

Actividad insecticida de aceites esenciales de plantas nativas contra *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)

Insecticidal activity of essential oils from native plants against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)

JAZMÍN ADRIANA MUÑOZ V.¹, ELENA STASCHENKO² y CLARA BEATRIZ OCAMPO D.³

Resumen: Se evaluó la actividad insecticida de ocho aceites esenciales obtenidos de plantas sobre larvas de tercer estadio y adultos de *Aedes aegypti*, cepa Rockefeller. Se determinó la línea base de susceptibilidad a través del método estandarizado de la OMS para larvas y los bioensayos en botellas del CDC para adultos. *Cananga odorata*, presentó la mejor actividad larvicida con una concentración letal media (CL₅₀) de 64,9 ppm y CL₉₉ de 119,8 ppm, seguido por *Cymbopogon nardus*, *Lippia organoides* y *Lippia alba* con una CL₅₀ de 106,3 ppm, 88,89 ppm y 110,1 ppm, y CL₉₉ de 203,5 ppm, 205,9 ppm y 211,5 ppm, respectivamente. Los aceites con notable actividad adulticida contra *A. aegypti* correspondieron a *C. nardus* con una CL₅₀ de 707,1 ppm y CL₉₉ de 1.018 ppm y *L. organoides* con una CL₅₀ de 648,3 ppm, y CL₉₉ de 1054 ppm. En conclusión, bajo condiciones de laboratorio, *Ca. odorata* es eficiente como larvicida. Además, *C. nardus* y *L. organoides* son promisorios para el control tanto de larvas como adultos de *A. aegypti*. El uso de aceites esenciales de plantas podría ser útil para el control de poblaciones de *A. aegypti* y otros mosquitos, al tiempo que se constituyen en una alternativa ambientalmente favorable.

Palabras clave: Larvicida. Adulticida. Mosquitos. Concentración letal.

Abstract: The insecticidal activity of eight essential oils from plants was assessed on third stage larvae and adults of *Aedes aegypti* Rockefeller strain. The baseline susceptibility was determined through the WHO standardized methods for larval bioassays and bottles of adult CDC. *Cananga odorata* was found that presented the best larvicidal activity with a lethal concentration (LC₅₀) of 64.9 ppm and LC₉₉ of 119.8 ppm, followed by *Cymbopogon nardus*, *Lippia organoides* and *Lippia alba* with an LC₅₀ of 106.3 ppm, 88.89 ppm and 110.1 ppm, and LC₉₉ of 203.5 ppm, 205.9 ppm and 211.5 ppm, respectively. Oils with remarkable activity adulticide against *A. aegypti* were *C. nardus* with 707.1 ppm LC₅₀ and LC₉₉ of 1,018 ppm and *L. organoides* with 648.3 ppm LC₅₀ and LC₉₉ of 1.054 ppm. In conclusion it was determined that under laboratory conditions, *Ca. odorata* is efficient as a larvicide. Additionally, *C. nardus* and *L. organoides* are promising to control both larvae and adults of *A. aegypti*. The use of plant essential oils could be useful for controlling mosquito populations as *A. aegypti*, while constituting a favorable alternative to the environment.

Key words: Larvicide. Adulticide. Mosquitoes. Lethal concentration.

Introducción

Los mosquitos son insectos de importancia médica por ser vectores de diversas enfermedades como malaria, dengue, fiebre amarilla, filariasis, entre otras, que producen una alta morbilidad y mortalidad especialmente en países tropicales y subtropicales (WHO 1996). Tales enfermedades representan un impedimento significativo para el desarrollo social y económico de los países afectados (WHO 1996) lo que hace necesario diseñar programas de control de vectores efectivos.

