

COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD ACARICIDA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* Y *Thymus vulgaris* CONTRA *Tetranychus urticae*

A COMPARISON BETWEEN ACARICIDAL ACTIVITY OF THREE ESSENTIAL OILS
FROM *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* Y *Thymus vulgaris* AND
Tetranychus urticae

Andrea Escobar¹, Carla Molina¹, Gabriela Zapata¹ y Patricio Yáñez M.^{1,2,3}

¹ Carrera de Biotecnología de los Recursos Naturales, Universidad Politécnica Salesiana, Av. 12 de Octubre N24-22 y Wilson, Quito, Ecuador.

² Centro de Investigación y Modelamiento Ambiental, CIMA, Universidad Politécnica Salesiana, Av. 12 de Octubre N24-22 y Wilson, Quito, Ecuador.

³ Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, INCYT, Universidad Iberoamericana del Ecuador, Av. 9 de Octubre N25-12 y Colón, Quito, Ecuador.

Autor para correspondencia: apyanez@hotmail.com

Manuscrito recibido el 7 de enero de 2014. Aceptado, tras revisión, el 22 de julio de 2014.

Resumen

Ecuador es el tercer país exportador de flores del mundo, su diversidad y calidad son un atractivo internacional y representan un gran aporte económico para el país; sin embargo, estos cultivos se encuentran amenazados por diversas plagas, una de las más perjudiciales es el ácaro "arañita roja" *Tetranychus urticae*. Para su control se usan plaguicidas sintéticos tóxicos. La presente investigación fue realizada en la Florícola "La Julian" (zona andina norte de Ecuador, 00°03'00" N y 78°12'00" O, 2840 msnm), su objetivo fue el de identificar la actividad acaricida de los aceites esenciales de albahaca (*Ocimum basilicum*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y cilantro (*Coriandrum sativum*) contra el ácaro *Tetranychus urticae*. Los análisis de acción acaricida se realizaron 24 y 48 horas después de haber aplicado el aceite esencial, y los resultados fueron comparados mediante análisis no paramétrico. Para *Ocimum basilicum* la concentración efectiva fue de 1,6 %, para *Thymus vulgaris* 1,6 % y para *Coriandrum sativum* 3.12 %. Además, cada concentración se comparó con el control de la investigación "etanol" y con una mezcla de productos sintéticos utilizada regularmente en la Florícola. A las 24 horas, el aceite esencial de tomillo presentó el mejor efecto acaricida; a las 24 y 48 horas, la efectividad fue mayor con los aceites de tomillo y de albahaca. Finalmente, se formuló un acaricida natural cuyo principio activo fue el aceite esencial de tomillo; éste se comparó con la mezcla sintética Abamectina-Tetradifón, mostrando similar efecto acaricida.

Palabras claves: *Tetranychus urticae*, acaricida, aceite esencial, *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris*, *Coriandrum sativum*.

Abstract

Ecuador is the third largest exporter of flowers in the world; their diversity and quality are internationally renowned and they are a major contribution to the country's economy. However, this industry is threatened by numerous pests; one of the most harmful being the acarus known as "red spider mite" or *Tetranychus urticae*. Dangerous, synthetic pesticides are used in order to control this mite. Our research was carried out in the flower farm of "La Juliana" (north Andean zone of Ecuador, 00°03'00" N and 78°12'00", 2840 mamsl). Its objective was to evaluate the acaricidal properties of three essential oils: coriander (*Coriandrum sativum*), basil (*Ocimum basilicum*), and thyme (*Thymus vulgaris*), against the *Tetranychus urticae* mite. The effects of the acaricide test were measured 24 and 48 hours after applying the essential oils, and the results were compared through non-parametric analysis. The effective concentration for *Ocimum basilicum* was of 1.60 %, for *Thymus vulgaris* was of 1.60 % and for *Coriandrum sativum*, 3.12 %. Furthermore, each concentration was compared to the research control "ethanol" group and a synthetic pesticide mixture used regularly by the flower farm technicians. After 24 hours, the thyme essential oil showed the best acaricidal effects, after 24 and 48 hours high effectiveness was observed for the thyme and basil essential oils. Finally, a natural product was formulated whose active ingredient was the thyme essential oil and compared to the *Abamectin-Tetradifon* synthetic blend, showing a similar acaricidal effect.

Keywords: *Tetranychus urticae*, acaricide, essential oil, *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris*, *Coriandrum sativum*.

Forma sugerida de citar: Escobar, A., C. Molina, G. Zapata y P. Yáñez. 2014. **Comparación de La Actividad Acaricida de los Aceites Esenciales de *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* y *Thymus vulgaris* Contra *Tetranychus urticae*.** La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 19(1): 21-33. ISSN: 1390-3799.

1. Introducción

En la actualidad, las flores ecuatorianas están consideradas entre las mejores y más hermosas del mundo por su diversidad y calidad, según varios reportes el país se sitúa cada vez mejor con su producto y se posiciona en mercados como Europa y los Estados Unidos de América (EFE, 2009).

