

## Aceite de *Cymbopogon nardus* y *Pelargonium citrosum*, como repelentes de *Culex quinquefasciatus*\*

### *Cymbopogon nardus* oil and *Pelargonium citrosum* as repellents for *Culex quinquefasciatus*

Agustín Aragón García<sup>1§</sup>, José Luis De Vega Lotzin<sup>2</sup>, Betzabeth Cecilia Pérez-Torres<sup>1</sup>, Miguel Ángel Damián Huato<sup>1</sup>, Omar Romero Arenas<sup>1</sup> y Jesús Francisco López Olguín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <sup>2</sup>Escuela de Biología. BUAP. 14 sur 6301. C. U. 72570 Puebla, Pue. Tel: (222) 2295500. Ext. 7354. (joseluisdevega@hotmail.com; betzycecyt@hotmail.com; damianhuato@hotmail.com; biol.ora@hotmail.com; olguin33@hotmail.com)

<sup>§</sup>Autor para correspondencia: agustin.aragon@correo.buap.mx.

## Resumen

Uno de los grupos de insectos que causan daños y molestias en los seres vivos, son los mosquitos, además son vectores de enfermedades. Generalmente, el método más utilizado para evitar los problemas ocasionados por estos insectos es la aplicación de productos químicos sintéticos; sin embargo, su mal manejo y abuso, causan resistencia a estos productos y que cada vez existan más organismos. Con base a lo anterior en el presente trabajo se evaluó la efectividad repelente del aceite esencial de citronela (*Cymbopogon nardus* L.), inflamable e incombustible, la planta *Pelargonium citrosum* (Van) y un gel comercial a base de extractos vegetales sobre adultos del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Say). En Ciudad Universitaria de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y durante los meses de junio a septiembre de 2010, se realizaron cinco ensayos con diferente número de tratamiento. El aceite comercial de citronela (*C. nardus*), tanto inflamable e incombustible, funcionó eficazmente como repelente contra *C. quinquefasciatus*, resultando mejor la combinación de ambos aceites. El gel elaborado a base de laurel, cedrón y lavanda, es un repelente natural que solo permite que se posen entre 14 y 23 mosquitos y la planta *P. citrosum* actúa como repelente de los mosquitos a distancias de 9 m<sup>2</sup>.

## Abstract

Mosquitoes are one of the insect groups causing damage and discomfort in living beings, they are also disease vectors. The generalized method to avoid insect-related problems is the application of synthetic chemicals, but poor management and abuse cause resistance to these products and there are increasingly more organisms. Based on the above, the present study evaluated the repellent effectiveness of flammable and nonflammable citronella (*Cymbopogon nardus* L.) essential oils, the *Pelargonium citrosum* (Van) plant and a commercial plant extracts gel, on *Culex quinquefasciatus* (Say) mosquito adults. In University City from the Autonomous University of Puebla (BUAP), from June to September 2010, five trials with different number of treatments were conducted. Both flammable and nonflammable commercial citronella oils (*C. nardus*) effectively acted as repellents against *C. quinquefasciatus*, obtaining best results from the combination of both oils. The gel made from bay, lemon verbena and lavender is a natural insect repellent that only allows between 14 and 23 mosquitoes to land and *P. citrosum* plant acts as a repellent to mosquitoes at distances of 9 m<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** *Cymbopogon nardus*, *Pelargonium citrosum*, *Culex quinquefasciatus*, aceite esencial.

**Keywords:** *Cymbopogon nardus*, *Pelargonium citrosum*, *Culex quinquefasciatus*, essential oil.

## Introducción

La familia Culicidae es una de las más primitivas del Orden Diptera; se encuentra en todos los ecosistemas del mundo, excepto en aquellos que están permanentemente congelados. Viven en los trópicos húmedos y subtropicales, donde las condiciones climáticas y la diversidad de hábitats son favorables para el rápido desarrollo y supervivencia de las especies (Clements, 1992).

La familia Culicidae en México se encuentra representada por 3 subfamilias, 10 tribus, 18 géneros, 247 especies lo que representa 7.2% de la fauna mundial de mosquitos, entre los que se encuentran los géneros: *Anopheles*, *Aedes*, *Aedomygia*, *Haemagogus*, *Psorophora*, *Chagasia*, *Culex*, *Deinocerites*, *Culiseta*, *Mansonia*, *Ortophodomia*, *Wyeomyia*, *Uranotaenia*, *Toxorhynchites*, *Coquillettidia*, *Limatus*, *Sabethes* y *Trichoprosopon*, compartiendo éstos géneros con Estados Unidos de América y Centroamérica (Ibañez y Martínez 1996, Jacobs 2000).

Los adultos de algunas especies del mosquito *Culex*, pueden sobrevivir fuera del agua por varios meses, aunque preferentemente lo hacen en condiciones de humedad. La hembra ovípara de forma individual o en pequeños grupos, sobre la superficie o a lo largo de la orilla del estanque de agua y su eclosión es de 5 a 7 días dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales (Sánchez, 1994). Todas las larvas del género *Culex* se desarrollan en el agua, en la cuarta muda se produce la pupa que dura aproximada tres días, la pupa es activa y sensible a molestias. Los adultos de *Culex quinquefasciatus* vuelan distancias muy largas. Las hembras son hematófagas y requieren de una ingestión obligada de sangre antes de iniciar la oviposición sustancias suplementales (proteína y hierro) para el desarrollo de los huevos y los machos permanecen vivos por no más de una semana (Sánchez, 1994; Ribeiro y Francischetti 2003).

