



ACTIVIDAD INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE PAMPA ANÍS (*Tagetes filifolia* Lag.) SOBRE EL GORGOJO DEL MAÍZ (*Pagiocerus frontalis*)

INSECTICIDE ACTIVITY OF THE ESSENTIAL OIL OF PAMPA ANÍS (*Tagetes filifolia* Lag.) ON THE MAIZE weevil (*Pagiocerus frontalis*)

Lelia María Rodríguez Torres¹, Bernardo Roque Huanca² y Leoncio Solís Quispe³

¹Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, Cusco, Perú, leliarodriguezty@yahoo.es

²Universidad Nacional del Altiplano, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Puno, Perú, beroqueh@yahoo.es

³Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Escuela Profesional de Química, Cusco, Perú.

RESUMEN

Los aceites esenciales son mezclas volátiles de terpenos obtenidas de plantas, muchos de estos productos poseen propiedad insecticida, siendo una alternativa para la eliminación de insectos depredadores de granos almacenados, constituyendo una tecnología limpia dentro del manejo ecológico de plagas. El deterioro en el almacenamiento de granos como es el maíz produce una gran pérdida y entre las causas están los insectos como el gorgojo *Pagiocerus frontalis*. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la actividad insecticida del aceite esencial de Pampa Anís (*Tagetes filifolia* Lag.) sobre el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*). La metodología utilizada en la extracción del aceite esencial (AE), fue por hidrodestilación con trampa de Clevenger; su composición química por cromatografía de gases –espectrometría de masas (CG-EM) y para la determinación del efecto insecticida se halló la concentración letal media CL₅₀ y CL₉₀, aplicándose el método de impregnación de papel, evaluándose las concentraciones de 0,1; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6 y 10 % de AE, durante 72 horas de exposición. La CL₅₀ sobre *P. frontalis* fue 0,61 % (v/v) y la CL₉₀ fue 1,96 % (v/v) (P < 0,05). A partir de los resultados se concluye que el aceite esencial de *T. filifolia* puede convertirse en una posible alternativa potencial a los insecticidas sintéticos, en el manejo de *P. frontalis*.

Palabras clave: Aceite esencial, gorgojo del maíz, insecticida natural, *Pagiocerus frontalis*, *Tagetes filifolia*.

ABSTRACT

Essential oils are volatile mixtures of terpenes obtained from plants, many of these products that possess insecticidal property, being an alternative for the elimination of predatory insects of stored grains, constituting a clean technology within the ecological management of pests. The damage in the storage of grains such as corn produces a great loss and among the causes are insects such as the *Pagiocerus frontalis* weevil. The objective of the present investigation was to evaluate the insecticidal activity of the essential oil of Pampa Anís (*Tagetes filifolia* Lag.) On the corn weevil (*Pagiocerus frontalis*). The methodology used in the extraction of the essential oil (AE) was by hydrodistillation with Clevenger trap; its chemical composition by gas chromatography - mass spectrometry (GC-MS) and for the determination of the insecticidal effect the average lethal concentration CL₅₀ and CL₉₀ was found, applying the paper impregnation method, evaluating the concentrations of 0.1; 0.5; 1; 2; 3; 4; 5; 6 and 10 % of AE, during 72 hours of exposure. The LC₅₀ on *P. frontalis* was 0.61 % (v / v) and the LC₉₀ was 1.96 % (v / v) (P < 0.05). From the results it is concluded that the essential oil of *T. filifolia* can become a possible potential alternative to synthetic insecticides, in the management of *P. frontalis*.

Key Words: Essential oil, corn weevil, natural insecticide, *Pagiocerus frontalis*, pampa anise, *Tagetes filifolia*.

*Autor para correspondencia: leliarodriguezty@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

Las cosechas y granos almacenados son productos alimenticios para el consumo humano de primera necesidad (Padin *et al.* 2002), y la presencia de plagas constituye un serio problema en el almacenamiento de granos y su industria derivada (Pérez *et al.* 2004). Por ejemplo, solamente los gorgojos son responsables de cerca del 34 % en la reducción del rendimiento de cosechas a nivel mundial (Oerke 2006). Además de los 32 órdenes de insectos, solamente tres: Coleoptera (gorgojos), Lepidoptera (mariposas y polillas) y Psocoptera (piojos de los libros), contienen especies que se encuentran como plagas de granos almacenados (Rees 2004).

