**Efecto insecticida de cuatro aceites esenciales sobre adultos de *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus* en condiciones experimentales**

**Resumen**

Los mosquitos *Anopheles* son vectores de malaria y los mosquitos Aedes son vectores de dengue, ambas enfermedades están afectando a nuestro país. El objetivo fue evaluar la toxicidad sobre hembras adultas de los mosquitos *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus* de cuatro aceites esenciales extraídos de las siguientes especies de plantas: *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Eucaliptus globulus* y *Eugenia caryophyllata*. Las pruebas se realizaron con mosquitos adultos de las colonias de referencia del Laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Salud de Bogotá. Con cada uno de los aceites esenciales se prepararon las siguientes concentraciones: 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 y 2,5 % v/v. Se utilizó el programa BioStat para realizar el análisis Probit y la estimación de la CL50 y CL90. La CL50 de los aceites esenciales de *C. citratus* y *C. nardus* fue del 1,07% para *Ae. aegypti*; mientras que para *An. albimanus* fue del 0,7% y 1% respectivamente. La CL90 de *C. citratus* y *C. nardus* fue del 2,01% y 1,96% respectivamente para *Ae. aegypti*; mientras que para *An. albimanus* fue del 1,3% y 1,86% respectivamente. El aceite esencial de *Eucaliptus globulus* mostro ser más efectivo contra adultos de *An. albimanus*. El aceite esencial de *Eugenia caryophillata* no mostro efectividad en la mortalidad en las dos especies de mosquitos. En conclusión los aceites esenciales de *C. citratus* y *C. nardus* mostraron ser más efectivos contra adultos de *Ae. aegypti* y *An. albimanus.*

**Palabras clave**: aceites esenciales, toxicidad, *Aedes aegypti, Anopheles albimanus*, CL50, CL90.

**Abstract**

**Insecticidal effects of four essential oils on adult of *Aedes aegypti* and *Anopheles albimanus* in experimental conditions**

*Anopheles* mosquitoes are vectors of malaria, *Aedes* mosquitoes are vectors of dengue and both diseases are affecting our country. The objective was to evaluate the toxicity of four essential oils extracted from the following plant species: *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Eucalyptus globulus* and *Eugenia caryophyllata* on adult females of the mosquito *Aedes aegypti* and *Anopheles albimanus*. The tests were performed with adult mosquitoes of the reference colonies of the Entomology Laboratory of the Instituto Nacional de Salud of Bogotá. With each of the essential oils were prepared the following concentrations: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5% v/v. The BioStat program was used to perform the Probit analysis and estimation of the LC50 and CL90. The LC50 of *C. citratus* and *C. nardus* oils was 1.07% for *Ae. aegypti*; while, for *An. albimanus* were 0.7% and 1% respectively. The LC90 of *C. citratus* and *C. nardus* oils was 2.01% and 1.96% respectively for *Ae. aegypti*; while, for *An. albimanus* was 1.86% and 1.3% respectively. The essential oil of *Eucalyptus globulus* showed to be more effective against *An. albimanus* adults. The *Eugenia caryophillata* oil not showed effectiveness in mortality in the two species of mosquitoes. In conclusion the essential oils of *C. citratus* and *C. nardus* showed to be more effective against adults of *Ae. aegypti* and *An. albimanus.*

**Key Words:** essential oils, toxicity, *Aedes aegypti, Anopheles albimanus*, LC50, LC90.

**Introducción**

El mosquito *Aedes aegypti* es el principal vector del dengue en el mundo; las hembras al alimentarse con sangre pican sobre la piel e inoculan el virus, de esta forma, las personas adquieran la enfermedad (Phasomkusolsil et al. 2011a). La zona tropical proporciona las condiciones climatológicas para el desarrollo de esta especie de mosquito y junto con la actividad turística e intercambio comercial de unos países con otros que presentan alto índice de presencia de la enfermedad favorecen la transmisión del virus entre la población humana (Gleiser et al. 2007). Se ha estimado que el dengue es una de las enfermedades más frecuentes en términos de morbilidad y mortalidad en el mundo. En el año 2011 se registraron 979.774 casos de dengue, de estos 15.860 presentaron formas graves lo cual requirió hospitalización y 692 fallecieron (OMS 2011). Se ha reportado que la distribución y abundancia del mosquito vector del dengue están relacionadas con el nivel de pobreza y que las dos quintas partes de la población humana está en riesgo de padecer esta enfermedad (Mendonca et al. 2005, Tang et al. 2012). *Ae. aegypti,* se ha adaptado al medio ambiente doméstico, presenta preferencia por el agua limpia almacenada en tanques y en otros recipientes dentro de las casas. En ambientes naturales, se encuentran criaderos en axilas de las hojas de bambú o bromelias, huecos de árboles y en pozos limpios. En los climas tropicales es un importante vector de dengue, dengue hemorrágico, fiebre amarilla y otras enfermedades virales (Rozendaal 1997).