El control de vectores se ha realizado durante las últimas décadas empleando principalmente insecticidas químicos con alta efectividad. Sin embargo, su uso indiscriminado puede producir efectos notables en la biología del vector que provocan cambios de comportamiento y en las funciones vitales. Todo esto conlleva a la aparición de resistencia, además de los efectos negativos sobre el medio ambiente y a otros organismos (Georghiou y Taylor 1977). El uso de insecticidas botánicos basados en aceites esenciales obtenidos de plantas, se presenta como una alternativa promisoriosa debido a su efectividad, su rápida biodegradación y pocos efectos adversos con el medio ambiente (Conti *et al.* 2010). La selección de plantas con metabolitos secundarios capaces de ser utilizados

como insecticidas naturales debe cumplir una serie de requisitos como son: estar ampliamente distribuida, de asequible obtención, con principios activos potentes, y alta estabilidad química (Leyva *et al.* 2009). Los aceites esenciales de plantas son bien conocidos por su actividad antibactericida, antifúngica, acaricida e insecticida (Cheng *et al.* 2003) y han ofrecido numerosos usos benéficos en el rango de aplicaciones desde farmacéuticas hasta insecticidas.

Las familias taxonómicas promisorias de diferentes orígenes del mundo que se han identificado con actividad insecticida y/o larvicida son Meliaceae, Rutaceae, Asteraceae, Annonaceae, Labiatae, Aristolochiaceae y Malvaceae (Regnault-Roger 1997). A su vez, otras plantas, como 52 especies del género *Lippia* spp. (Verbenaceae), han sido utilizadas para propósitos medicinales en muchos países de Centro y Sur América, y en África Tropical, por sus actividades biológicas antibacterianas, antiparasitarias, antivirales, antimicóticas, y podrían tener actividad insecticida por su composición química y farmacológica (Pascual *et al.* 2001).

En Colombia, se conocen pocos estudios acerca de la eficacia insecticida de aceites esenciales. Espitia (2011) evaluó la actividad insecticida de tres aceites *Cymbopogon citratus* Stapf, *Lippia organoides* Kunth y *Eucalyptus citriodora*

¹ B. Sc. Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas, CIDEIM. Cra. 125 #19-225. Cali, Colombia. ² Ph. D. Universidad Industrial de Santander. Cra 27 Calle 9 Ciudad Universitaria. Bucaramanga, Colombia ³ Ph. D. Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas, CIDEIM. Cra. 125 #19-225. Cali, Colombia claraocampo@cideim.org.co. Autor para correspondencia.

Hook sobre *Tribolium castaneum* Herbs. También, Niño *et al.* (2009) determinó actividad insecticida de plantas de la región cafetera de Colombia sobre *Hypothenemus hampei* Ferrari. Sin embargo, hay un vacío en el conocimiento de aceites esenciales para el control de insectos de importancia médica. Este estudio persiguió como objetivo evaluar la eficacia larvicida y adulticida de ocho aceites esenciales extraídos de plantas nativas colombianas en mosquitos.

Materiales y métodos

Se determinó la eficacia larvicida y adulticida sobre *A. aegypti* de aceites esenciales obtenidos de especies de plantas encontradas en Colombia. La colección, identificación y extracción de aceite esencial fue llevada a cabo por CENIVAM (Centro de Investigaciones en Enfermedades Tropicales, Universidad Industrial de Santander). Los aceites esenciales fueron extraídos por hidrodestilación asistida por microondas usando 400 g de tallos tiernos y hojas (Stashenko *et al.* 2004). En la tabla 1, se indica cada especie de planta de donde se obtuvieron los aceites esenciales, así como la parte de la misma que se utilizó en su extracción. Todos los análisis se realizaron con la cepa susceptible de *A. aegypti* (Rockefeller) en colonias en CIDEIM, Cali.

