioactivo), mezclándose con el aceite esencial de molle. Se consideró un control de Tween 80 y un control positivo con un acaricida comercial Sanitraz® (Composición en 100 ml: Amitraz 12,5 g y vehículo c.s.p. 100 g) al 12,5%.

### Aplicación de aceite esencial de molle en colmena de abejas

Se emplearon tres colmenas (Islam *et al.*, 2016), por cada tratamiento (30 colmenas), a cada tratamiento se aplicó (15 mL de mezcla, aceite esencial: Tween 80).

Los tratamientos se aplicaron en una plancha de esponja colocadas en la parte central de la colmena (entre la cámara de cría y el segundo piso). Para realizar el control de la mortandad de *Varroa destructor* por cada colmena, se colocaron cartulinas de color blanco, previamente acondicionadas con marcos de soporte y embadurnadas con vaselina sólida, en la base de cada colmena. El monitoreo para realizar el conteo de las varroas muertas se realizó 24 horas post aplicación de los tratamientos. Se extrajeron las cartulinas blancas untadas en vaselina sólida colocada en la base de cada colmena (unidad experimental) y se realizó el conteo con ayuda de una lupa.

$$\% \text{ de Eficacia} = \frac{\text{Tratamiento} - \text{Testigo}}{\text{Tratamiento comercial} - \text{Testigo}} * 100$$

- Tratamiento: N° de individuos muertos de *V. destructor* por efecto acaricida del aceite esencial aplicado
- Testigo: N° de individuos muertos de *V. destructor* por efecto natural antes de aplicar los tratamientos.
- Tratamiento Comercial: N° de *V. destructor* por efecto de Sanitraz® al 12,5% aplicado

### Diseño experimental

Las pruebas ejecutadas para evaluar el efecto acaricida del aceite esencial de molle (*Schinus molle*) frente a *Varroa destructor* en colmenas de abejas (*Apis mellifera*) incluyeron 8 tratamientos (7 concentraciones al 5, 10, 15, 25, 50, 75 y 100% de aceite esencial y 1 tratamiento con acaricida sintético (Sanitraz al 12,5%) realizadas por triplicado. Asimismo, un control de Tween 80 (al 100%) y un blanco.

### Análisis estadístico

Los valores de mortandad obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando Minitab 17. Las variaciones entre los diferentes tratamientos se analizaron aplicando un análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia ( $p < 0,005$ ) y la comparación de media entre tratamientos se realizó empleando la prueba múltiple de Tukey.

### 3. Resultados y discusión

#### Caracterización cromatográfica

El aceite esencial de *Schinus molle*, está compuesto por  $\alpha$ -Pinoeno,  $\beta$ -Miraceno,  $\alpha$ -Phellandrene, o-Cimeno, D-Limoneno,  $\beta$ -Thujeno, Metil éster del ácido octanoico,  $\beta$ -Elemeno,  $\alpha$ -Gurjuneno,  $\beta$ -Cariofileno,  $\alpha$ -Cariofileno, Biciclogermacreno,  $\beta$ -Cadineno y  $C_{15}H_{24}O$  (Tabla 1).

**Tabla 1**

Composición del aceite esencial de molle (*Schinus molle*) a través de análisis cromatográfico

N°	Nombre del compuesto (NIST08.L)	Tiempo retención (tR) min	% en la muestra (áreas relativas)
1	$\alpha$ -Pinoeno	15,66	3,91
2	$\beta$ -Miraceno	18,58	16,11
3	$\alpha$ -Phellandrene	19,76	33,04
4	o-Cimeno	20,7	6,87
5	D-Limoneno	21,03	16,55
6	$\beta$ -Thujeno	21,17	13,87
7	Metil éster del ácido octanoico	26,21	2,37
8	$\beta$ -Elemeno	41,32	0,41
9	$\alpha$ -Gurjuneno	42,37	0,69
10	$\beta$ -Cariofileno	43,08	2,36
11	$\alpha$ -Cariofileno	44,89	0,42
12	Biciclogermacreno	46,86	0,95
13	$\beta$ -Cadineno	47,83	1,11
14	Desconocido ( $C_{15}H_{24}O$ )	52,21	1,34