En la actualidad, los dos pesticidas químicos más ampliamente utilizados son el bromuro de metilo y la fosfina. El primero, es empleado como fumigante en la desinfestación de tierra y para el tratamiento de cuarentena o de preembarcado (Ristiano & Thomas 1997). Por su parte, la fosfina es utilizada en más del 70 % de los granos almacenados (Mueller 1990). El valor total del mercado agroquímico mundial se encuentra entre los 31 y 35 mil millones de dólares, de los cuales el 25 % corresponde a insecticidas (Agrow 2007).

Los aceites esenciales (AE) de plantas presentan actividad antibacteriana, antifúngica, acaricida e insecticida (Cheng *et al.* 2003), el empleo de aceites esenciales extraídos es una opción importante para controlar y eliminar insectos

depredadores de los cultivos y de granos almacenados, causantes de fuertes daños a la agricultura y en el almacenamiento, constituyendo una tecnología limpia dentro del manejo ecológico de plagas (Serrato *et al.* 2005; Serrato 2008), además son mezclas complejas que se originan del metabolismo secundario de las plantas (Camarillo *et al.* 2009). Pueden estar localizados en pelos, sistema vascular, hojas, tallos, flores o en otros sitios dependiendo de la especie vegetal (Batish *et al.* 2008), los extractos de otras especies de plantas muestran un importante potencial como repelentes naturales e insecticidas frente a insectos (Nayive *et al.* 2016). Cabe resaltar que los bajos costos de producción del aceite esencial de esta especie y su origen orgánico, representan una opción económica y ecológica importante comparada con insecticidas de origen sintético (Serrato 2003); y finalmente a diferencia de los pesticidas sintéticos basados en productos químicos individuales, los aceites esenciales son mezclas complejas de compuestos que contienen muchas sustancias trazas que actúan de manera sinérgica como una defensa estratégica, por lo que dificultan el desarrollo de la resistencia en las plagas (Feng & Isman, 1995). Con relación a los estudios de los aceites esenciales en el control de plagas, se han abarcado ácaros (Choi *et al.*, 2004) e insectos, principalmente Coleópteros (Papachristos & Stamopoulos 2002), Isópteros (Petersony Ems- Wilson 2003), Himenópteros (Appel *et al.* 2004), Dípteros (McQuate *et al.* 2004) y Homópteros

(Choi *et al.* 2003; Zhang *et al.* 2004; Barajas *et al.* 2005; y, Castillo *et al.* 2005).

Tagetes filifolia es una hierba aromática, nativa de América, y cuya extensión abarca países desde México hasta Argentina; en el Perú se encuentra en Amazonas, Ancash, Cajamarca, Cusco, Huánuco, La Libertad y Lambayeque (Villarreal 2003). El género *Tagetes*, incluye especies con propiedades medicinales y sus aceites medicinales tienen actividad insecticida, particularmente *Tagetes filifolia* (Asteraceae) mostró diferente grado en su actividad insecticida entre diferentes grupos de insectos (Serrato *et al.* 2005; Serrato 2008; Camarillo *et al.* 2009); además es rico en compuestos aromáticos y exudados resinosos, y los aceites esenciales (AE) de estas plantas son ricos en ocimenes, limoneno, terpineno, mirceno, tagetones, dihidrotagetona y tagetenones, (Salehi *et al.* 2018); se cree que la actividad de los metabolitos secundarios en la especie *Tagetes* como en el caso de otras plantas, está relacionada con su composición, concentración y condiciones ambientales que afectan su contenido (Bahare 2018). Cabe resaltar que otro estudio de géneros de *Tagetes*, también mostraron efecto insecticida (Muthee *et al.* 2016).

Se tienen pocos estudios de la especie *Tagetes filifolia*, así se evaluó la composición del aceite esencial de 78 recolectas de *Tagetes filifolia* de la región centro-sur de México, establecidas en Chapingo, determinada por cromatografía de gases acoplada a espectroscopia de masas

(Serrato *et al.* 2008), en el departamento de Cusco se determinó la composición de *Tagetes filifolia* por análisis por GC-MS, se identificaron fenilpropanoides constituyen la gran mayoría del aceite, con (Z)-anetol (68,2 %) y estragol (13,7 %) como constituyentes principales (De Feo *et al.* 1998).