Varias especies de mosquitos anofelinos son los vectores de malaria de las zonas tropicales y subtropicales en donde las temperaturas y las precipitaciones son las adecuadas para el desarrollo de estos mosquitos vectores (Zhu 2011). La malaria es un grave problema de salud pública en los países en desarrollo de las zona tropicales y subtropicales en donde aproximadamente se presentan entre 300 y 500 millones de casos al año y un número de muertes entre 1,5 – 3 millones al año (Maharaj et al. 2010). Actualmente, se están haciendo esfuerzos para reducir la incidencia del principal vector *Anopheles abimanus*, con la aplicación de insecticidas en los estadios larvarios (Matasyoh et al. 2011).

En las Américas las especies: *Anopheles albimanus, An. darlingi, An. nuñeztovari* y *An. aquasalis* son vectores confirmados de malaria (Zimmerman 1992). En Colombia se reportan como principal vector de malaria a la especie *Anopheles albimanus*;sin embargo, existen cuatro especies más como vectores de malaria: *Anopheles lepidotus*, *Anopheles neivai*, *Anopheles punctimacula* y *Anopheles pseudopunctipennis* (Quiñones et al. 2004). De otra parte, aproximadamente el 85% del territorio rural colombiano está situado por debajo de los 1600 msnm; en donde las condiciones climáticas, geográficas y epidemiológicas favorecen la transmisión de la malaria (Mendoza et al. 2000).

Muchas plantas sintetizan metabolitos secundarios con propiedades toxicas para algunos insectos. La selección de plantas que contengan metabolitos secundarios con potencial insecticida debe ser de fácil cultivo, con principios activos potentes, con alta estabilidad química y de óptima producción. Entre los principales compuestos aislados de plantas usadas desde hace mucho tiempo para fines insecticidas se destaca la rotenona; que es un flavonoide, que se extrae de raíces de dos especies de la Familia Leguminosae (*Derris elliptica* y *Lonchocarpus utilis*) (De Feo & Senatore 1993).

Los extractos de algunas plantas han mostrado actividad insecticida especialmente algunas especies las siguientes familias: Myrtaceae, Lauraceae, Rutaceae, Lamiaceae, Asteraceae, Apiaceae, Cupressaceae, Poaceae, Zingiberaceae y Piperaceae (Arnason et al. 1989, Wheeler and Istman 2001, Tripathi et al. 2009). De la planta *Ruta graveolens* (Rutaceae), se ha extraído rutina; un compuesto con propiedades insecticidas. Los macerados en polvo de ruda han mostrado toxicidad para *Sitophilus zeamais,* un coleóptero de los granos del maíz (Silva et al. 2003); también, se han hecho bioensayos con extracto acuoso de ruda sobre larvas de los mosquitos *Anopheles albimanus* y *Culex quiquefasciatus*, mostrando alto porcentaje de mortalidad en concentraciones entre 300 y 500 mg/L (Lugo et al. 2009, Cárdenas et al. 2010).

Los aceites esenciales son productos de metabolitos secundarios producidos por las plantas. Los aceites esenciales, son mezclas complejas de monoterpenos, fenoles y sesquiterpenos los cuales les dan las características aromáticas a las plantas que los producen, estos compuestos incluyen los siguientes: 1,8-cineol (componente principal del aceite de romero y eucalipto); eugenol de aceite de clavo, el timol de tomillo, el mentol de varias especies de menta; alfa-asarone y beta-asarone de cálamo, el carvacrol y el linalol de varias especies de plantas. Los aceites esenciales son líquidos de baja densidad, no se disuelven en agua y son caracterizados por su aroma y generalmente se evaporan rápidamente en el aire. Los aceites esenciales han sido conocido por centurias como sustancias odoríficas y volátiles, contenidas en flores, frutos hojas y raíces de muchas plantas. Los aceites esenciales se usan como fragancias en perfumería y aromatizantes en la industria de alimentos y recientemente en aromaterapia (Istman 2000). Los aceites esenciales protegen a las plantas de infecciones por bacterias y virus; limpias los tejidos rotos y liberan oxígeno y nutrientes dentro de las células. Los aceites esenciales actúan como un sistema inmune en las plantas, sin estos metabolitos las plantas no podrían sobrevivir (Santiwitchaya 2004).

Los aceites esenciales extraídos de plantas han mostrado efectividad contra algunos insectos; como el aceite esencial de *Eucalyptus globulus*; que mostro efectividad contra pupas de *Musca domestica* (Abdel y Morsy, 2005); también, mostro actividad ovicida y adulticida contra piojos de la cabeza *Pediculus humanus capitis* (Yang et al. 2004) y contra larvas de *Aedes aegypti* (Lucia et al. 2007). Además, aceites esenciales extraídos de: *Zanthoxylum piperitum*, *Anethum graveolens* y *Kaempferia galanga*, mostraron propiedad repelente contra adultos de *A. aegypti* (Choochote et al. 2007). Los compuestos el eugenol, terpineol y cinnamic alcohol de algunos aceites esenciales mostraron neurotoxicidad en la cucaracha *Periplaneta americana* (Enan 2001).Los aceites esenciales actúan de forma rápida sobre algunas especies de insectos plaga, esto indica que presentan acción neurotóxica; existe evidencia de que interfieren con el neuromodulador octopamina del sistema olfativo de los insectos (Kostyukovsky et al. 2002; Bischof y Enán 2004). Abramson et al. (2007), demostraron que el olor de la canela retardó el desarrollo de *Rhodnius prolixus*; reportaron que las ninfas del quito estadio no lograron pasar al estadio adulto; mientras que el olor de la ruda y del citral no mostraron tal efecto. Los aceites esenciales dada su volatilidad y simplicidad de sus moléculas, tienen poca persistencia en el ambiente y en su mayoría no son tóxicos para mamíferos, aves y peces (Stroh et al. 1998), lo cual los hace buenos candidatos para catalogarlos como insecticidas amigables con el ambiente (Koul et al. 2008).