Ante la creciente demanda y la expansión de producción, se deben tener en cuenta las amenazas que tienen este tipo de cultivos y las diversas plagas que ocasionan pérdidas para los agricultores y el país. Una de las más difíciles de exterminar son los ácaros, artrópodos distribuidos en los cinco continentes con aproximadamente 388 géneros (Gualotuña, 2007). Asimismo, representan un grave problema a nivel mundial en árboles frutales y florales en regiones templadas, tropicales y subtropicales, debido a que prosperan con humedad relativa baja y altas temperaturas (Flores *et al.*, 2011).

La especie de ácaro más abundante en las rosas es *Tetranychus urticae*, también llamado "arañita ro-

ja", el cual causa un oscurecimiento y debilitamiento de los pétalos. Si su control no se hace a tiempo y de manera adecuada puede provocar una defoliación completa de las plantas (Fasulo y Denmark, 2000).

1.1 Ciclo de vida y características de *Tetranychus urticae*

El ciclo de vida de *T. urticae* es corto (Figura 1), comienza con un huevo del cual eclosiona una larva, característicamente hexápoda, que se convierte luego en ninfa; en este estado, ocurren dos fases: protoninfa y detoninfa. La ninfa, a diferencia de la larva, posee cuatro pares de patas. Luego, los ácaros pasan al estado adulto y se observan a simple vista como puntos amarillentos o rojizos en el envés de las hojas. Entre un estado y otro del desarrollo biológico suelen presentarse fases de reposo o ninfocrisálidas (protocrisálida, deutocrisálida y teliocrisálida) (CIAT, 1982).

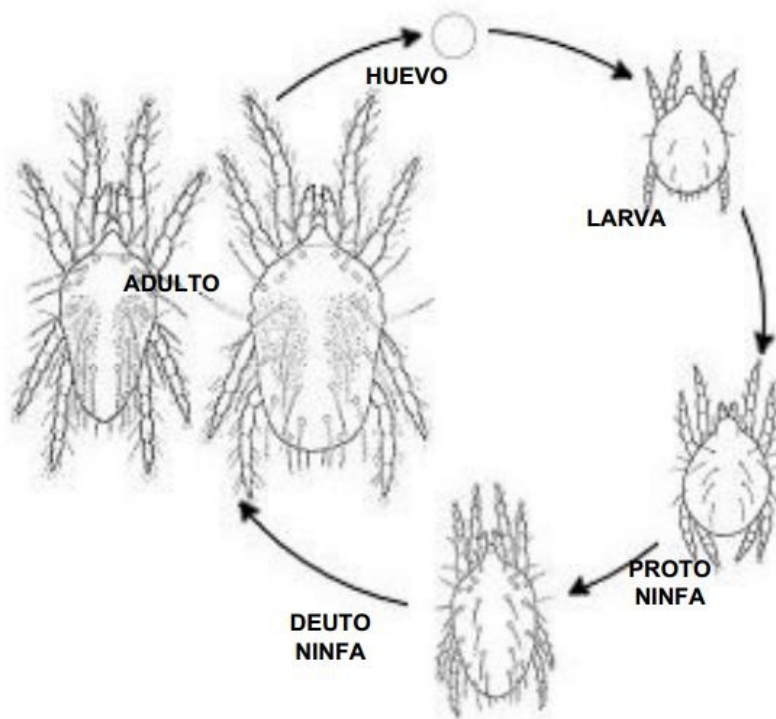


Figura 1. Ciclo de vida de *Tetranychus urticae* Fuente: Homoagícola, 2012.

Para evitar el daño que provoca esta especie de ácaro se utilizan plaguicidas sintéticos, como Abamectina y Tetradifón, que pueden generar problemas de salud en los obreros que se encuentren en contacto con ellos: vómito, dermatitis, irritación de mucosas, problemas respiratorios y digestivos. Una exposición crónica a Tetradifón puede ocasionar daño hepático y renal (OLCA, 1996).

1.2 Actividad acaricida de aceites esenciales propuestos

En los últimos años, los plaguicidas con productos naturales se muestran como una alternativa para mitigar el ataque de ácaros, debido a que constituyen una materia prima de fácil acceso y menor impacto.

En la presente investigación se efectuó el análisis del efecto acaricida de tres aceites esenciales: de albahaca *Ocimum basilicum*, tomillo *Thymus vulgaris* y cilantro *Coriandrum sativum*.

Simultáneamente, el efecto de estos tres aceites fue comparado con la mezcla acaricida Abamectina-Tetradifón, utilizada habitualmente para controlar los ácaros en las Florícolas andinas del norte de Ecuador. Se determinó finalmente la especie vegetal con aceite esencial más efectivo.