Ruiz *et al.* (2010) realizaron pruebas de *T. filifolia* contra larvas del tercer estadio de *Aedes aegypti*, considerado un vector importante del dengue y la fiebre amarilla, mostrando actividad larvicida más fuerte (LC50 = 47,7 ppm), en comparación con *T. minuta* (LC50 = 52,3 ppm) y *T. elliptica* (LC50 = 111,0 ppm).

Olmedo *et al.* (2015) evaluaron la toxicidad del aceite esencial de *Tagetes filifolia* Lag (Asterales: Asteraceae) y sus compuestos principales contra *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae), encontrándose que el aceite esencial y el (E)-anetol fueron los más tóxicos a las 24 h contra los insectos adultos (CL 50 = 2.4 y 2,6 µL / ml de agua, respectivamente); Camarillo *et al.* (2009) reportaron que los extractos acuosos y turbios de las diferentes estructuras de *Tagetes filifolia* no causaron efecto insecticida ni repelente significativo, se tiene también reporte del estudio de *Tagetes filifolia* provenientes de Junín, en la marcha fitoquímica encontraron fenoles en cantidades abundantes tanto en el extracto acuoso, como en el extracto etílico (Sánchez 2017).

El objetivo del presente artículo fue determinar el rendimiento de obtención del aceite esencial de Pampa Anís (*Tagetes filifolia* Lag.), por el método hidrodestilación con trampa de Clevenger.

MÉTODOS

Ámbitos o Lugar de Estudio

Se determinó la actividad insecticida sobre el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*) del aceite esencial de Pampa Anís (*Tagetes filifolia* Lag.), cuya muestra se localiza en la Comunidad de Occopa, distrito de Santiago, Departamento del Cusco a una altitud de 3952,92 m.s.n.m. La población rural representa el 47,7 %, de nivel socioeconómico medio y su economía familiar se basa en la agricultura, turismo, ganadería y la artesanía además la obtención del aceite esencial se realizó por hidrodestilación con trampa de clevenger.

Descripción de Métodos

Para la evaluación de la actividad insecticida sobre el gorgojo del maíz (*Pagiocerus frontalis*), se determinó el porcentaje de mortalidad de los gorgojos y la concentración letal media (CL₅₀ y CL₉₀), del aceite esencial. Se utilizaron insectos adultos. La CL₅₀ y CL₉₀, se realizó mediante el método de impregnación de papel. Se evaluaron las concentraciones de 0,1; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6 y 10 % v/v del AE. Para la evaluación, 1 ml de estas concentraciones fueron aplicadas en papel filtro (8 cm de diámetro), cada papel filtro se colocó dentro de un recipiente de polietileno cilíndrico descartable de 200 ml, de 8 cm de diámetro, se liberaron 20 insectos adultos de *Pagiocerus frontalis*, y se taparon los recipientes inmediatamente herméticamente. Se utilizó como patrón el insecticida Fosfuro de Aluminio. El número de insectos muertos se registraron a las 2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 horas de exposición.

El porcentaje de mortalidad o tasa de mortalidad, se determina para hallar con estos datos la CL₅₀, este fue calculado de acuerdo con la siguiente ecuación publicada por (Abbott 1925):

$$\text{Mortalidad (\%)} = \frac{100 (\% \text{ muertos tratados} - \% \text{ muertos control})}{100 - \% \text{ muertos control}}$$

Las concentraciones letales medias CL₅₀ y CL₉₀ se determinaron por el método Probit con regresión lineal, y sus respectivos límites de confianza al 95 %, se hizo un análisis de varianza y una comparación de medias mediante la prueba de Tukey (P < 0,05) para determinar diferencias significativas de cada concentración utilizada, empleando el paquete estadístico IBM SPSS 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CL₅₀ y CL₉₀ de la actividad insecticida del AE de *T. filifolia* sobre *P. frontalis* hasta 72 horas de exposición

A continuación, se observan los resultados de la CL₅₀ y CL₉₀ durante los tiempos de 2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72 horas de exposición, a las concentraciones de 0,1; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6 y 10 % de AE. La CL₅₀ fue 0,61 % y la CL₉₀ de 1,96 % (v / v) de AE al 95 % de límites de confianza, con límites inferiores y superiores en cada concentración (Tabla 1).

Tabla 1. CL₅₀ y CL₉₀ de la actividad insecticida del AE de *T. filifolia* sobre *P. frontalis*, hasta 72 horas de exposición.