El 79,57%, del aceite de molle de Apurímac, está compuesto por  $\alpha$ -Felandreno (33,04%), D-Limoneno (16,55%),  $\beta$ -Miraceno (16,11%) y  $\beta$ -Thujene (13,87%). [Bernhard et al., 1983](#) reportaron 46 componentes en el aceite de molle de California, predominando miraceno (20,4%) y  $\beta$ -phellandrene (17,3%), seguidos de  $\alpha$ -felandreno,  $\delta$ -cadineno, Limoneno,  $\alpha$ -cadinol y  $\beta$ -phellandrene como componentes principales. [\(Maffei y Chialva, 1990\)](#), extrajeron aceites esenciales de molle y encontraron  $\alpha$ -phellandrene como compuesto principal para las bayas (55,4%), seguido de  $\beta$ -phellandrene y limonene (15,4% y 14,3%, respectivamente). De manera similar, las hojas mostraron un  $\alpha$ -phellandrene como compuesto principal (30,2%), seguido por elemol (13,3%) y  $\beta$ -phellandrene y limonene en concentraciones ligeramente diferentes (9,6% y 9,3%, respectivamente).

[Baser, et al. \(1997\)](#) encontraron resultados similares al estudiar la composición de aceite esencial de *S. molle* cultivada en Turquía, donde,  $\alpha$ -phellandrene como compuesto principal para las bayas (22,1 - 38,1%), seguido de  $\beta$ -phellandrene (10,4% - 11,8%), limonene (9,6% - 11,6%) y  $\alpha$ -cadinol (5,6 - 7,2%). Los mismos compuestos se

encontraron en el aceite de las hojas, pero en concentraciones más altas:  $\alpha$ -phellandrene (45,7%),  $\beta$ -felandreno (13,6%) y limoneno (13,4%).

En el aceite esencial de las frutas de tres muestras de *S. molle* recolectadas en diferentes lugares y épocas del año en Perú, [Huamán et al. \(2004\)](#), encontraron 41 componentes de los cuales los principales fueron myrcene (26,4 - 42%),  $\alpha$ -phellandrene (4 - 25%), limonene (9,8 - 19%),  $\beta$ -phellandrene (7,7 - 9,7%), p-cymene (3,2 - 19,8%), entre otros. Además, se encontraron variaciones químicas entre las diferentes poblaciones recolectadas en Rio Grande do Sul, Brasil, estudiados por [Santos et al., 2007](#), los cuales extrajeron aceite de ocho poblaciones naturales y cultivadas de diferentes lugares encontrando compuestos como  $\alpha$ -pinoene (1,8 - 54,4%), myrcene (0,34 - 54,5%),  $\alpha$ -pinoene (2,5 - 34,4%) y limonene (0,77 - 24,4%).

El aceite extraído de las frutas de *S. molle* en Tunisia por los investigadores [Zahed et al. \(2011\)](#), estaba compuesto por hidrocarburos monoterpenos y limonene, así como,  $\beta$ -phellandrene (30,8 - 61,8%),  $\alpha$ -phellandrene (21 - 41,1%), myrcene (8,4 - 12,8%) y  $\alpha$ -pinoene (1,9 - 6,5%). Mientras que el aceite esencial de la fruta de *S. molle* de Portugal está compuesto hidrocarburos monoterpenos principalmente por  $\beta$ -myrcene, limonene,  $\alpha$ -phellandrene y  $\beta$ -phellandrene [\(Martins et al., 2014\)](#).

Estas diferencias de la composición del aceite de *Schinus molle* se debe a factores como la temperatura, las condiciones del suelo, la altitud y el país de origen, que conlleva a tener diferencias significativamente en sus propiedades químicas, por ejemplo, la densidad y el índice de refracción [\(Mariod, 2016\)](#).