2. Materiales y métodos

2.1 Recolección del material vegetal, control de calidad y obtención del aceite esencial

Las sumidades aéreas de *Ocimum basilicum* y de *Thymus vulgaris* fueron adquiridas directamente a su productor en la ciudad de Ambato (Sierra Centro de Ecuador) mientras que las semillas de *Coriandrum sativum* se obtuvieron en un mercado de la misma ciudad.

Se caracterizó cada una de las especies vegetales mediante un análisis organoléptico; además, se determinaron los niveles de humedad, cenizas y metabolitos secundarios por tamizaje fitoquímico, concluyendo con un análisis microbiológico.

A la materia prima limpia se la sometió a destilación por arrastre de vapor.

2.2 Caracterización fisicoquímica del aceite esencial de *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris* y *Coriandrum sativum*

Los tres aceites obtenidos fueron caracterizados en cuanto a su olor, color, índice de refracción mediante un refractómetro Atago a 25°C. La densidad fue determinada utilizando un picnómetro y una balanza analítica.

La composición del aceite esencial se determinó por Cromatografía de Gases Acoplada a Masas, para lo cual se tomó 1 µL del aceite esencial y se lo diluyó en 1 mL de dicloro metano; posteriormente, se inyectaron 2 µL de la muestra en el equipo con una temperatura inicial de 55°C y una final de 250°C.

2.3 Evaluación de la actividad acaricida de los aceites esenciales *emphin vitro*

Se evaluó la actividad acaricida por contacto. Los ácaros utilizados, provenientes de la Florícola "La Juliana" (zona andina norte de Ecuador), fueron identificados por el método de Monitoreo de Plagas y Enfermedades propuesto por Gualotuña (2007), observando en el ácaro la presencia de dos manchas negras en el lomo, a través de un microscopio portátil (60x).

Una vez colectados e identificados, los individuos se colocaron en cajas plásticas y se los mantuvo en un invernadero pequeño adaptado para el efecto en la misma Florícola (Figura 2). La temperatura fue mantenida entre 20-35°C y la humedad de 50-80%, siendo monitoreadas con un medidor Taylor. El fotoperíodo (12 horas) de luz se generó por condiciones ambientales habituales, no artificiales.

Las cajas plásticas utilizadas en el ensayo fueron previamente desinfectadas con etanol al 70% y cargadas de bacto agar, preparado con 23 g de bacto agar por litro de agua destilada y esterilizado por 15 minutos a 121°C.

Para evaluar la actividad acaricida del aceite se utilizó el método propuesto por Villegas *et al.* (2010), que consistió en cortar discos de 4.5 cm de diámetro de la zona media de hojas de rosas y sumergirlos por 10 segundos en la concentración deseada de acaricida.



Figura 2. Pequeño invernadero adaptado para la investigación. Fuente: Los autores, 2012.

A continuación, se mantuvieron por 5 minutos expuestos al aire para eliminar el exceso de humedad y después se colocaron 15 ácaros adultos con la ayuda de un pincel. Las cajas se invirtieron para que los individuos se encuentren en la posición que normalmente adoptan en las hojas.

Los discos foliares de rosa antes de ser colocados en las cajas fueron sumergidos en diferentes concentraciones de cada aceite esencial: 25 %, 12.5 %, 6.25 %, 3.12 %, 1.6 % y 1.2 %. Se efectuaron 7 réplicas con cada concentración, así como 7 con Abamectina-Tetradifón como indicador y 7 con etanol al 96 % como blanco.

Finalmente se determinó el porcentaje de mortalidad de los ácaros después de 24 y 48 horas de exposición.

2.4 Formulación de un producto con la concentración mínima del aceite esencial de mayor efectividad acaricida

Se elaboró un acaricida natural con el aceite esencial de la especie vegetal que mostró mayor eficacia, si-

guiendo la metodología de Malagón *et al.* (2010). Para esto, en 20 ml de etanol al 96 % (materia inerte) se diluyó 1.6 ml del principio activo (aceite esencial a la menor concentración efectiva); simultáneamente, en 70.4 ml de agua destilada caliente (materia inerte) se agregó 8 ml de Polisorbato 80 (coadyuvante) y se dejó enfriar. Finalmente, se combinaron ambas soluciones.

Al cabo de 48 horas se verificó que la mezcla se mantenga homogénea. El análisis de efectividad se realizó con el mismo procedimiento detallado en la subsección anterior.

3. Resultados y discusión

3.1 Control de calidad, obtención y caracterización fisicoquímica de los aceites esenciales y su actividad acaricida

3.1.1 *Ocimum basilicum*

Las cenizas totales del material base utilizado alcanzaron un 13.3 % y humedad de un 8.3 %. Ambos va-

lores se encuentran dentro de los rangos permitidos para material vegetal (Estrada, 2010). El porcentaje de materia extraña, fue de 0.3 %.