Límites de confianza							
Probabilidad	Límites de confianza al 95 % para Concentración de aceite esencial (% v/v)			Límites de confianza al 95 % para log (Concentración de aceite esencial (% v / v))			
	Estimación	Límite	Límite	Estimación	Límite	Límite	
		inferior	superior		inferior	superior	
PROBIT	0,01	0,07	0,04	0,11	-1,14	-1,35	-0,97
	0,02	0,09	0,06	0,13	-1,03	-1,23	-0,87
	0,03	0,11	0,07	0,16	-0,96	-1,15	-0,81
	0,04	0,12	0,08	0,17	-0,91	-1,09	-0,76
	0,05	0,14	0,09	0,19	-0,87	-1,04	-0,72
	0,06	0,15	0,10	0,20	-0,83	-1,00	-0,69
	0,07	0,16	0,11	0,22	-0,80	-0,97	-0,66
	0,08	0,17	0,12	0,23	-0,77	-0,94	-0,64
	0,09	0,18	0,12	0,24	-0,75	-0,91	-0,61
	0,10	0,19	0,13	0,26	-0,72	-0,88	-0,59

0,15	0,24	0,17	0,31	-0,62	-0,77	-0,51
0,20	0,28	0,21	0,37	-0,55	-0,69	-0,43
0,25	0,33	0,24	0,42	-0,48	-0,61	-0,37
0,30	0,38	0,28	0,48	-0,42	-0,55	-0,32
0,35	0,43	0,33	0,54	-0,37	-0,48	-0,27
0,40	0,48	0,37	0,60	-0,31	-0,43	-0,22
0,45	0,54	0,43	0,67	-0,26	-0,37	-0,17
0,50 (CL ₅₀)	0,61	0,48	0,75	-0,21	-0,32	-0,13
0,55	0,68	0,55	0,83	-0,16	-0,26	-0,08
0,60	0,77	0,62	0,93	-0,11	-0,21	-0,03
0,65	0,87	0,71	1,05	-0,06	-0,15	0,02
0,70	0,99	0,81	1,18	-0,01	-0,09	0,07
0,75	1,13	0,93	1,35	0,05	-0,03	0,13
0,80	1,32	1,09	1,57	0,12	0,04	0,20
0,85	1,57	1,31	1,88	0,20	0,12	0,27
0,90 (CL ₉₀)	1,96	1,65	2,36	0,29	0,22	0,37
0,91	2,07	1,74	2,50	0,32	0,24	0,40
0,92	2,20	1,84	2,65	0,34	0,26	0,42
0,93	2,35	1,96	2,84	0,37	0,29	0,45
0,94	2,52	2,10	3,06	0,40	0,32	0,49
0,95	2,74	2,28	3,34	0,44	0,36	0,52
0,96	3,01	2,50	3,70	0,48	0,40	0,57
0,97	3,39	2,81	4,20	0,53	0,45	0,62
0,98	3,97	3,26	4,98	0,60	0,51	0,70
0,99	5,09	4,12	6,54	0,71	0,61	0,82

En los resultados nos muestran que los límites de confianza de correlación concentración-Probit muestran márgenes estrechos, lo que denota la confiabilidad en las determinaciones. Este resultado puede contrastarse con los AEs de plantas aromáticas que se reconocen como una alternativa a los insecticidas sintéticos contra plaga de insectos en alimentos almacenados

(Rajashekar *et al.* 2012; Regnault *et al.* 2012). En cuanto al mecanismo exacto de acción insecticida de los aceites esenciales no está totalmente dilucidado; sin embargo, estudios *in vitro* indican que éste se daría mediante la inhibición de la actividad de la acetilcolinesterasa, o receptores de octamina (Enan 2001; Picollo *et al.* 2008). evidenciaron el efecto inhibitor *in vitro* de

fenilpropanos como anetol y estragol sobre la actividad de la enzima acetilcolinesterasa (AChE) de insectos adultos de *Tribolium castaneum*, escarabajo harinero, fueron examinados a 1 mm y 5 mm. (E)-anetol y estragol mostraron inhibición similar en las dos concentraciones probadas. La inhibición máxima fue observada a 5 mm (54 - 63 %) (Olmedo *et al.* 2015).

Comparación del efecto insecticida de las concentraciones del AE.