A continuación se presentan algunas características de las plantas utilizadas para la extracción de aceites esenciales en la presente investigación:

*Cymbopogon citratus.* Conocida comúnmente como limonaria o en ingles lemongrass, pertenece a la familia Poaceae. La composición química del aceite esencial de *C. citratus* contiene como componentes mayoritarios los siguientes compuestos: Geranial (48,1%), Neral (34,6%) y Myrcene (11,0%) (Bassolé et al. 2012). Estudios recientes confirman que el aceite esencial de *C. citratus* exhibe una alta repelencia contra *Aedes aegypti* y *Anopheles dirus* (Phasomkusolsil and Soonwera 2011a), alta actividad antimicrobial (Bassolé et al. 2012), capacidad para reducir el parasito *Tripanosoma cruzi* en ratones (Rojas el al. 2012) y alta capacidad para reducir el hongo *Candida albicans* en cultivos *in vitro* (Ahmad y Ahmad, 2012; Khan y Ahmad 2012).

*Cymbopogon nardus.* Conocida comúnmente como citronela o en inglés citronella grass, pertenece a la familia Poaceae. La composición química del aceite esencial de *C. nardus* contiene como componentes mayoritarios los siguientes compuestos: Beta-Pirene (19,28%), Geraniol (15,63%), Limonene (14,60%) y Citronelol (10,28%) (Santiwitchaya, 2004). Estudios recientes confirman que el aceite esencial de *C. nardus* muestraalta eficacia insecticida contra *Aedes aegypti* y *Anopheles dirus* (Phasomkusolsil y Soonwera, 2011b).

*Eucalyptus globulus.* Pertenece a la familia Myrtaceae, esta especie es reconocida por su fácil manejo y extracción de aceite. La composición química del aceite esencial de *E. globulus* contiene los siguientes compuestos: 1,8-cineole 83,89%, (+) Limonene 8,16%, alfa-Pinene 4,15% y o-Cymene 2,93% (Maciel et al. 2010). Este aceite presenta actividad antibacteriana, antiséptica y antifungicida (Batish et al. 2008).

*Eugenia caryophyllata***.** En varios articulo científicos para referirse a esta especie se utiliza el nombre científico *Syzygium aromaticum* L. Conocida comúnmente como clavo o en ingles cloves, pertenece a la familia Myrtaceae. La composición química del aceite esencial de *Eugenia caryophyllata* contiene 16 componentes entre estos, los de mayor porcentaje son los siguientes: Eugenol (71,56%), Eugenil acetate (8,99%), y Caryophellene oxide (1,67%), la presencia de los demás compuestos se encuentran por debajo de 1% (Nassar et al. 2007). En odontología tradicionalmente se usa la esencia de clavo como antiséptico y analgésico; puesto que esta esencia presenta actividad contra las bacterias orales asociadas con la caries y enfermedades periodontales (Cai y Wu 1996, Oliveira et al. 2007); además, es efectivo contra otras bacterias y virus (Burt y Reinders 2003, Kim et al. 2001).

Generalmente las poblaciones de mosquitos se controlan con insecticidas químicos, los cuales han ocasionado daños al ambiente, intoxicación a personas expuestas y resistencia en los insectos. Actualmente, se están ensayando aceites esenciales extraídos de plantas los cuales han mostrado efectividad como alternativa para el control de mosquitos (Batish et al. 2008, Choochote et al., 2007, Enan 2001).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la toxicidad sobre adultos de mosquitos *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus* de cuatro aceites esenciales extraídos de las plantas: *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Eucaliptus globulus* y *Eugenia caryophillata*; con el propósito de buscar alternativas que mitiguen el efecto adverso sobre el ambiente causado por el uso continuado de insecticidas químicos para el control de mosquitos. Los resultados de esta investigación muestran que los aceites esenciales de *C. citratus* y *C. nardus* son efectivos para causar altas mortalidad en ambas especie de mosquitos; mientras que el aceite esencias de *E. caryophillata* no mostro efecto insecticida en ninguna de las dos especies de mosquitos en estudio. El aceite esencial de *E. globulus* solo mostro moderada mortalidad en *An. albimanus*. A pesar de que los aceites esenciales muestran ser promisorios para el control de vectores; su efecto insecticida es limitado en el tiempo dado por su volatilidad rápida en el ambiente. La investigación con aceites esenciales debe orientarse a buscar la forma de mantener por largo tiempo la efectividad insecticida.