Con el fin de comprobar la presencia de microorganismos patógenos en la materia prima se realizó un análisis microbiológico en medio Tripticasa Soya Agar, el cual arrojó que el número de colonias observadas fue escaso (entre 148 a 152 UFC/g) en comparación al valor de referencia que es 10^7 UFC/g (Carballo *et al.*, 2002), en cuanto al medio Levadura de Peptona Dextrosa dio como resultado 152 UFC/g, valor menor al límite de 10^4 UFC/g (Estrada, 2010). Con el fin de comprobar la presencia de enterobacterias, se usó también agar Macconkey en el que se observaron colonias que no superaban las 64 UFC/g, cifra inferior al valor máximo permisible de 10^4 UFC/g (Carballo *et al.*, 2002). Al finalizar

la destilación de la materia prima, se caracterizó el aceite esencial resultante (Tabla 1).

Obsérvese como la densidad del aceite de *Ocimum basilicum* es inferior a la del agua (<1g/ml); además, se constató que es insoluble en agua y totalmente soluble en etanol. El Índice de refracción nos permite concluir que no presenta adulteraciones en su contenido: se encuentra dentro de los rangos normales (1.40 -1.61) propuestos por Murillo *et al.* (2004).

Los principales componentes del aceite determinados por cromatografía de gases acoplada a masas se aprecian en la Tabla 2.

Nótese como el principal componente fue el Linalol, con un porcentaje algo menor que el reportado por Alonso (2007).

Tabla 1. Características fisicoquímicas del aceite esencial de *Ocimum basilicum*.

Color	Olor	Densidad (g/ml)	Índice de Refracción	Solubilidad en
Transparente amarillento	Pungente débil	0.89	1.47	Etanol (96%)

Tabla 2. Componentes mayoritarios del aceite esencial de *Ocimum basilicum* detectados por cromatografía de gases acoplada a masas.

Componente	%	Índice de Retención (Adams, 2011)	Tiempo de Retención (minutos)
1,8 cineol	5.37	1026	14.36
Linalol	37.30	1095	20.66
Eugenol	6.43	1356	47.88
beta elemeno	3.92	1389	49.90
alfa bergamoteno	8.52	1411	52.19
germacreno D	3.88	1484	54.08
tao cadineno	4.69	1513	55.31
tao cadinol	6.77	1652	59.22

Tabla 3. Porcentaje de mortalidad de ácaros en relación a diferentes concentraciones de aceite esencial de *Ocimum basilicum*.

Concentraciones del aceite	Porcentaje promedio de mortalidad a las 24 horas [†]	Porcentaje promedio de mortalidad a las 48 horas [†]
C1 = 25,00 %	100 %	100 %
C2 = 12,50 %	100 %	100 %
C3 = 6,25 %	100 %	100 %
C4 = 3,12 %	100 %	100 %
C5 = 1,60 %	94 %	100 %
C6 = 1,20 %	30 %	32 %

[†] Determinada en n = 7 cajas experimentales por Concentración, cada caja con 15 ácaros.

Tabla 4. Comparación del efecto acaricida de diferentes concentraciones del aceite esencial de *Ocimum basilicum* frente a la mezcla de Tetradifón-Abamectina a través del test de Kruskal Wallis

Comparación efectuada [†]	Estadístico a las 24 horas	Estadístico a las 48 horas	Conclusión
C4 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 3,50$; $p = 0,06$	$H = 1$; $p = 0,32$	Efecto acaricida de C4 similar al de Tetradifón-Abamectina
C5 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 0,18$; $p = 0,67$	$H = 1$; $p = 0,32$	Efecto de C5 similar al de Tetradifón-Abamectina
C6 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 6,11$; $p = 0,01$	$H = 10,1$; $p = 0,002$	Efecto de C6 menor al de Tetradifón-Abamectina

[†] Obsérvese como C5 (concentración mínima necesaria para obtener un alto efecto acaricida) se comporta de manera similar al efecto que genera la mezcla de acaricidas comerciales Tetradifón-Abamectina.

El análisis de la actividad acaricida de este aceite, *emphin vitro*, se aprecia en la Tabla 3.

Con los datos de mortalidad absoluta de ácaros, se realizó un análisis de Kruskal Wallis comparando la efectividad acaricida de las concentraciones C4, C5 y C6 del aceite al final de las 24 horas de tratamiento. El valor de H fue de 15,7; $p = 0,004$. Determinándose a C5 como la concentración mínima (1.6%) necesaria para conseguir alto efecto acaricida. Una comparación similar efectuada al finalizar las 48 horas generó un valor de $H = 18,28$; $p = 0,0001$, determinándose también a C5 como la concentración mínima (1.6%) necesaria para conseguir alto efecto acaricida.

El etanol (solvente utilizado para obtener las distintas concentraciones del aceite esencial) por sí solo no tuvo un efecto acaricida (murieron entre 0 a 2 individuos por caja, de 15 originalmente colocados);

las concentraciones C4, C5 y C6 del aceite esencial mostraron (Prueba de Kruskal Wallis) efectos acaricidas significativamente mayores que el del etanol tanto al finalizar las 24 como las 48 horas del experimento.