A continuación, se observan los resultados descriptivos de las medias del porcentaje de mortalidad de *P. frontalis* por efecto del AE de *T. filifolia*, donde las medias del % de mortalidad con mayor efecto fueron de 98,6 %; 98,7 % y 100 % a las concentraciones de 5 %; 6 % y 10 % respectivamente (v/v) del AE, y la de menor actividad fue de 50,3 % a una concentración de 0,5 % de AE; al 0,1 % no hay efecto insecticida. (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados descriptivos del efecto insecticida de *T. filifolia* en porcentaje de mortalidad, hasta las 72 horas de exposición de las diferentes concentraciones del AE.

Concentración del AE (% v/v)	N	media Mortalidad (%)	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Limite inferior	Limite superior		
					0,1	6		
0,5	6	50,4	6,1	2,5	43,9	56,8	42,1	59,3
1	6	76,0	3,9	1,6	71,8	80,1	71,4	82,1
2	6	93,6	3,1	1,3	90,4	96,8	87,9	97,1
3	6	96,6	1,1	0,4	95,4	97,7	95,7	97,9
4	6	97,3	1,5	0,6	95,6	98,9	95,7	99,3
5	6	98,6	0,9	0,4	97,7	99,5	97,9	100,0
6	6	98,7	0,8	0,3	97,9	99,6	97,9	100,0
10	6	100,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Total	5 4	79,0	32,3	4,4	70,2	87,8	0,0	100,0

El menor error estándar de la media del % de mortalidad se dio a las concentraciones de 5 y 6 % de AE. Y no existe error al 10 % de AE, ya que a esta concentración se produce la muerte de todos los gorgojos a las 2 horas, primera hora de control. Se distingue que los porcentajes de mortalidad entre los puntos mayor y menor son concentraciones dependientes. Determinaron también la relación entre la acción insecticida del AE de *Tagetes filifolia* y la generación de estrés oxidativo en *T. castaneum*; evidenciando cambios en los productos de peroxidación lipídica por un incremento en el contenido de malondialdehído. Por otro lado, se sabe que la actividad de muchos terpenos y fenilpropanoides es directamente relacionado con su capacidad para inhibir la enzima acetilcolinesterasa y la generación de estrés oxidativo. La actividad insecticida del AE y anetol en 24 h podría indicar que el sistema nervioso central (AChE, octopamina, receptor GABA, etc.) es uno de sus posibles objetivos (Olmedo *et al.* 2015). Resultados similares fueron informado por Prakash (2015) quien reveló la toxicidad del AE de *Rosmarinus officinalis* contra *Sitophilus oryzae* y *Oryzaephilus surinamensis*, podría estar asociado con el desequilibrio oxidativo (actividad de enzimas antioxidantes aumentada) y inhibición de la actividad de AChE.

López *et al.* (2008) informaron que el anetol y estragol pueden tener una acción insecticida sinérgica cuando se presentan juntos como parte del AE. El alto contenido de (*E*)-anetol en el AE podría ser el responsable de su bioactividad. Los insecticidas naturales o sintéticos tienen diferentes modos de acción; evidencia creciente de sus efectos secundarios sugieren que perturban homeostasis celular al generar radicales libres intermedios que desencadenan la peroxidación lipídica (Bakkali *et al.* 2008; Aslanturk *et al.* 2011; Yu *et al.* 2011; Leelaja & Rajini, 2012; Prakash, 2015).

Análisis de Varianza ANOVA

El ANOVA muestra el análisis de varianza de los resultados de la actividad insecticida del AE, se aprecia que se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la media de los porcentajes de mortalidad a favor del AE de *T. filifolia*, siendo el valor de la significancia 0,00 (< 0,05), determinando que existen diferencias significativas de grupos entre los % de mortalidad por el AE, lo que significa que presenta diferente actividad insecticida en sus diferentes concentraciones (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA), del efecto insecticida del AE *T. filifolia*.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	54830,5	8	6853,8	912,6	0,00
Dentro de grupos	338,0	45	7,5		
Total	55168,5	53			

Se observa que el valor de significancia es de 0,00, valor que está por debajo de 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de medias (Hipótesis nula), es decir existen diferencias significativas de grupos entre los % de mortalidad por el AE; Entre las especies de *Tagetes*, particularmente *T. filifolia* (Asteraceae) mostró diferente grado en su actividad insecticida entre diferentes grupos de insectos (Camarillo *et al.* 2009; López & col. 2011).