**Materiales y Métodos**

Los bioensayos se realizaron con hembras adultas de *Anopheles albimanus* de una colonia de referencia procedentes de Barranquilla y Cartagena y mantenidas en el Laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Salud desde 1976 y con hembras adultas de *Aedes aegypti* cepa Rockefeller de la colonia de referencia del laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Salud. Las colonias de la referencia están determinadas hasta especie. Las larvas de las dos especies de mosquitos se criaron en bandejas plásticas (ancho 22 x 22 cm y alto 10 cm) y se alimentaron con rodentina pulverizada. Los adultos se mantendrán dentro de jaulas Gerber y para la alimentación de las hembras con sangre; se les colocó dentro de la jaula Gerber cada tercer día por una hora un curí anestesiado con Ketamina base 100mg/mL 70mg/Kgr de peso del animal, y luego se les proporcionara glucosa al 30% en motas de algodón. Para la oviposición se les proporcionara una vasija de plástico con agua destilada.

Para el manejo y cuidado de los curíes(*Cavia porcellus*) se tuvieron en cuenta las recomendaciones de la ley 84, de congreso de Colombia y la Resolución 8430de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia; mantenidos en el Bioterio del Instituto Nacional de Salud para el cuidado de animales destinados a la investigación y cuyas condiciones ambientales están controladas con temperatura: 20 o C ± 2, Humedad Relativa: 60% ± 5 y además esta aireado y en condiciones de baja cantidad de ruido y se mantienen individualmente en jaulas plásticas (dimensiones 70x50x33 cm), con cama de viruta seca de madera y se alimentan diariamente con vegetales frescos y agua *ad libitum*.

El material vegetal fue adquirido en plazas de mercado de la ciudad de Bogotá; aproximadamente 5 kilos en peso fresco por cada planta aromática. Los aceites esenciales fueron extraídos de hojas y ramas de: *Cymbopogon citratus Cymbopogon nardus*, *Eucaliptus globulus* y *Eugenia caryophyllata.* El método utilizado para obtener los aceites esenciales fue por destilación con arrastre de vapor expresión en frio; la cual fue llevada a cabo en la Planta Piloto de Extracción de Aceites Esenciales de la empresa Industrias Químicas FIQ Ltda.

En el Laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Salud se evaluaron los cuatro aceites esenciales sobre adultos de *An. albimanus y Ae. Aegypti*. Para evitar la volatilidad de los aceites esenciales; las concentraciones se prepararon haciendo disoluciones en aceite mineral USP cosmético inerte. Para cada aceite esencial se prepararon las siguientes concentraciones volumen/volumen: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 y 2,5 % v/v; por cada concentración se impregnaron cinco rectángulos (13 x 11 cm) de papel bond, se rotularon y luego se introdujo cada papel impregnado dentro de un tubo de exposición OMS Modelo Malasia. Antes de la exposición de las dos especies de mosquitos; se colocaran 20 hembras alimentadas con sangre en cada tubo de reposo OMS Modelo Malasia por una hora y se observó que todas las 20 hembras se mantuvieran vivas y vigorosas; si alguna hembra se moría o estaba maltratada se cambiaba por otra. En cada tubo de exposición OMS modelo Malasia, se colocó un papel impregnado con cada concentración y luego se superpuso en cada tubo de exposición el tubo de reposo con las 20 hembras, las cuales se liberaron dentro del tubo de exposición para hacer las observaciones.

La unidad experimental fue de 20 hembras adultas por réplica por tratamiento, con cinco replicas por tratamiento y un control con 20 hembras solo con aceite mineral. La temperatura del laboratorio en donde se realizaron los bioensayos fue de 27°C ± 2°C y la humedad relativa fue de 80% ± 10%. Se realizaron conteos de insectos muertos a los 30 y 60 minutos de exposición.

Se utilizó el programa BioStat 2009 Professional 5.8.4, Análisis Probit, para la estimación del ji*2*; la determinación de la concentración letal 50 (CL50), la concentración letal 90 (CL90) y las rectas de ajuste concentración de aceite vs mortalidad se estimaron con el método de mínimos cuadrados (Hubert 1992).

**Resultados**

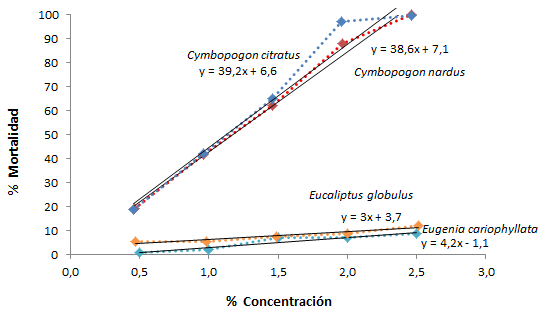
En la Tabla 1, se observa que las hembras de *A. aegypti* fueron más susceptibles a los aceites esenciales de las plantas *C. citratus* y *C. nardus* en un tiempo de exposición de 60 minutos; mientras que los aceites esenciales de *Eucaliptus globulus* y *Eugenia caryophyllata* mostraron mortalidades muy bajas en esta especie de mosquito con las concentraciones ensayadas; comparadas con las mortalidades ocasionadas por los otros dos aceites. La Tabla 1, muestra también que las concentraciones letales 50 y 90 estimadas para los aceites esenciales de *C. citratus* y *C. nardus* son efectivos a bajas concentraciones; mientras que los valores estimados de la CL50 y CL90 para *Eucaliptus globulus* y *Eugenia caryophyllata* estuvieron por encima de las concentraciones ensayadas para esta especie de mosquito. Los valores de ji-cuadrado calculado estuvieron por debajo del valor del ji-cuadrado tabulado con tres grados de libertad y al nivel de significancia del 95% (*X2*t =7,82); esto indica que, las mortalidades observadas en las hembras de *Ae. aegypti* por la acción de las concentraciones ensayadas de los cuatro aceites esenciales no se alejan significativamente de los valores de mortalidad esperados para esas mismas concentraciones.