Actividad larvicida. Para la evaluación del efecto de los aceites esenciales en larvas a través de la metodología de World Health Organization (WHO 1981), se determinó la línea base de susceptibilidad a través de diluciones seriadas de cada aceite, utilizando DMSO (dimetil sulfóxido), por sus excelentes propiedades diluyentes en los aceites esenciales (GCC 2011). Se prepararon soluciones madre (“stock”) de 10.000 mg/L que se conservaron a 4 °C, protegidas de la luz, posteriormente se hicieron las diluciones requeridas. En cada bioensayo se utilizaron cuatro réplicas (vasos) por cada concentración y un control. En cada vaso se adicionaron 25 larvas de tercer instar o cuarto instar temprano. Se realizaron tres repeticiones de cada bioensayo con diferentes lotes de mosquitos. Los ensayos se iniciaron a partir de una solución 10 ppm y se fue aumentando progresivamente. Como control se usó agua y la misma cantidad de DMSO utilizada para cada concentración evaluada. El conteo de mortalidad se hizo luego de 24 horas de exposición. Se definió como larvas muertas aquellas sin movimiento luego de ser tocadas con una aguja en la región cervical o en el sifón. Si el 10% de las larvas control llegaba al estadio de pupa, la prueba se repetía. Para corregir la mortalidad en el control se utilizó la fórmula de Abbot (Abbott 1925).

Actividad adulticida. Los bioensayos en adultos se hicieron siguiendo el método de botellas impregnadas establecida por CDC (Centers for Disease Control and Prevention) (CDC 2002). Cada bioensayo consistió en cuatro réplicas (botellas) impregnadas con la misma concentración y una botella control. Se realizaron tres repeticiones por cada bioensayo. Para la impregnación de botellas, se empleó como solvente acetona, ya que no tiene efectos negativos en mosquitos adultos y permite conservar la actividad biológica del aceite. Se evaluaron diferentes concentraciones desde 100 hasta 5.000 ppm, dosis límite recomendada por la GTZ (Agencia de Cooperación Técnica Alemana GTZ) (Hellpap 1993). Las soluciones madre del aceite se prepararon con la acetona y se homogenizaron por medio de vórtex. Para la impregnación, se tomó 1 ml de la solución y se agregó a cada botella. Como control se usó una botella con 1ml de acetona. En cada botella se transfirieron 20 mosquitos y se expusieron durante una hora al aceite impregnado en las botellas. El efecto “knockdown” fue evaluado cada 15 min durante los 60 minutos de exposición. Posteriormente, los mosquitos se trasladaron a una jaula sin impregnar para evaluar la mortalidad a las 24 h. Si se observaba una mortalidad <10% durante el bioensayo, los datos se corregían con la fórmula Abbott (Abbott 1925).

Análisis de datos. Se utilizó la función Probit para determinar las concentraciones letal 50 y 99% (CL₅₀ y CL₉₉) con sus respectivos intervalos de confianza. Se calcularon las concentraciones diagnósticas recomendadas para cada grupo de vectores como el doble de la concentración mínima que causa el 99,9% de mortalidad (WHO 1970) y se graficaron las concentraciones letales 50 y 99 (CL₅₀ y CL₉₉).

Resultados

Aceites esenciales. Los componentes mayoritarios encontrados en los diferentes aceites esenciales se describen en la tabla 2. Se observa que las plantas presentan diferentes componentes, sin embargo hay algunos en más de una planta como el limoneno, γ -terpineno, citroneol y geraniol.

Actividad larvicida. Los resultados obtenidos al evaluar ocho aceites esenciales contra larvas se muestran en la tabla 3. El aceite de *Ca. odorata* fue el que mostró mejor actividad insecticida por tener las concentraciones letales más bajas del estudio con una CL₅₀ de 64,9 ppm y una CL₉₉ de 119,8 ppm, seguido de *Cy. nardus*, *L. origanoides* y *L. alba* con CL₅₀ de 106,3 ppm, 88,8 ppm y 110,1 ppm, respectivamente. El resto

Tabla 1. Especies y partes de las plantas empleadas en la extracción de los aceites esenciales analizados.