#### Efectividad de los tratamientos aplicados en diferentes concentraciones

Se realizó el conteo de varroas muertas por colmena y tratamiento, 24 horas post aplicación de las mismas, retirando las láminas adhesivas, colocados en las bases de cada colmena. No se observaron daños mortales para las abejas. En el control blanco y el control de Tween 80 se contabilizaron un promedio de 3,6 y 4 varroas muertas, respectivamente (Tabla 2). Estos resultados son similares a lo indicado por [Ramzi et al. \(2017\)](#) al evaluar la actividad acaricida del aceite esencial de *Thymus satureioides* C. & B. y *Origanum elongatum* E. & M. (Lamiaceae) sobre *Varroa destructor*, donde se determinó que la caída de ácaros por muerte natural fue en promedio de 2,08 ( $\pm$  2,22) ácaros por colmena por día.

**Tabla 2**

Efecto de las diferentes concentraciones de aceite esencial de *S. molle* (AE) sobre el número de individuos de *V. destructor* en colmenas de *A. mellifera*

TRT	Concentración	N° de Colmena (Repeticiones)		
		1	2	3
Control	Tween 80 (100%)	4	3	4
Control	Blanco (Sin AE*)	4	3	5
T1	Sanitraz 12,5%	144	83	157
T2	5% AE	3	2	3
T3	10% AE	49	27	35
T4	15% AE	131	129	137
T5	25% AE	9	8	9
T6	50% AE	7	20	11
T7	75% AE	13	12	15
T8	100% AE	21	27	19

AE: Aceite esencial

Conteo: Varroas muertas

Con respecto a los tratamientos evaluados, se obtuvo que para el T1 (con Sanitraz al 12,5%) se contabilizaron un promedio de 128 varroas muertas, para el T2 (AE al 5%) se contabilizó un promedio de 2,66 varroas muertas, para el T3 (AE al 10%) un promedio de 37 varroas, el T4 (AE al 15%) un promedio de 132,33, para el T5 (AE al 25%) 8,66 varroas muertas, para el T6 (AE al 50%) un promedio de 12,66, para el T7 (AE al 75%) 13,55 varroas y para el T8 (AE al 100%) un promedio de 22,33 varroas muertas.

Comparado con los resultados obtenidos por Islam *et al.*, (2016), el mayor número total de varroas muertas fue de 323 aplicando ácido fórmico, seguido del tratamiento de aceite esencial de hierba de limón con 306, aceite esencial de tomillo con 263, aceite esencial de menta con 204 y aceite esencial de romero con 188 en colmenas de abejas infestadas por *Varroa destructor*.

En cuanto al porcentaje de eficacia de los tratamientos, se observa que la aplicación de Sanitraz al 12,5% (T1), presenta 100% de eficacia en su radio de acción frente al control de varroa (Tabla 3). Comparando con la aplicación de aceite esencial de molle el mejor tratamiento (T4:15% AE) logró una eficacia promedio de 92,3%. Estos resultados se pueden comparar con el estudio realizado en el Instituto de Investigación de Abejas (Islam *et al.*, 2016) donde se evaluó el porcentaje de reducción de la infestación de colmenas por *Varroa destructor*. Se evaluaron cuatro aceites esenciales, tomillo (*Thymus linearis*), hierba de limón (*Cymbopogon citratus*), romero (*Rosmarinus officinalis*), menta (*Mentha longifolia*) y ácido fórmico (65%) utilizados en tres concentraciones (25, 50 y 100%). Se obtuvo que el ácido fórmico y las concentraciones más altas (100%) de los aceites esenciales analizados

fueron un control efectivo de los ácaros de *Varroa*, mientras que el porcentaje de reducción de la infestación con ácido fórmico, limoncillo, tomillo, menta y romero se registró en más del 96%.