**Tabla 1.** Concentraciones, mortalidades y concentraciones letales obtenidas con cuatro aceites esenciales en hembras adultas de *Aedes aegypti*. N=100, tiempo de exposición 60 minutos.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aceite Esencial** | **Concentración**  **(% v/v)** | **% Mortalidad** | **CL50** | **CL90** | ***X2c*** |
| *Cymbopogon citratus* | 0,5 | 24 | 1,07% | 2,01% | 6,63 |
| 1,0 | 45 |
| 1,5 | 66 |
| 2,0 | 95 |
| 2,5 | 97 |
| Control | 0 |
| *Cymbopogon nardus* | 0,5 | 25 | 1,07% | 1,96% | 6,18 |
| 1,0 | 46 |
| 1,5 | 65 |
| 2,0 | 89 |
| 2,5 | 100 |
| Control | 0 |
| *Eucaliptus globulus* | 0,5 | 6 | 8,53% | 14,96% | 0,58 |
| 1,0 | 6 |
| 1,5 | 8 |
| 2,0 | 9 |
| 2,5 | 12 |
| Control | 0 |
| *Eugenia caryophyllata* | 0,5 | 1 | 5,23% | 8,03% | 1,03 |
| 1,0 | 2 |
| 1,5 | 7 |
| 2,0 | 7 |
| 2,5 | 9 |
| Control | 0 |

**Nota**: CL50 = concentración letal 50; CL90 = concentración letal 90;*X2c* = ji cuadrado calculado,α=0,05, gl=3; *X2*t =7,82

En la Figura 1, se muestran las líneas de regresión para los aceites esenciales probados, se observa altos valores de las pendientes para los aceites de *C. citratus* y *C. nardus*; mientras que las pendientes para los aceites de *Eucaliptus globulus* y *Eugenia caryophyllata* mostraron valores bajos, sin embargo muestran una tendencia al aumento de la mortalidad con concentraciones de aceite esencial mucho más altas que las ensayadas.



**Figura 1.** Líneas de regresión por mínimos cuadrados del porcentaje de mortalidad de hembras adultas de *Aedes aegypti* versus la concentración de cuatro aceites esenciales.

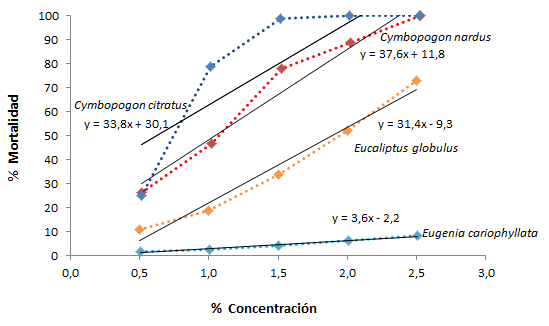
En la Tabla 2, se observa que las hembras de *An. albimanus* fueron más susceptibles a los aceites esenciales de las plantas *C. citratus* y *C. nardus* en un tiempo de exposición de 60 minutos; mientras que el aceite esencial de *Eucaliptus globulus* mostro mortalidades entre 11% y 73% con las concentraciones ensayadas y *Eugenia caryophyllata* mostró mortalidades muy bajas en esta especie de mosquito en comparación con los otros tres aceites.

En la Tabla 2, se observa también que las concentraciones letales 50 y 90 estimadas para los aceites esenciales de *C. citratus*, *C. nardus* y *Eucaliptus globulus* son efectivos contra *An. albimanus* a concentraciones bajas; mientras que los valores estimados de la CL50 y CL90 para *Eugenia caryophyllata* estuvieron por encima de las concentraciones ensayadas para esta especie de mosquito. Los valores de ji-cuadrado calculado estuvieron por debajo del valor del ji-cuadrado tabulado con tres grados de libertad y al nivel de significancia del 95% (*X2*t=7,82); esto indica que, las mortalidades observadas en las hembras de *An. albimanus* por la acción de las concentraciones ensayadas de los cuatro aceites esenciales no se alejan significativamente de los valores de mortalidad esperados para esas mismas concentraciones.