Nombre científico	Nombre común	N° de comprobante	Parte de la planta	Familia
<i>Lippia alba</i> (Miller, 1768)	Pronto alivio	512078	Hojas y Tallos	Verbenaceae
<i>Lippia origanoides</i> (Kunth, 1818)	Orégano de monte	517741	Hojas y Tallos	Verbenaceae
<i>Eucalyptus citriodora</i> (Hooker, 1848)	Eucalipto	C-446	Hojas	Myrtaceae
<i>Cymbopogon citratus</i> (Candolle, 1906)	Limonaria	519986	Hojas	Poaceae
<i>Cymbopogon flexuosus</i> (Nees, 1882)	Pasto de limón	531013	Hojas	Poaceae
<i>Cymbopogon nardus</i> (Linneo, 1899)	Citronela	519986	Hojas	Poaceae
<i>Citrus sinensis</i> (Linneo, 1753)	Naranja	C-455	Cáscara	Rutaceae
<i>Cananga odorata</i> (Lamarck, 1885)	Ylang-Ylang	531012	Flor	Annonaceae

Tabla 2. Rendimiento de aceites esenciales y porcentajes de sus componentes principales.

	<i>Lippia alba</i> (Miller, 1768)	<i>Lippia</i> <i>origanoides</i> (Kunth, 1818)	<i>Eucalyptus</i> <i>citriodora</i> (Hooker, 1848)	<i>Cymbopogon</i> <i>citratrus</i> (Candolle, 1906)	<i>Cymbopogon</i> <i>flexuosus</i> (Nees, 1882)	<i>Cymbopogon</i> <i>nardus</i> (Linneo, 1899)	<i>Citrus sinensis</i> (Linneo, 1753)	<i>Cananga</i> <i>odorata</i> (Lamarck, 1885)
Rendimiento del aceite esencial (%p/p)	0,6	4,4	0,7	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4
Componente	Componentes mayoritarios (%)							
Limoneno	29,4					5	71,3	
Carvona	36,2							
Piperitona	3,3							
Piperitenona	6,3							
Bourboneno	1,9							
Biciclosesquifelandreno	7,2							
α -Tujeno		1,5						
β -mirceno		2,5					5	
α -terpineno		2,7						
p-cimeno		12						
γ -terpineno		9,5					1,9	
Timol		9,9						
Carvacrol		46,2						
β -cariofileno		2			2			
Citronelal			43			23		
Citronelol			13			15		
Isopulegol			10					
Linalool			4,4	1,8			5,4	15,8
1,8 cineol			4					
β -pineno			3					
Neral				34,2	28,2			
Geranial				47,4	37,5			
Geraniol				7	9	16		
Nerol				3				
Acetato de geraniol					10			
Germacren-4-ol						5		
Sabineno							1,6	
n-octanol							2	
Benzoato de metilo								9,2
Acetato de bencilo								14,4
p-cresol metil éter								9,8

de los aceites presentaron una menor actividad larvicida. Los valores de las dosis diagnósticas se presentan en la tabla 3.

Actividad adulticida. Los resultados se encuentran en la tabla 3. Los aceites que presentaron una notable actividad insecticida contra *A. aegypti* son *Cy. nardus* con un CL₉₉ de 1.018 ppm y *L. origanoides* con un CL₉₉ de 1.054 ppm, igualmente se encontró que estos aceites tuvieron un mejor potencial larvicida. No se determinaron las concentraciones letales CL₅₀ y CL₉₉ para el aceite esencial de *Ci. sinensis* debido a que no se encontraron mortalidades por encima del 50% en los mosquitos expuestos a una concentración máxima de 5.000 ppm (Tabla 3).

Discusión

Se encontró que los mejores aceites con actividad larvicida en orden de efectividad correspondieron a *Ca. odorata* (Annonaceae), *Cy. nardus* (Poaceae) y *L. origanoides* (Verbenaceae).

El aceite esencial *Ca. odorata* presentó mejor potencial larvicida contra *A. aegypti* en comparación con los demás.

Tabla 3. Actividad insecticida de aceites esenciales sobre adultos de *Aedes aegypti*.