**Tabla 3**

Porcentaje (%) de eficacia de los tratamientos del aceite esencial de molle en el control de *Varroa Destructor*

TRT	Concentración	% de eficacia por Colmena			
		1	2	3	Promedio
Control	Tween 80 (100%)	0%	0%	0%	-
Control	Blanco (Sin Ae*)	0%	0%	0%	-
T1	Sanitraz 12,5%	100%	100%	100%	100%
T2	5% AE	0%	0%	0%	-
T3	10% AE	32,1%	30,0%	19,7%	27,3%
T4	15% AE	90,7%	100%	86,8%	92,3%
T5	25% AE	3,6%	6,3%	2,6%	5,4%
T6	50% AE	2,1%	21,3%	3,9%	9,1%
T7	75% AE	6,4%	11,3%	6,6%	8,1%
T8	100% AE	12,1%	30,0%	9,2%	17,1%

Romo *et al.* (2016) encontraron resultados similares, donde la eficacia del aceite esencial de orégano y aceite de canola; puros en dosis de 1,16 y 1,5 ml osciló entre el 57 al 74%, sugiriendo que el aceite esencial de orégano puede ser utilizado como una alternativa viable al uso de acaricidas para el control de *V. destructor*. Asimismo, en un estudio realizado por Ardeshir *et al.*, 2002, evaluaron aceites esenciales de tomillo, romero, mejorana, dillsun y lavanda en concentraciones de 2 y 1g/100 g (p/p), con resultados de tasa de mortalidad de ácaros entre 97 y 95%.

Ghasemi *et al.* (2016) realizaron estudios a escala laboratorio sobre la eficacia de algunos aceites esenciales de plantas medicinales para controlar *Varroa* en *Apis mellifera* (*Himno: Apidae*). Trabajando a concentraciones de 1; 2,5; 4 y 5,5 µl / L aire en tiempos de 5 y 10 horas; sus resultados indicaron que la mortalidad de los ácaros aumentó a medida que aumentaba la concentración de aceites y el tiempo de exposición. El aceite de *Thymus kotschyanus* a 5,5 µl / L aire causó una tasa de mortalidad del 54,4% en 5 horas y 84,43% a 10 h. Por otro lado, aceites como *Mentha longifolia* y *Eucalyptus camaldelensis* a 5,5 µl / L aire resultó en 65,53% y 71,06% de mortalidad en los ácaros *Varroa*. Esta investigación concluye que los aceites mencionados tienen potencial suficiente para desempeñar un papel importante para el control integrado de varroa en apiarios. Asimismo, según menciona Rosenkranz *et al.* (2010), los aceites esenciales se presentan como alternativa para el control de varroa, debido a su alta efectividad frente a estos, su baja toxicidad

para las abejas y residuos mínimos en los productos de las abejas. Comparando con los resultados obtenidos en la presente investigación se puede mencionar que la aplicación de Sanitraz al 12,5% (T1), presenta 100% de eficacia en su radio de acción frente al control de varroa. Comparando con la aplicación de aceite esencial de molle el mejor tratamiento (T4:15% AE) logró una eficacia promedio de 92,3%.

Sin embargo, Strachecka *et al.* (2012), investigaron cómo el Amitraz (compuesto activo del Sanitraz®) y el ácido oxálico, administrado de acuerdo a sus dosis establecidas, afectan la actividad del sistema de defensa proteolítica de *A. mellifera*, creando un “círculo vicioso”, en el que el uso reduce la resistencia, lo que lleva a colonias más débiles y por lo tanto, a más pérdidas en el apiario luego de que requieran una mayor dosis de aplicación. Además, los ácidos orgánicos crean un ambiente favorable para el desarrollo de hongos Howis *et al.* (2010).

En ese sentido, autores como Nerio *et al.* (2010), mencionan que los aceites esenciales y sus compuestos presentan numerosas actividades contra los artrópodos, entre ellos la repelencia, debido a los compuestos individuales presentes en estas mezclas que incluyen  $\alpha$ -pineno, limoneno, citronelol, citronelal, alcanfor y timol. Corroborado por Neira (2003), que menciona que los compuestos de aceites esenciales son una buena alternativa para el control de *Varroa* spp. debido a sus fuertes aromas que logran alterar el sentido del olfato de un ácaro además de ser tóxicos para los ácaros, mas no para la colmena tratada.