**Tabla 2.** Concentraciones, mortalidades y concentraciones letales obtenidas con cuatro aceites esenciales en hembras adultas de *Anopheles albimanus*. N=100, tiempo de exposición 60 minutos.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Aceite esencial** | **Concentración (% v/v)** | **(%) Mortalidad** | **CL50** | **CL90** | ***X2c\**** |
| *Cymbopogon citratus* | 0,5 | 26 | 0,70% | 1,30% | 0,455 |
| 1,0 | 79 |
| 1,5 | 99 |
| 2,0 | 100 |
| 2,5 | 100 |
| Control | 0 |
| *Cymbopogon nardus* | 0,5 | 27 | 1,00% | 1,86% | 4,91 |
| 1,0 | 47 |
| 1,5 | 78 |
| 2,0 | 89 |
| 2,5 | 100 |
| Control | 0 |
| *Eucaliptus globulus* | 0,5 | 11 | 1,90% | 3,30% | 6,45 |
| 1,0 | 19 |
| 1,5 | 34 |
| 2,0 | 52 |
| 2,5 | 73 |
| Control | 0 |
| *Eugenia caryophyllata* | 0,5 | 0 | 4,70% | 6,70% | 0,22 |
| 1,0 | 1 |
| 1,5 | 3 |
| 2,0 | 5 |
| 2,5 | 7 |
| Control | 0 |

**Nota**: CL50 = concentración letal 50; CL90 = concentración letal 90;*X2c* = ji cuadrado calculado,α=0,05, gl=3; *X2*t =7,82.



**Figura 2.** Líneas de regresión por mínimos cuadrados del porcentaje de mortalidad de hembras adultas de *Anopheles albimanus* versus la concentración de cuatro aceites esenciales.

La Figura 2, muestra altos valores de las pendientes para los aceites de *C. citratus*, *C. nardus* y *Eucaliptus globulus*; mientras que la pendiente para el aceite de *Eugenia caryophyllata* mostró un valor bajo; sin embargo, se observa una tendencia al aumento de la mortalidad con concentraciones más altas que las ensayadas.

**Discusión y Conclusiones**

La acción insecticida de los aceites esenciales de las plantas se debe a que en su composición se encuentran derivados de los monoterpenos como los siguientes: carvacrol, d-limonero, alfa-terpineol, 1,8-cineol, 4-terpineol, beta-myrceno y timol (Karr y Cotas 1998, Panella et al. 2005).

En este trabajo se encontró alta acción insecticida de los aceites esenciales de las plantas *Cymbopogon citratus* y *Cymbopogon nardus* sobre adultos de *Aedes aegypty* y *Anopheles albimanus*, estos aceites esenciales según Bassolé et al. (2012) y Santiwitchaya (2004) contienen myrceno (11%) y limonero (14,6%) respectivamente; posiblemente estos compuestos generaron las altas mortalidades en adultos *Ae. aegypti* y *An. albimanus* entre 25 y 100% observadas en este estudio.

En el presente estudio se encontró que, para causar una mortalidad del 50% en adultos de *Ae. aegypty* la CL50 de los aceites esenciales de *C. citratus* y *C. nardus* fue del 1,07% para ambos aceites; comparando esto resultados con lo encontrado por Phasomkusolsil et al. (2011b); quienes encontraron para adultos de *Ae. aegypty* una CL50 de aceite esencial de *C. citratus* y *C. nardus* del 0,1 y 0,26% respectivamente; probablemente esta diferencia se debe a que ellos utilizaron aceite de soya para hacer las diluciones, mientras que en este estudio se utilizó aceite mineral tipo cosmético para hacer las diluciones o porque la colonia con la que trabajaron es más susceptible que la utilizada en este trabajo.

En cuanto a *An albimanus* se encontró en el presente trabajo una CL50 del 0,7% de aceite esencial de *C. citratus* y una CL50 del 1% de aceite esencial de *C. nardus*; comparando estos resultado con lo reportado por Phasomkusolsil et al. (2011b) para *Anopheles dirus* en donde encontraron una CL50 del 0,1% de aceite esencial de *C. citratus* y *C. nardus*;esto sugiere que las especies del genero *Anopheles* son susceptibles a los aceites esenciales de esta dos plantas.

El aceite esencial de *Eucaliptus globulus* en el presente trabajo mostro ser más efectivo contra adultos de *An. albimanus* en esta especie se observó mortalidades entre el 11% y el 73% (Tabla 3) con las concentraciones ensayadas; mientras que los adultos de *Aedes aegypty* no mostraron mortalidades altas (Tabla 1). En cuanto al aceite esencial de *Eugenia caryophillata* no mostro efectividad en la mortalidad de las dos especies de mosquitos.

En conclusión los aceites esenciales de *C. citratus* y *C. nardus* mostraron ser más efectivos contra adultos de *Ae. aegypti* y *An. albimanus*, puesto que a bajas concentraciones se consigue altas mortalidades, esto los hace buenos candidatos para el control de mosquitos por lo económico que puede resultar el desarrollo de programas de control; comparados con los aceites esenciales de *Eucaliptus globulus* y *Eugenia caryophyllata* en los cuales para lograr altas mortalidades, se necesitarían concentraciones más altas para lograr altas mortalidades en estos mosquitos; lo cual repercutiría directamente en el costo más alto para diseñar con estos programas de control.

**Agradecimientos**

A la Universidad Santo Tomas, a la Universidad de la Salle y a la Empresa Industrias Químicas FIQ Ltda., por la financiación de esta investigación.

Al Laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Salud por el aporte de más de 2000 mosquitos de las dos especies estudiadas y por permitirnos realizar los bioensayos en sus instalaciones.

A la Bióloga Leydy Alexandra Caimán Peñarete por su valiosa colaboración en el cuidado y conteo de mosquitos para los bioensayos.

A los auxiliares del Laboratorio de Entomología del INS John Jairo Muñoz Galindo y Juan de Dios Fuentes Neusa; por el cuidado y mantenimiento de las colonias de laboratorio.