Aceite	CL50 (ppm) (IC 95%)	CL99 (ppm) (IC 95%)	Dosis diagnóstica (ppm)
<i>Cymbopogon nardus</i>	707,1 (654,5 -741,3)	1018,7 (955,8 -1140,7)	2037,4
<i>Lippia origanoides</i>	648,3 (633,1 -663,3)	1054,0 (1006,1-1114,3)	2108,0
<i>Cymbopogon flexuosus</i>	759,7 (731,3 -786,4)	1057,7 (993,5 -1161,2)	2115,4
<i>Cymbopogon citratrus</i>	1183,4 (1133,6 - 1232,7)	1765,1 (1642,6 - 1954,4)	3530,2
<i>Cananga odorata</i>	1780,6 (1610,5- 1930,1)	2976,7 (2591,5 -3920,8)	5953,5
<i>Lippia alba</i>	2356,9 (1707,9 -2783,0)	5395,3 (4196,9 - 10929,9)	10790,6
<i>Eucalyptus citriodora</i>	2962,4 (2291,0 -3505,5)	6587,3 (5149,76 -11888,2)	13174,7
<i>Citrus sinensis</i>	> 5000	1018,7 (955,8 -1140,7)	819,8

CL – Concentración Letal, IC- Intervalo de Confianza 95%.

Dentro de los componentes principales de *Ca. odorata* se encuentran el benzoato de bencilo (14,4) y el linalool (15,8) (Archila 2008) con demostrada eficacia insecticida sobre larvas de mosquitos (Jaenson *et al.* 2006) (Tabla 2). Por otra parte, *Ca. odorata* sólo presentó especificidad en estadios inmaduros y actividad biológica disminuida al ser evaluado en adultos. Este es el primer reporte para Colombia de la actividad larvicida de *Ca. odorata* sobre *A. aegypti*. Además, *Ca. odorata* ha demostrado presentar actividad ovicida. Phasomkusolsil y Soonwera (2012) reportaron que el aceite de sus flores, tuvo una mejor actividad ovicida sobre tres especies de mosquitos, entre ellas, *A. aegypti* tras ser comparado con seis aceites esenciales, que incluían cuatro aceites utilizados en el presente estudio: *Ci. sinensis*, *Cy. citratus*, *Cy. nardus* y *E. citriodora*. Nuestro trabajo corrobora la efectividad de *Ca. odorata* para generar posibles estrategias de control de mosquitos.

Para el aceite esencial *Cy. nardus* se ha reportado actividad larvicida (Green *et al.* 1991, Mansour *et al.* 2000), fungicida (Sánchez *et al.* 2007), insecticida (Jiang 2012) y repelencia (Phasomkusolsil y Soonwera 2010). En el presente estudio *Cy. nardus* requirió una concentración alrededor de 10 veces menor que la reportada por Tennyson *et al.* (2013) en donde el aceite extraído del tallo de plantas de *Cy. nardus* de la India, tuvo un CL_{50} de 1.374,5 ppm. Las diferencias en las concentraciones pueden estar asociadas al tipo de extracción, al origen de las plantas y los solventes utilizados (Mansour 2000). La actividad larvicida y adulticida de *Cy. nardus* se presentó posiblemente debido a sus constituyentes principales, los monoterpenos como el citronelal (23,2%) y geraniol (16%) de reconocida actividad insecticida (Vargas y Bottia 2008) (Tabla 2).

También, dentro de los aceites esenciales evaluados, *Lippia organoides* correspondió al tercero con mejor actividad larvicida y el segundo mejor adulticida. No existen reportes en la literatura acerca de la actividad larvicida o adulticida de *L. organoides* sobre *A. aegypti*. Sin embargo, han sido evaluadas otras especies del mismo género como *L. sidoides* con una CL_{50} de 63 ppm (Cavalcanti *et al.* 2004). Sus propiedades larvicidas, podrían estar relacionadas con uno de los componentes principales de *L. organoides* que es el timol (9,9%), acaricida (Cagnolo *et al.* 2010), además ha sido reconocido por su actividad antibacteriana y antifúngica, y para uso en la industria en la preparación de desinfectantes de uso humano (Rota *et al.* 2008; Winward *et al.* 2008). Los aceites obtenidos de esta planta han sido evaluados contra diversos microorganismos patógenos con resultados promisorios, puesto que inhiben el crecimiento de los microorganismos de una manera comparable con la de medicamentos control (Hernández *et al.* 2003; Pascual *et al.* 2001; Borboa *et al.* 2010). Además, su citotoxicidad ha sido evaluada en células Vero, concluyéndose que es un aceite esencial no tóxico (Celis 2007), permitiendo así que sus componentes puedan ser usados para diversos productos de uso humano.