#### 4. Conclusiones

La aplicación de Sanitraz al 12,5% (T1), presenta 100% de eficacia acaricida en su radio de acción frente a *Varroa destructor*. Comparando con la aplicación de aceite esencial extraído a partir de las semillas de molle logró una eficacia promedio de 92,3%, en su mejor tratamiento (T4:15% AE). Asimismo, el aceite esencial de *Schinus molle*, demostró tener efecto acaricida significativo y puede ser utilizado como una alternativa viable al uso de acaricidas sintéticos para el control de *V. destructor* presentes en colmenas de abejas (*Apis mellifera*).

#### Agradecimientos

Los autores agradecen al Sr. Felis Ventocilla Jiménez y a la empresa Super Abeja SAC, por brindarnos acceso a sus instalaciones y utilizar sus apiarios para realizar la presente investigación en beneficio de la apicultura.

#### ORCID

N. Huamán  <https://orcid.org/0000-0002-7663-0020>

G. Silva  <https://orcid.org/0000-0002-6110-743X>

#### Referencias bibliográficas

- 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.
- Ardeshir, A.; Rahim E.; Gholamhosein, T. 2002. Laboratory evaluation of some plant essences to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Experimental and Applied Acarology* 27(4): 319-327.
- Baser, K.; Kürkçüoğlu, M.; Demirçakmak, B.; Ülker, N.; Beis, S. 1997. Composition of the essential oil of *Schinus molle* L. grown in Turkey. *Journal of Essential Oil Research* 9(6): 693-696.
- Bernardi, S.; Venturino, E. 2016. Viral epidemiology of the adult *Apis Mellifera* infested by the *Varroa destructor* mite. *Heliyon* 2(5): e00101.
- Bernhard, R.; Shibamoto, T.; Yamaguchi, K.; White, E. 1983. The volatile constituents of *Schinus molle* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31(2): 463-466.
- Elzen, P.; Baxter, J.; Spivak, M.; Wilson, W. 2000. Control of *Varroa jacobsoni* Oud. resistant to fluvalinate and amitraz using coumaphos. *Apidologie* 31(3): 437-441.
- Ghasemi, V.; Moharrampour, S.; Tahmasbi, G. 2016. Laboratory cage studies on the efficacy of some medicinal plant essential oils for controlling varroosis in *Apis mellifera* (Hym.: Apidae). *Systematic and Applied Acarology* 21(12): 1681-1692.
- Guala, M.; Lapissonde, M.; Elder, H.; Baren, C. van; Bandoni, A.; Dellacassa, E. 2016. Chapter 78- Rose Pepper (*Schinus molle* L.) oils. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Pp. 689-695.
- Howis M.; Chorbiński P.; Nowakowski P. 2010. Influence of exposure to formic acid on the physiological status of the apian (*Apis mellifera* L.) midgut; Proceedings of the XLVIII Conference, Scientific Apiculture Conference; Puławy, Poland. 5-7 April, 2010; Pp.21.
- Huamán, Y.; de la Cruz, O.; Bosilcov, A.; Batiu, I. 2004. Essential oil from the fruits of *Schinus molle* L. from Peru. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 7(3): 223-227.
- Islam, N.; Amjad, M.; Ehsan-ul-Haq; Stephen, E.; Naz, F. 2016. Management of *Varroa destructor* by essential oils and formic acid in *Apis Mellifera* Linn. Colonies. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 4(6): 97-104.
- Jong, D. de; Roma, D.; Goncalves, L. 1982. A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honeybees. *Apidologie* 13(3): 297-306.
- Lattorff, M.; Buchholz, J.; Fries, I.; Moritz, R. 2015. A selective sweep in a *Varroa destructor* resistant honeybee (*Apis mellifera*) population. *Infection, Genetics and Evolution* 31: 169-176.
- Li, L.; Lin, Z-G.; Wang, S.; Su, X-L.; Gong, H-R.; Li, L.; Hu, F-L.; Zheng, H-Q. 2017. The effects of clove oil on the enzyme activity of *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Arachnida: Acari: Varroidae). *Saudi Journal of Biological Sciences* 24(5): 996-1000.
- Maffei, M.; Chialva, F. 1990. Essential oils from *Schinus molle* L. berries and leaves. *Flavour and Fragrance Journal* 5(1): 49-52.
- Mariod, A. 2016. Effect of Essential Oils on Organoleptic (Smell, Taste, and Texture) Properties of Food. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Pp.131-137.
- Martins, M.; Arantes, S.; Candeias, F.; Tinoco, M.; Cruz-Morais, J. 2014. Antioxidant, antimicrobial and toxicological properties of *Schinus molle* L. essential oils. *Journal of Ethnopharmacology* 151(1): 485-492.
- Nazzi, F.; Brown, S.; Annoscia, D.; Piccolo, F. del; Prisco, G. di; Varricchio, P.; Vedova, G. della; Cattonaro, F.; Caprio, E.; Pennacchio, F. 2012. Synergistic parasite-pathogen interactions mediated by host immunity can drive the collapse of honeybee colonies. *PLoS Pathogens* 8(6): e1002735.
- Neira, M. 2003. Aceites esenciales y ácidos orgánicos en el control de *Varroa destructor* Anderson & Trueman. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Seminario Internacional: Manejo Integrado de Varroa. Quillota, 9-10 de diciembre, 2003. Pp. 1-30.