Mortalidad Versus Concentración del AE

A continuación, observamos el efecto insecticida, media del porcentaje de mortalidad a las diferentes concentraciones del AE de *T. filifolia* sobre *P. frontalis*; podemos observar que el porcentaje de mortalidad es directamente proporcional a la concentración del aceite, a partir del 3 % de concentración del AE el incremento es poco, y se está matando ya al 100 % de los gorgojos del maíz a concentraciones elevadas

(Figura 1).

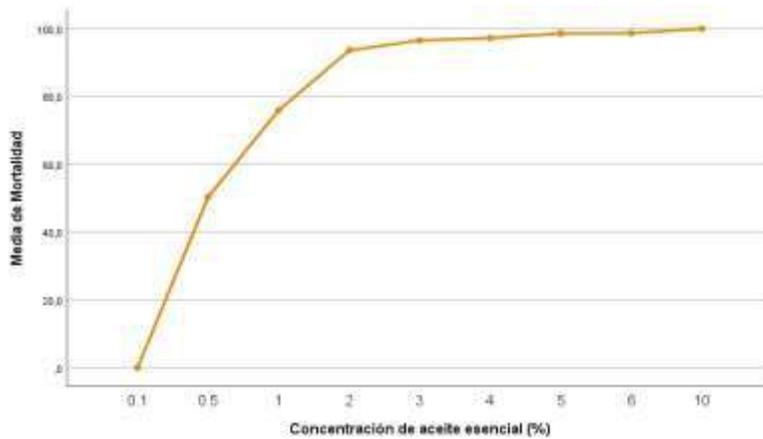


Figura 1. Efecto insecticida de *T. filifolia* – media del % de mortalidad versus concentración del AE, hasta las 72 horas de exposición.

El desarrollo de insecticidas naturales sería una ayuda para disminuir el impacto negativo de

insecticidas sintéticos debido a su baja toxicidad, ellos no generan el desarrollo de resistentes



poblaciones de insectos y son seguros para el medio ambiente a pesar de su alto costo relativo y dosis elevadas en comparación con pesticidas sintéticos. Las AE de plantas son fácilmente biodegradables y no han descrito resistencia. Con unas pocas excepciones, su toxicidad en mamíferos es baja y la persistencia ambiental es corta (Regnault *et al.* 2012).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio mostraron que los adultos de *Pagiocerus frontalis* son

susceptibles a la acción del AE de *T. filifolia*, así como otras investigaciones sugieren la posible utilización del aceite esencial de *Tagetes filifolia* como una alternativa a los insecticidas sintéticos y un potencial insecticida para su utilización en granos almacenados; como alternativa viable para aumentar la letalidad y efectividad de los insecticidas disponibles actualmente.

CONFLICTO DE INTERÉS

La autora, no tiene conflicto de interés de ninguna índole.

REFERENCIAS

- Batish D., Singh H., Setia N., Kaur S., Kohli R. 2006. Chemical composition and phytotoxicity of volatile essential oils from intact and fallen leaves of *Eucalyptus citriodora*. *Z. Naturforsch.* 61: 465-471.
- Camarillo R., Ortega A., Laura D., Serrato C., Miguel A. y Rodríguez., H.C. (2009). Actividad biológica de *Tagetes filifolia* (Asteraceae) en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 177-184. Retrieved July 30, 2019, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-882009000200012&lng=en&tlng=es
- Cheng S., Chang H., Chang S., Tsai K., Chen W. 2003. Bioactivity of selected plant essential oils against the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* larvae. *Bioresource Technology* 89 (1): 99-102.
- De Feo V., Della G., Urrunaga S., Urrunaga R., Senatore F. 1998. Composition of the essential oil of *Tagetes filifolia* Lag. *Flavour And Fragrance Journal*. *Flavour Fragrance J.*, 13, 145±147.
- Enan E. 2001. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergicities of action. *Comp. Biochem. Physiol. Part C Toxicol. Pharmacol.* Bélgica. 130: 325-337.
- McQuate G., Keum Y., Charmaine S., Li Q., Eric B. 2004. Active ingredients in cade oil that synergize attractiveness of α -ionol to male *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 97 (3): 862-870.