Finalmente, en *Cy. citratus*, su CL_{50} de 102 ppm, fue mayor que la determinada por Mgbemena (2010) de 34,5 ppm, y que la de Cavalcanti *et al.* (2004) de 100 ppm en larvas de *A. aegypti*. Esta variación en los resultados puede ser atribuida a diferencias en los porcentajes de los componentes principales de este aceite, como el nerol y geraniol (Vargas y Bottia, 2008). Lo anterior también puede estar asociado a las partes de las plantas utilizadas para la extracción de los aceites, ya que en Cavalcanti *et al.* (2004), se usaron hojas y ramas

mientras que en Mgbemena (2010) y en el presente estudio se emplearon hojas.

La mayoría de los estudios realizados con aceites extraídos de plantas para demostrar sus propiedades insecticidas se han realizado en larvas y muy poco en adultos. En este estudio se evidenció que siete de los ocho aceites evaluados presentaron también actividad adulticida, con CL_{50} dentro de las recomendaciones de la GTZ que permiten dosis inferiores a 5.000 ppm, demostrando que son promisorios para el control de adultos. Tres de los cuatro mejores aceites con actividad adulticida correspondieron a especies del género *Cymbopogon* spp. (i.e. *Cy. nardus*, *Cy. flexuosus* y *Cy. citratus*). Se ha demostrado variación en los porcentajes de compuestos monoterpenicos como el geraniol, b-mirceno y nerol entre las diferentes especies de *Cymbopogon* spp. (Martínez *et al.* 2002).

Conclusiones

Los resultados de este estudio revelan que existen plantas nativas en Colombia que podrían explorarse para la producción de insecticidas orgánicos a partir de sus aceites esenciales. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los resultados en la eficacia entre aceites de la misma especie, pueden ser modificados por diversas variables, entre ellas se pueden destacar, la parte de la planta de donde se realiza la extracción, los métodos empleados en la extracción del aceite, y el origen y condiciones ambientales en donde se desarrolla la planta (Zaridah *et al.* 2003; Vargas y Bottia 2008). Futuros estudios podrían evaluar estos aceites esenciales en cepas de *A. aegypti* colectadas en campo, posiblemente con resistencia a insecticidas utilizados en salud pública y/o con otros aceites esenciales extraídos de las mismas plantas pero colectadas en diferentes regiones del país.

Agradecimientos

Agradecemos a CENIVAM, por otorgar los aceites esenciales utilizados en el desarrollo de este estudio. Agradecemos también a Luis Ernesto Ramírez por su apoyo técnico y al equipo del laboratorio de Biología y Control de Vectores del Centro Internacional de entrenamiento e Investigaciones Médicas CIDEIM. Este proyecto fue financiado por el programa de Jóvenes Investigadores e Innovadores “Virginia Gutiérrez de Pineda” Convenio 797- 2009 del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS.

Literatura citada

- ABBOTT, W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- ARCHILA, J. 2008. Estudio de los metabolitos secundarios de los extractos y aceites esenciales de flores, hojas y tallos de ylang-ylang, y determinación de los ácidos grasos en sus semillas. UIS. Trabajo de grado: 136 p.
- BORBOA, J.; RUEDA, E.; ACEDO, E.; PONCE, J.; CRUZ, M.; GARCÍA, J.; ORTEGA, M. 2010. Evaluación de la actividad antibacteriana *in vitro* de aceites esenciales contra *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12: 539-547.
- CAVALCANTI, E.; MORAIS, S.; LIMA, M.; SANTANA, E. 2004. Larvicidal activity of essential oils from Brazilian plants against *Aedes aegypti*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 99 (5): 541-544.
- CAGNOLO, B.; BASUALDO, M.; EGUARAS, M. 2010. Actividad varroocida del timol en colonias de *Apis mellifera* L. de