**Bibliografía**

Abdel Halim AS, Morsy TA. 2005. The insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* oil on the development of *Musca domestica* third stage larvae*. Journal of the Egyptian Society of Parasitology* 35 (2), 631–636.

Abramson CI, Aldana E, Sulbaran E. 2007. Exposure to Citral, Cinnamon and Ruda Disrupts the Life Cycle of a Vector of Chagas Disease. *American Journal of Environmental Sciences* 3 (1): 7-8.

Ahmad M, Ahmad I. 2012. Biofilm inhibition by *Cymbopogon citratus* and *Syzygium aromaticum* essential oils in the strains of *Candida albicans*. *Journal of Ethnopharmacology* 140: 416– 423.

Arnason JT, Philogene BJ, Morand P. 1989. *Insecticides of plants origin*. Americal Chemical Society, Washington, DC. USA. 213p.

[Bassolé IH](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Bassol%C3%A9%20IH%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450), [Lamien-Meda A](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Lamien-Meda%20A%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450), [Bayala B](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Bayala%20B%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450), [Obame LC](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Obame%20LC%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450), [Ilboudo AJ](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Ilboudo%20AJ%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450), [Franz C](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Franz%20C%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450), [Novak J](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Novak%20J%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450), [Nebié RC](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Nebi%C3%A9%20RC%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450), [Dicko MH](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Dicko%20MH%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=21665450). 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon giganteus* essential oils alone and in combination. *Phytomedicine* 18 1070– 1074.

Batish DR, Singh HP, Kohli RK, Kaur S. 2008. *Eucalyptus* essential oil as a natural pesticide. *Forest Ecology and Management* 256: 2166–2174.

Bischof LJ, Enan EE. 2004. Cloning, expression and functional analysis of an octopamine receptor from *Periplaneta americana*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 34: 511–521.

Burt SA, Reinders RD. 2003. Antibacterial activity of selected plant essential oil against *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in Applied Microbiology* 36: 162-167.

Cai L, Wu CD. 1996. Compounds from *Syzygium aromaticum* possessing growth inhibitory activity against oral pathogens. *Journal of Natural Products* 59: 987-990.

Cárdenas-Castro E, Lugo-Vargas L, Rozo-Bautista A. 2010. Efecto toxico del extracto acuoso de *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) sobre larvas de *Anopheles albimanus* Wiedemann, 1820 y *Culex quinquefasciatus* Say,1823 (Diptera: Culicidae), en condiciones experimentales. *Entomotrópica* 25(1): 11-18.

Choochote W, Chaithong U, Kamsuk K, Jitpakdi A, Tippawangkosol P, Tuetun B, Champakaew D, Pitasawat B. 2007. Repellent activity of selected essential oils against *Aedes aegypti*. *Fitoterapia* 78: 359–364.

De Feo V, Senatore F. 1993. Medicinal plants and phytotherapy in the phytotherapy in the Amalfitan Coast, Salerno Province, Compania, Southern Italy. *Journal of Etnopharmacology* 39: 39-51.

[De Mendonça FA](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=de%20Mendon%C3%A7a%20FA%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=16253435), [da Silva KF](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=da%20Silva%20KF%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=16253435), [dos Santos KK](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=dos%20Santos%20KK%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=16253435), [Ribeiro Júnior KA](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Ribeiro%20J%C3%BAnior%20KA%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=16253435), [Sant'Ana AE](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Sant'Ana%20AE%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=16253435). 2005. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. *Fitoterapia* 76(7-8):629-636.

Enan E. 2001. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology & Pharmacology* 130: 325-337.

Gleiser R, Bonino M, Zygadlo J. 2007. Bioactividad de aceites esenciales de *Minthostachys mollis* contra mosquitos. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas.* 6(6): 350-351.

Hubert JJ. 1992. *Bioassay*. Third Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. 197 pp.

Isman MB. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection* 19: 603–608.

Karr LL, Cotas JR. 1998. Insecticidal properties of d-limonelene. *Journal of Pest Science*13: 287-90.

[Khan MS](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Khan%20MS%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22326355), [Ahmad I](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed?term=Ahmad%20I%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=22326355). 2012. Biofilm inhibition by *Cymbopogon citratus* and *Syzygium aromaticum* essential oils in the strains of *Candida albicans*. *Journal of Ethnopharmacology* 140(2): 416-423.

Kim HJ, Lee JS, Woo ER, Kim MK, Yang BS, Yu YG, Park H, Lee YS. 2001. Isolation of virus-cell fusion inhibitory components from *Eugenia caryophyllata*. *Planta Medica* 67: 277-279.

Kostyukovsky M, Rafaeli A, Gileadi C, Demchenko N, Shaay, E. 2002. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. *Pest Management Science* 58: 1101–1106.

Koul O, Walia S, Dhaliwal GS. 2008. Essential Oils as Green Pesticides: Potential and Constraints. *Biopesticides International* 4(1): 63–84.

Lucia A, Audino PG, Seccacini E, Licastro S, Zerba E, Masuh H. 2007. Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae*. Journal of American Mosquito Control Association* 23: 299–303.