La comparación de los efectos de la mezcla Tetradifón-Abamectina (acaricidas comerciales) frente a las concentraciones seleccionadas de *Ocimum basilicum* se presentan en la Tabla 4.

3.1.2 *Thymus vulgaris*

Las cenizas totales del material base utilizado alcanzaron el 9.9%, la humedad un 9.5%, valores dentro de los rangos de aceptabilidad Estrada (2010).

El análisis microbiológico en el medio Triptica-sa Soya Agar mostró 104 UFC/g; lo que se consideró escaso en comparación al valor de referencia

de 10^7 UFC/g reportado por Carballo *et al.* (2002). El conteo en el medio Levadura de Peptona Dextrosa se realizó a las 48 horas a 37°C de temperatura, mostrando 112 UFC/g, valor por debajo del límite de 10^4 UFC/g (Estrada, 2010); al incubar el material base en medio Macconkey se evidenció el crecimiento de enterobacterias con un valor entre 8 a 24 UFC/g; cifra inferior al valor máximo permisible de 10^4 UFC/g (Carballo *et al.*, 2002).

Al finalizar la destilación, se caracterizó el aceite esencial (Tabla 5). Estos resultados nos permiten

enunciar que este aceite tiene la calidad adecuada; el presentar una densidad menor que el agua confirma su naturaleza oleosa; fue totalmente insoluble en agua, con ella formó dos capas bien diferenciadas, ubicándose el aceite como el sobrenadante.

Los principales componentes de este aceite determinados por cromatografía de gases acoplada a masas se aprecian en la Tabla 6. Nótese como el principal componente fue el Timol, el cual presenta actividad antibacteriana y fungicida (De Souza *et al.*, 2008).

Tabla 5. Características físicoquímicas del aceite esencial de *Thymus vulgaris*.

Color	Olor	Densidad (g/ml)	Índice de Refracción	Solubilidad en
Amarillo claro	Pungente	0.90	1.49	Etanol (96 %)

Tabla 6. Componentes mayoritarios del aceite esencial de *Thymus vulgaris* detectados por cromatografía de gases acoplada a masas.

Componente	%	Índice de Retención (Adams, 2011)	Tiempo de Retención (minutos)
p cimeno	24.81	1020	13.91
alfa terpineno	6.62	1054	16.50
Linalol	1.19	1095	20.44
Timol	32.62	1289	42.22
Carvacrol	0.78	1298	43.07
trans cariofileno	4.37	1417	51.32
óxido de cariofileno	2.51	1582	57.50
1,2- ácido dicarboxibenzenico (2-etil hexil) mono éster	9.21	No reportado	76.08

Tabla 7. Porcentaje de mortalidad de ácaros en relación a diferentes concentraciones de aceite esencial de *Thymus vulgaris*.

Concentraciones del aceite	Porcentaje promedio de mortalidad a las 24 horas [†]	Porcentaje promedio de mortalidad a las 48 horas [†]
C1 = 25,00 %	100 %	100 %
C2 = 12,50 %	100 %	100 %
C3 = 6,25 %	100 %	100 %
C4 = 3,12 %	100 %	100 %
C5 = 1,60 %	100 %	100 %
C6 = 1,20 %	80 %	84 %
C7 = 0,80 %	26 %	30 %
C8 = 0,40 %	24 %	39 %

[†] Determinada en n = 7 cajas experimentales por Concentración, cada caja con 15 ácaros.

El análisis de la actividad acaricida de este aceite, *emphin vitro*, se aprecia en la Tabla 7. Con los datos de mortalidad absoluta de ácaros, se realizó un análisis de Kruskal Wallis comparando la efectividad acaricida de las concentraciones C5, C6, C7 y C8 del aceite al final de las 24 horas de tratamiento. El valor de H fue de 22,8; $p = 0,00$. Determinándose a C5 como la concentración mínima (1.6%) necesaria para conseguir alto efecto acaricida. Una comparación similar efectuada al finalizar las 48 horas generó un valor de $H = 22,33$; $p = 0,0001$, determinándose también a C5 como la concentración mínima (1.6%) necesaria para conseguir alto efecto acaricida (Tablas 7 y 8).

La comparación de los efectos de la mezcla Tetradifón-Abamectina (acaricidas comerciales) frente a las concentraciones seleccionadas de *Thymus vulgaris* se presentan en la Tabla 8.

3.1.3 *Coriandrum sativum*

Las cenizas totales del material base utilizado alcanzaron un 10.3%, la humedad un 9.6%. Ambos valores se encuentran dentro de los rangos permitidos para material vegetal (Estrada, 2010). El porcentaje de materia extraña alcanzó 2.3%, algo superior al límite permitido por la OMS (Cuassolo *et al.*, 2010), por lo que se procedió a realizar una limpieza minuciosa de todo el material vegetal previo a la destilación del aceite respectivo.