- la provincia de Santa Fe. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Investigación Veterinaria 12: 1.
- CDC, 2002. Evaluating mosquitoes for insecticide resistance. Bioassay bottles. Disponible en: <http://www.cdc.gov/ncidod/wbt/resistance/assay/bottle/index.htm>. [Fecha revisión: 10 diciembre 2012].
- CELIS, C. 2007. Estudio comparativo de la composición y la actividad biológica de los aceites esenciales extraídos de *Lippia alba*, *Lippia origanoides* y *Phyla dulcis*, especies de la familia Verbenaceae. Escuela de Química, Universidad Industrial de Santander, trabajo de grado: 153 p.
- 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.
- CONTI, B.; CANALE, A.; BERTOLI, A.; GOZZINI, F.; PISTELLI, L. 2010. Essential oil composition and larvicidal activity of six Mediterranean aromatic plants against the mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). Parasitology Research 107 (6): 1455-1461.
- ESPÍTA, C. 2011. Evaluación de la actividad repelente e insecticida de aceites esenciales extraídos de plantas aromáticas (*Cymbopogon citratus* y *Tagetes lucida*) utilizados contra *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae). Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4264/1/05598931.2011.pdf> [Fecha revisión: 18 octubre 2012].
- GCC. 2010. Dimetilo sulfóxido: propiedades físicas. Disponible en: http://www.gaylordchemical.com/uploads/images/pdfs/literature/101B_spanish.pdf. [Fecha revisión: 18 octubre 2012].
- GEORGHIOU, G.; TAYLOR, C. 1977. Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. Journal of Economic Entomology 70 (3): 319-323.
- GREEN, M.; SINGER, J.; SUTHERLAND, D.; HIBBEN, C. 1991. Larvicidal activity of *Tagetes minuta* (marigold) toward *Aedes aegypti*. Journal of the American Mosquito Control Association 7: 282-286.
- HELLPAP, C. 1993. Steps for developing botanical pesticides. Manuscrito G.T.Z.
- HERNÁNDEZ, T.; CANALES, M.; ÁVILA, J.; DURAN, A.; CABALLERO, J.; ROMO DE VIVAR, A.; LIRA, R. 2003. Ethnobotany and antibacterial activity of some plants used in traditional medicine of Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México). Journal of Ethnopharmacology 88 (2-3): 181-188.
- JAENSON, T.; PALSSON, K.; BORG-KARLSON, A. 2006. Evaluation of extracts and oils of mosquito (Diptera: Culicidae) repellent plants from Sweden and Guinea-Bissau. Journal of Medical Entomology 43 (1): 113-119.
- JIANG, L.; AKHTAR, Y.; ZHANG, X.; BRADBURY, R.; ISMAN, M. 2012. Insecticidal and feeding deterrent activities of essential oils in the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Applied Entomology 136 (3): 191-202.
- LEYVA, M.; TACORONTE, J.; MARQUETTI, M.; SCULL, R.; TIOMNO, O.; MESA, A.; MONTADA, D. 2009. Utilización de aceites esenciales de pináceas endémicas como una alternativa en el control del *Aedes aegypti*. Revista Cubana Medicina Tropical 61 (3): 239-243.
- MANSOUR, S.; MESSEHA, S.; EL-GENGAIHI, S. 2000. Botanical biocides. 4. Mosquitocidal activity of certain *Thymus capitatus* constituents. Journal Natural Toxins 9 (1): 49-62.
- MARTÍNEZ, A.; STASHENKO, E.; TORRES, R.; ROJAS, D. 2002. Estudio cromatográfico de los aceites esenciales de las especies *Cymbopogon citratus* y *Cymbopogon nardus*?. En: Libro Resúmenes del IX Congreso Latinoamericano de Cromatografía y Técnicas Afines. Ponencia, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia: 167- 168 p.
- MGBEMENA, I. 2010. Comparative evaluation of larvicidal potentials of three plant extracts on *Aedes aegypti*. Journal of American Science 6 (10): 435-440.