Lugo L, Cárdenas E, Rozo A. 2009. Effect of *Ruta graveolens* extract on *Anopheles albimanus* and *Culex quinquefasciatus* larval mortality under experimental conditions. *Journal of American Mosquito Control Association* 25(4): 491.

Maciel MV, Morais SM, Bevilaqua CML, Silva RA, Barros RS, Sousa RN, Sousa LC, Brito ES, Souza-Neto MA. 2010. Chemical composition of *Eucalyptus* spp. essential oils and their insecticidal effects on *Lutzomyia longipalpis*. *Veterinary Parasitology* 167: 1–7.

Maharaj R, Maharaj V, newmarch M, Crouch N, Bhagwandin N, Folb P. 2010. Evaluation of selected South African ethnomedicinal plants as mosquito repellents against the *Anopheles arabiensis* mosquito in a rodent model. *Malaria Journal* 9:301.

Matasyoh J, Wathuta E, Kariuki T, Chepkorir R. 2011. Chemical composition and larvicidal activity of *Piper capense* essential oil against the malaria vector *Anopheles gambie. Journal of Asia Pacific Entomology* 14 26 – 28.

Mendoza NM, Nicholls RS, Olano VA, Cortés LJ, Raad J. 2000. *Manejo Integral de Malaria*. Primera edición. Instituto Nacional de Salud. Bogotá D.C.

Nassar MI, Gaara AH, El-Ghorab AH, Farrag ARH, Shen H, Huq E, Mabry TJ. 2007. Chemical Constituents of Clove (*Syzygium aromaticum*, Fam. Myrtaceae) and their Antioxidant Activity. *Revista Latinoamericana de Química* 35(3): 47-57.

Oliveira FQ, Gobira B, Guimarães C, Batista J, Barreto M, Souza M. 2007. Espécies vegetais indicadas na odontologia. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 17: 466-476.

OMS. 2011. *Alerta epidemiologica: dengue en las Américas* 28 octubre de 2011.

Panella NA, Dolan MC, Karchesy JJ, Xiong Y, Peralta-Cruz J, Khasawneh M, Montenieri JA, Maupin GO. 2005. Use of novel compounds for pest control: insecticidal and acaricidal activity of essential oils components from heartwood of Alaska yellow cedar. *Journal of Medical Entomology* 42(3):352-358.

Phasomkusolsil S, Soonwera M. 2011a. Comparative mosquito repellency of essential oils against *Aedes aegypti* (Linn.), *Anopheles dirus* (Peyton and Harrison) and *Culex quinquefasciatus* (Say). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine.* S113-S118.

Phasomkusolsil S, Soonwera M. 2011b. Efficacy of herbal essential oils as insecticide against *Aedes aegypti* (Linn.), *Culex quinquefasciatus* (Say) and *Anopheles dirus* (Peyton and Harrison). *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* 42(5): 1083-1092*.*

Quiñones ML, Linton Y, Harbach R, Ruiz J, Calle D, Estrada D et al. 2004. *Incriminación de vectores de malaria en el sur de Colombia: determinación de especies y papel vectorial*. Bogotá: Vélez & Quiñones Editores, Cátedra Litográfica. p.31-47.

Rojas J, Ronceros S, Palacios O, Sevilla C. 2012. Efecto anti-*Trypanosoma cruzi* del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (hierba luisa) en ratones Balb/c*. Anales de la Facultad de Medicina* 73(1):7-12.

Rozendaal JA. 1997. *Vector control: methods for use by individuals and communities*. World Health Organization. Printed in England. 412 pp.

Santiwitchaya O. 2004. *Efficacy of volatile oils derived from* Cymbopogon citratus*,* Cymbopogon nardus *and* Litsea cubeba *against mosquitoes*. Thesis Master of Science, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University, Thailand. 107 pp.

Silva GA, Lagunes A, Rodríguez J. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria* 30(3): 153-160.

Stroh J, Wan MT, Isman MB, Moul DJ. 1998. Evaluation of the acute toxicity to juvenile Pacific coho salmon and rainbow trout of some plant essential oils, a formulated product, and the carrier. *Bulletin of Environmental Contamination and* [*Toxicology*](http://toxicology.researchtoday.net/) 60, 923–930.

Tang L, Lin A, Koh R, Chye S, Voon K. 2012. Screening of anti-dengue activity in methanolic extracts of medicinal plants. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 12:3.

Tripathi AK, Upadhyay S, Bhuiyan M, Bhattacharya P R. 2009. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management, *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy* 1(5): 052-063

Wheeler DA, Isman MB. 2001. Antifeedant and toxic activity of *Trichilia americana* extract against the larvae of *Spodoptera litura*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 98: 9-16.

Yang YC, Choi HC, Choi WS, Clark JM, Ahn YJ. 2004. Ovicidal and adulticidal activity of *Eucalyptus globulus* leaf oil terpenoids against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). *Journal of Agricultural and Food Chemitry* 52, 2507-2511.

Zhu L, Tian Y. 2011. Chemical composition and larvicidal effects of essential oil of *Blumea martiniana* agains *Anopheles anthropophagus*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 371-374.

Zimmerman R. 199). Ecology of malaria vectors in the Americas and future direction. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 87(Suppl. III): 371-383.