El número de colonias observadas en la materia prima en un medio de Trypticosa Soya Agar a las 24 y 48 horas fue de 140 UFC/g, menor al valor de referencia de 10^7 UFC/g (Carballo *et al.*, 2002); el conteo de las mismas en el medio Levadura de Peptona Dextrosa a las 48 horas fue de 88 UFC/g, por debajo del límite de 10^4 UFC/g (Estrada, 2010). Al incubar por 24 horas la materia prima en medio Macconkey, se presenció el crecimiento de enterobacterias con un valor de 20 UFC/g que se mantuvo constante hasta las 48 horas, siendo esta cifra menor a la permitida de 10^4 UFC/g (Carballo *et al.*, 2002). La caracterización del aceite esencial resultante se aprecia en la Tabla 9.

El aceite de *Coriandrum sativum* es insoluble en agua. Los principales componentes de este aceite determinados por cromatografía de gases acoplada a masas se aprecian en la Tabla 10. Nótese como el principal componente fue el D-limoneno, el cual presenta actividad insecticida según Aguilera *et al.* (2004).

El análisis de la actividad acaricida de este aceite, *emphin vitro*, se aprecia en la Tabla 11. Con los datos de mortalidad absoluta de ácaros, se realizó un análisis de Kruskal Wallis comparando la efectividad acaricida de las concentraciones C3, C4, C5 y C6 del aceite al final de las 24 horas de tratamiento. El valor de H fue de 22,39; $p = 0,0001$; siendo C4 la concentración mínima (3.12%) necesaria para conseguir alto efecto acaricida.

Tabla 8. Comparación del efecto acaricida de diferentes concentraciones del aceite esencial de *Thymus vulgaris* frente a la mezcla de *Tetradifón-Abamectina* a través del test de Kruskal Wallis.

Comparación efectuada [†]	Estadístico a las 24 horas	Estadístico a las 48 horas	Conclusión
C5 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 3,5$; $p = 0,66$	$H = 1$; $p = 0,32$	Efecto de C5 similar al de Tetradifón-Abamectina
C6 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 4,42$; $p = 0,04$	$H = 5,47$; $p = 0,02$	Efecto de C6 menor al de Tetradifón-Abamectina
C7 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 10,07$; $p = 0,002$	$H = 10,67$; $p = 0,001$	Efecto acaricida de C7 menor al de Tetradifón-Abamectina
C8 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 10,16$; $p = 0,001$	$H = 10,74$; $p = 0,001$	Efecto acaricida de C8 menor al de Tetradifón-Abamectina

[†] Obsérvese como C5 (concentración mínima necesaria para obtener un alto efecto acaricida) se comporta de manera similar al efecto que genera la mezcla de acaricidas comerciales Tetradifón-Abamectina.

Tabla 9. Características fisicoquímicas del aceite esencial de *Coriandrum sativum*.

Color	Olor	Densidad (g\ml)	Índice de Refracción	Solubilidad en
Transparente amarillento	Herbáceo fuerte	0.87	1.46	Etanol (96 %)

Tabla 10. Componentes mayoritarios del aceite esencial de *Coriandrum sativum* detectados por cromatografía de gases acoplada a masas.

Componente	%	Índice de Retención (Adams, 2011)	Tiempo de Retención (minutos)
alfa pineno	1.36	932	8.2750
canfeno	1.41	946	14.12
limoneno D	58.88	1024	20.82
alcanfor	5.59	1141	24.76
acetato de nerilo	3.41	1359	49.75
palmitato de isopropilo	6.37	2020	67.39

Tabla 11. Porcentaje de mortalidad de ácaros en relación a diferentes concentraciones de aceite esencial de *Coriandrum sativum*.

Concentraciones del aceite	Porcentaje promedio de mortalidad a las 24 horas [†]	Porcentaje promedio de mortalidad a las 48 horas [†]
C1 = 25,00 %	100 %	100 %
C2 = 12,50 %	100 %	100 %
C3 = 6,25 %	100 %	100 %
C4 = 3,12 %	97 %	97 %
C5 = 1,60 %	82 %	90 %
C6 = 1,20 %	32 %	45 %

[†] Determinada en n = 7 cajas experimentales por Concentración, cada caja con 15 ácaros.

Tabla 12. Comparación del efecto acaricida de diferentes concentraciones del aceite esencial de *Coriandrum sativum* frente a la mezcla de *Tetradifón-Abamectina* a través del test de Kruskal Wallis.

Comparación efectuada [†]	Estadístico a las 24 horas	Estadístico a las 48 horas	Conclusión
C3 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 3,50;$ $p = 0,06$	$H = 1;$ $p = 0,31$	Efecto acaricida de C3 similar al de Tetradifón-Abamectina
C4 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 0,27;$ $p = 0,60$	$H = 0,51;$ $p = 0,47$	Efecto acaricida de C4 similar al de Tetradifón-Abamectina
C5 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 3,70;$ $p = 0,05$	$H = 4,87;$ $p = 0,02$	Efecto de C5 similar al de Tetradifón-Abamectina
C6 vs. Tetradifón-Abamectina	$H = 10,08;$ $p = 0,002$	$H = 11,14;$ $p = 0,001$	Efecto de C6 menor al de Tetradifón-Abamectina

[†] Obsérvese como C4 (concentración mínima necesaria para obtener un alto efecto acaricida) se comporta de manera similar al efecto que genera la mezcla de acaricidas comerciales Tetradifón-Abamectina.