- NIÑO, J.; LAGOS, A.; MOSQUERA, O. 2009. Evaluación de la actividad insecticida in vitro de mezclas binarias de extractos vegetales contra la broca del café. Recursos Naturales y Ambiente (CATIE). 58: 40-44.
- PASCUAL, M.; SLOWING, K.; CARRETERO, E.; SÁNCHEZ, D.; VILLAR, R. 2001. *Lippia*: Traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. Journal of Ethnopharmacology 76 (3): 201-214.
- PHASOMKUSOLSIL, S.; SOONWERA, M. 2010. Insect repellent activity of medicinal plant oils against *Aedes aegypti* (Linn.), *Anopheles minimus* (Theobald) and *Culex quinquefasciatus* Say based on protection time and biting rate. The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health 41 (4): 831-840.
- PHASOMKUSOLSIL, S.; SOONWERA, M. 2012. The effects of herbal essential oils on the oviposition deterrent and ovicidal activities of *Aedes aegypti* (Linn.) *Anopheles dirus* (Peyton and Harrison) and *Culex quinquefasciatus* (Say). Tropical Biomedicine 29 (1): 138-150.
- REGNAULT-ROGER C. 1997. The potential of botanical essential oils for insect pest control. International Pest Management 2: 25-34.
- ROTA, M.; HERRERA, A.; MARTÍNEZ, R.; SOTOMAYOR J.; JORDÁN, M. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. Food Control 19 (7): 681-687.
- SANCHEZ, C.; CRUZ, M.; ALVARADO, Y.; PÉREZ, M.; MEDINILLA, M.; SUAREZ, M.; LEIVA, M.; ROQUE, B. 2007. Evaluación del efecto del aceite esencial de *Cymbopogon nardus* para el control de microorganismos contaminantes del cultivo *in vitro* de plantas. Biotecnología Vegetal 7 (3): 187-190.
- STASHENKO, E. E.; JARAMILLO, B. E.; MARTINEZ, J. R. 2004. Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its *in vitro* antioxidant activity. Journal of Chromatography A 1025: 93-103.
- TENNYSON, S.; ARUL, D.; JEYASUNDAR, D.; CHALIEU, K. 2013. Larvicidal efficacy of plant oils against the dengue vector *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). Middle-East Journal of Scientific Research 13 (1): 64-68.
- VARGAS, A.; BOTTIA, E. 2008. Estudio de la composición química de los aceites esenciales de seis especies Vegetales cultivadas en los municipios de Bolívar y el Peñón – Santander, Colombia. UIS. Trabajo de grado.
- WHO. 1970. Technical report series. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_447.pdf. [Fecha de revisión: 10 diciembre 2012]
- WHO. 1981. Instructions for determining the susceptibility or resistance of the mosquitoes larvae to insecticide. WHO/VBC/81.807. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/temp/WHO_VBC_81.807.pdf. [Fecha de revisión: 10 diciembre 2012]
- WHO. 1996. Informal consultation on the evaluation and testing of insecticides. http://whqlibdoc.who.int/hq/1996/CTD_WHO-PES_IC_96.1.pdf. [Fecha de revisión: 10 diciembre 2012]
- WINWARD, G.; AVERY, L.; STEPHENSON, T.; JEFFERSON, B. 2008. Essential oils for the disinfection of grey water. Water Research 42 (8-9): 2260-2268.
- ZARIDAH, M.; NOR, A.; ABU, A.; MOHD, Z. 2003. Larvicidal properties of citronellal and *Cymbopogon nardus* essential oils from two different localities. Tropical Biomedicine 20: 169-174.

Recibido: 5-abr-2013 • Aceptado: 11-nov-2014

Citación sugerida:

MUÑOZ V, J. A.; STASHENKO, E.; OCAMPO D., C. B. 2014. Actividad insecticida de aceites esenciales de plantas nativas contra *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Revista Colombiana de Entomología 40 (2): 198-202. Julio-Diciembre 2014. ISSN 0120-0488.