- Muthee M., Wanzala G., Wagacha J., Dossaji S. 2016. Bioactive properties of *Tagetes minuta* L. (Asteraceae) essential oils: A review. *Am. J. Essent. Oils Nat. Prod.* 4(2): 27-36.
- Nayive Pino-Benítez C. 2016. Evaluation of total extracts as repellent for the control of *Tribolium castaneum* Mario Valencia aneum Herbst, 1799 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Rev. Biodivers. Neotrop.* 6 (1): 22-6 <http://DOI:10.18636/bioneotropical.v6i1.124>
- Oerke E. 2006. Crop losses to pests. *J. Agr. Sci.* 144: 31-43.
- Olmedo R., Herrera J., Lucini E., Zunino M., Pizzolitto R., Dambolena J., Zygadlo J. 2015. Aceite esencial de *Tagetes filifolia* contra *Tribolium castaneum* y su relación con la actividad acetilcolinesterasa y peroxidación de lípidos. *AgriScientia*, 32(2): 113-121 <http://doi.org/10.31047/1668.298x.v32.n2.16562>
- Padin S., Ringuet J., Dal Bello G. 2000. Aceites esenciales para el control de insectos en granos almacenados. *Anales de SAIPA. Sociedad Argentina para la Investigación de Productos Aromáticos. IX Congreso Nacional de Recursos Naturales y Medicinales. XVI:* 13-19.
- Pérez J., Flinn P., Campbell J., Hagstrum D., Throne J. 2004. Detection of stored grain insect infestation in wheat transported in railroad hopper-cars. *J. Econ. Entomol.* 97: 1474-1483.
- Piccolo M., Toloza A., Mougabure C., Zygadlo J., Zerba E. 2008. Anticholinesterase and pediculicidal activities of monoterpenoids. *Fitoterapia* 79:271 -278.
- Rajashekar Y., Bakthavatsalam N., Shivanandappa T. 2012. Botanicals as Grain Protectants. *Psyche* (New York), article 646740.
- Regnault R., Vincent C., Arnason J. 2012. Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annual review entomology*, 57: 405-424.
- Rees D. 2004. *Insects of Stored Products*. CSIRO. Australia. 181.
- Ristiano J., Thomas W. 1997. Agriculture, methyl bromide, and the ozone hole, can we fill the gaps? *Plant Disease*. 81: 964-977.
- Ruiz C., Cachay M., Domínguez M., Velásquez C., Espinoza G., Ventosilla P., Rojas R. 2009. Chemical composition, antioxidant and Mosquito larvicidal activities of essential oils from *Tagetes filifolia*, *Tagetes minuta* and *Tagetes elliptica* from Perú. *UPCH, 2010.Thieme. Planta Médica*.
- Salehi B., Valussi M., Bezerra M., Pereyra J., Melo H., Vitalin S., Antolak H., Sharifi M., Cirone N., Yousaf Z., Martorell M., Iriti M., Carradori S., Sharifi-Rad, S. 2018. Review *Tagetes spp.* Essential Oils



- and Other Extracts: Chemical Characterization and Biological Activity. *Molecules* 2018, *MDPI Journal* 23, 2847; <http://doi:10.3390/molecules23112847>
- Sánchez R., Ruiz A, Ruiz C., Ruiz G., Sairitupac D., Aguirre L., Salazar A., Loja B. 2017. Actividad antioxidante y marcha fitoquímica de los capítulos de *Tagetes filifolia* Lag. “pacha anís” *HorizMed* 2017; 17(1): 18-24.
- Serrato M., Díaz F., Barajas, J. 2008. Composición del aceite esencial en germoplasma de *Tagetes filifolia* Lag. de la región centro-sur de México. *Agrociencia*, 42(3), 277-285. Recuperado en 12 de diciembre de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-1952008000300003&lng=es&tlng=es
- Serrato-Cruz M., Díaz-Cedillo F., Barajas-Pérez J. 2005. Seasonal influence on phenology and essential oil content of *Tagetes filifolia* Lag. *Annalen der Meteorologie* 41 (1): 82–85.
- Serrato-Cruz M., Barajas-Pérez J. 2006. Poblaciones silvestres de *Tagetes filifolia* Lag. en el centro sur de México. *Rev. Fitotec. Mex.* (Número Especial 2): 1–11.
- Taponjdjou A., Alder C., Fontem D., Bouda H., Reichmut C. 2005. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais*
- Villarreal J. 2003. Familia Compositae. Tribu *Tageteae*. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 113. Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro, Michoacán. México. 85 p.