Una comparación similar, efectuada al finalizar las 48 horas, generó un valor de $H = 21,14$; $p = 0,0001$; determinándose también a C4 como la concentración mínima (3.12 %) necesaria para conseguir alto efecto acaricida. La comparación de los efectos de la mezcla Tetradifón-Abamectina (acaricidas comerciales) frente a las concentraciones seleccionadas de *Coriandrum sativum* se presentan en la Tabla 12.

3.2 Comparación del efecto acaricida de los aceites esenciales de las tres especies vegetales

La comparación del efecto de los tres aceites esenciales a una misma concentración ($C5 = 1,6\%$) al final de las 24 primeras horas fue efectuada a través de una Prueba de Kruskal Wallis, generando un valor de $H = 10,5$; $p = 0,005$; siendo el efecto de *Thymus vulgaris* el de mayor acción acaricida, atendiendo al test a *posteriori* respectivo.

A las 48 horas, los valores fueron $H = 12,2$; $p = 0,002$; en este caso, los aceites esenciales de *T. vulgaris* y *O. basilicum* se comportaron de manera similar entre sí y mostraron mayor efecto acaricida que el de *C. sativum*.

Al comparar la efectividad acaricida de las concentraciones mínimas efectivas de cada especie (*Ocimum basilicum* y *Thymus vulgaris* a $C5 = 1,6\%$; y, *Coriandrum sativum* a $C4 = 3,12\%$), el valor de H fue

5.08; $p = 0,07$; con lo cual se confirmó que los tres aceites esenciales poseen igual efecto acaricida a tales concentraciones.

3.3 Consideraciones generales para la elaboración de un acaricida con aceite esencial de *Thymus vulgaris*

En la fase final de la investigación, se elaboró un producto acaricida con el aceite esencial de *T. vulgaris* y se estimaron los costos tentativos para su producción (Tabla 13).

3.4 Efecto acaricida del producto elaborado con aceite esencial de *Thymus vulgaris*

Se comprobó el efecto acaricida del producto natural elaborado vs. el del solvente utilizado en su preparación (blanco= etanol + tween) (Tabla 14) observándose que el solvente no posee acción acaricida. Además, se comparó la efectividad del plaguicida natural con la mezcla acaricida sintética de uso común en las Florícolas del sector (Tetradifón-Abamectina).

En la Tabla 14 se muestran los resultados de tales comparaciones. Cabe mencionar finalmente que el porcentaje de mortalidad de ácaros, obtenido con el producto elaborado, a las 24 horas fue de 96.7 % y a las 48 horas fue de 100 %.

Tabla 13. Costo de elaboración de un litro de producto acaricida basado en el aceite esencial de *Thymus vulgaris* a una concentración de 1,6 %.

Recursos	Cantidad	Porcentaje final en el producto	Costo (US\$) [†]
Principio activo (aceite esencial puro)	16ml	1.6 %	17
Etanol (96 %)	200 ml	20 %	1.50
Tween 80	80ml	8 %	0.50
Agua destilada	704ml	70.4 %	0.50
Mano de obra	1 técnico	—	3
Insumos (varios)	—	—	0.50
Total	1000 ml	100 %	23

[†] Los costos se refieren a dólares de Estados Unidos de América, a junio de 2013, en la ciudad de Quito.

Tabla 14. Análisis comparativo de la mortalidad de ácaros entre tres diferentes sustancias a las 24 y 48 horas de tratamiento.

Comparación efectuada	Estadístico de Kruskal-Wallis	Conclusión
Producto elaborado vs. blanco (24h)	$H = 10,3;$ $p = 0,001$	Efecto del producto elaborado significativamente mayor que el del blanco
Producto elaborado vs. Tetradifón-Abamectina (24h)	$H = 0,62;$ $p = 0,43$	Efecto del producto elaborado similar que el de Tetradifón-Abamectina
Producto elaborado vs. blanco (48h)	$H = 10,29;$ $p = 0,001$	Efecto del Producto elaborado significativamente mayor que el del blanco
Producto elaborado vs. Tetradifón-Abamectina (48h)	$H = 0,86;$ $p = 0,36$	Efecto del Producto elaborado similar que el de Tetradifón-Abamectina

4. Conclusiones

Al extraer los aceites esenciales de *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* y *Thymus vulgaris*, mediante el método de destilación por arrastre de vapor, se obtuvo un buen rendimiento y pureza en cada una de las especies.

Los componentes principales de los aceites esenciales fueron: linalol (37.3%) en *Ocimum basilicum*; timol (32.6%) en *Thymus vulgaris* y D-limoneno (58.8%) en *Coriandrum sativum*.