- Nerio, L.; Olivero-Verbel, J.; Stashenko, E. 2010. Repellent activity of essential oils: A review. *Bioresource Technology* 101(1): 372-378.
- Ramzi, H.; Rchid Ismaili, M.; Aberchane M.; Zaanoun, S. 2017. Chemical characterization and acaricidal activity of *Thymus satureioides* C. & B. and *Origanum elongatum* E. & M. (Lamiaceae) essential oils against *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae). *Industrial Crops and Products* 108: 201-207.
- Romo, A.; Molina, F.; Martinez, L.; Molina, J.; Acosta, C.; Ríos, C.; Ponce de León, A.; Rivera, R. 2016. Evaluation of oregano (*Lippia berlandieri*) essential oil and entomopathogenic fungi for *Varroa destructor* Control in Colonies of Honey Bee, *Apis mellifera*. *Southwestern Entomologist* 41(4): 971-982.
- Rosenkranz, P.; Aumeier, P.; Ziegelmann, B. 2010. Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: S96-S119.
- SAGARPA. 2000. Manual de Patología Apícola. Programa Nacional para el control de la abeja africana. 62 pp.
- Santos, A.; Cristaldo, P.; Araújo, A.; Melo, C.; R., Lima, A.; Santana, E.; Oliveira, B. de; Oliveira, J.; Vieira, J.; Blank, A.; Bacci, L. 2018. *Apis mellifera* (Insecta: Hymenoptera) in the target of neonicotinoids: A one-way ticket? *Bioinsecticides can be an alternative. Ecotoxicology and Environmental Safety* 163: 28-36.
- Santos, A. dos; Rossato, M.; Agostini, F.; Almeida, M. de, Serafini, L.; Moyna, P.; Dellacassa, E. 2007. Caracterização química de populações de *Schinus molle* L. do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre* 5(2): 1014-1016.
- Strachecka, A.; Paleolog, J.; Olszewski, K.; Borsuk, G. 2012. Influence of Amitraz and Oxalic Acid on the Cuticle Proteolytic System of *Apis mellifera* L. Workers. *Insects* 3(3): 821-832.
- Zahed, N.; Hosni, K.; Ben- Brahim, N.; Sebei, H. 2011. Essential oil composition of *Schinus Molle* L. fruits: An ornamental species used as condiment. *Journal of Food Biochemistry* 35(2): 400-408.