El aceite de mayor efectividad acaricida *emphin vitro* fue el de *Thymus vulgaris* al 1.6% de concentración, seguido de *Ocimum basilicum* al 1.6% y finalmente *Coriandrum sativum* al 3.12%.

El plaguicida natural elaborado, utilizando como principio activo el aceite esencial de *Thymus vulgaris* al 1.6% generó niveles de mortalidad (*emphin vitro*) del ácaro *Tetranychus urticae* de 96.7% a las 24 horas de tratamiento y 100% a las 48 horas, similares a los producidos por acaricidas sintéticos comerciales.

5. Agradecimientos

A la Universidad Politécnica Salesiana (Quito) por proporcionarnos los equipos y materiales para los análisis. Al Laboratorio Isarubotanik S.A. (Ambato) por su colaboración en la destilación de los aceites esenciales de las tres especies. A la Florícola "La Juliana" (Sierra Norte de Ecuador) que nos abrió sus puertas para los análisis en campo.

Referencias

- Adams, R. 2011. **Identification of essential oil components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. Allured books, Estados Unidos, pág. 456.
- Agencia Española de Noticias (EFE). 2009. **Ecuador prepara sus mejores rosas para san valentín**. URL <www.eldiario.com.ec>, consulta: 11 de noviembre de 2011.
- Aguilera, J., L., A. Tacoronte, M. Navarro, A. Leyva, Bello y N. Cabrera. 2004. **Composición química y actividad biológica del aceite esencial de eugenia melanadenia (myrtales: Myrtaceae) sobre blattella germanica (dictyoptera: Blattellidae)**. CENIC, 35(3): 131–134.
- Alonso, J. 2007. **Tratado de Fitofármacos y Nutracéuticos**. Editorial Corpus., Rosario, Argentina, pág. 1350.
- Carballo, T., C., Z. Alfaro, R. Palazón, C. Ramos, C. Rodríguez, L. Cabezas, Acosta y M. Reyes. 2002. **Desinfección química de plantas medicinales ii. plantago lanceolata I**. Rev. Cub. Plantas Med, 7(3): 131–134.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1982. **Guía de estudio: Ácaros presentes en el cultivo de la yuca y su control**.
- Cuassolo, F., A. Ladio y C. Ezcurra. 2010. **Aspectos de la comercialización y control de calidad de las plantas medicinales más vendidas en una comunidad urbana del noroeste de la patagonia ar-**

- gentina. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 9(3): 165–176.
- De Souza, L., R. Frascolla, R. Santin, M. Ziemann, R. Costa y M. Albes. 2008. **Actividad de extractos de orégano y tomillo frente a microorganismos asociados con otitis externa**. Rev. Cub. Plantas Med, 13(4): 1–13.
- Estrada, S. 2010. **Determinación de la actividad antibacteriana in vitro de los extractos de romero (*rosmarinus officinalis*) y tomillo (*thymus vulgaris*)**. Tesis Doctoral, Escuela Politécnica de Chimborazo, tesis previa a la obtención del título de Bioquímico-farmacéutico.
- Fasulo, T. y H. Denmark. 2000. **Twospotted spider mite *tetranychus urticae* koch**. URL <edis.ifas.ufl.edu>, consulta: 04 de enero de 2012.
- Flores, R., N. Isiordia, A. Robles, O. Ortega, R. Pérez y A. Ramos. 2011. **Ácaros fitófagos asociados a frutales en la zona centro de nayarit**. Fuente, 2(7): 25–33.
- Gualotuña, V. 2007. **Evaluación de tres ingredientes activos y dos dosis de aplicación, para el control químico de arañita roja (*tetranychus spp.*), en rosales bajo invernadero (*rosa spp.* variedad **classy**)**. Proyecto Fin de Carrera, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador, tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo.
- Homoagrícola. 2012. URL <elhocino-adra.blogspot.com>, consulta: 01 de febrero de 2013.
- Malagón, A., E. Cervera y J. Lliso. 2010. **Productos fitosanitarios: Materias activas y preparados**. URL <www.ivia.es>, consulta: 2 de abril de 2012.
- Murillo, E., K. Fernández, D. Sierra y A. Viña. 2004. **Caracterización fisicoquímica del aceite esencial de albahaca ii**. Revista Colombiana de Química, 33(2): 141–142.
- Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (OLCA). 1996. **Lista provisoria de plaguicidas registrados en Chile que están prohibidos o severamente restringidos por gobiernos y sus efectos sanitarios y ambientales**. URL <www.olca.cl>, consulta: 7 de noviembre de 2012.
- Villegas, S., C. Rodríguez, S. A. amd H. Sánchez, J. Hernández y R. Bujanos. 2010. **Resistencia a acaricidas en *tetranychus urticae* (koch) asociada al cultivo de fresa en zamora, michoacán, México**. Agrociencia, 44(1): 75–81.