Los daños que producen los mosquitos son principalmente de dos tipos: por las picaduras y porque son vectores de varios patógenos que producen enfermedades. La picadura tiende a distribuirse en forma irregular en las partes expuestas del cuerpo (cara, cuello, manos, piernas y tobillos). Los mosquitos

## Introduction

The Culicidae family is one of the most primitive from the Diptera order and is found in all ecosystems worldwide, except those who are permanently frozen. They live in the humid tropics and subtropics, where climatic conditions and habitat diversity are favorable for rapid development and survival of the species (Clements, 1992).

The Culicidae family in Mexico is represented by three subfamilies, 10 tribes, 18 genera, 247 species representing 7.2% of world mosquitoes fauna, which include the genera: *Anopheles*, *Aedes*, *Aedomygia*, *Haemagogus*, *Psorophora*, *Chagasia*, *Culex*, *Deinocerites*, *Culiseta*, *Mansonia*, *Ortophodomia*, *Wyeomyia*, *Uranotaenia*, *Toxorhynchites*, *Coquillettidia*, *Limatus*, *Sabethes* and *Trichoprosopon*, sharing these genera with the United States and Central America (Ibañez and Martínez 1996; Jacobs 2000).

Adults of some *Culex* mosquito species can survive out of water for several months, but wet conditions are preferred. The female oviposits individually or in small groups, on the surface or along the pond edge and hatching is from 5-7 days depending on the species and environmental conditions (Sánchez, 1994). All *Culex* larvae develop in water, the pupa appears in the fourth molt, lasts about three days, and is active and sensitive to disturbance. *Culex quinquefasciatus* fly long distances. Females are hematophagous and require blood ingestion before starting oviposition and supplemental substances (protein and iron) for egg development and males remain alive up to one week (Sánchez, 1994; Ribeiro and Francischetti 2003).

Damage caused by mosquitoes is mainly of two types: bites and diseases, the latter as vectors of several pathogens. The bite tends to be spread irregularly on exposed body parts (face, neck, hands, legs and ankles). Mosquitoes are pathogen vectors causing human malaria, yellow fever and are fundamental in filariasis and encephalitis (Harwood and James, 1993).

son vectores de patógenos que causan malaria, fiebre amarilla y dengue humanos y son de primordial importancia en las filarías y encefalitis (Harwood y James, 1993).

Debido a la importancia de los mosquitos como vectores de enfermedades, se les ha combatido ampliamente mediante campañas dirigidas por la Comisión Nacional para la Erradicación del Paludismo (CNEP) en México, utilizando métodos químicos. Desde hace aproximadamente 50 años, los programas de control de los vectores de enfermedades humanas y animales han estado principalmente apoyados en la utilización de compuestos orgánicos sintetizados artificialmente (DDT, HCH, esteres fosfóricos, etc.) (Gene *et al.*, 1990). La utilización masiva de agroquímicos sintéticos de amplio espectro para el control de plagas y enfermedades ha ocasionado desarrollo de resistencia, aparición de nuevas plagas, eliminación de entomofauna benéfica, contaminación ambiental, daños a la salud y otros aspectos negativos derivados del mal uso y aplicación de los mismos (Caceres *et al.*, 1988).

Sin embargo, existen otros métodos de control más atractivos y menos contaminantes que los insecticidas de uso convencional, como el empleo de los insecticidas botánicos, constituyendo una alternativa posible para el manejo de plagas por su eficacia, bajo impacto ambiental y bajo costo de producción (Defagó *et al.*, 1996; Pérez-Pacheco *et al.*, 2004; Thomas *et al.*, 2004).

Los trabajos de diversos autores (Shaaya *et al.*, 1991; Regnault-Roger y Hamraqui, 1995; Pascual-Villalobos y Ballesta-Acosta, 2003) han atribuido a los aceites esenciales y extractos vegetales propiedades insecticidas, como ejemplos podemos citar la actividad larvicida del Noni (*Morinda citrifolia*), las especies *Piper auritum*, *Piper aduncum* y *Chenopodium abrosioide* de las familias *Myrtaceae*, *Pinaceae* y *Piperaceae* y el aceite de extracto de *Melia azadirach*, sobre el mosquito *Aedes aegypti* el cual es considerado el principal vector del dengue (Coria *et al.*, 2008, Leyva *et al.*, 2009, Morales *et al.*, 2010), así como, el aceite de citronela, el gel con extractos de cedrón, laurel, lavanda, entre otros. Estos productos naturales podrían ser desarrollados como nuevos agentes repelentes de insectos, particularmente para los vectores en zonas geográficas donde hay falta de alternativas disponibles.

Trongtokit *et al.* (2005), citan que el aceite esencial de *Cymbopogon nardus* resultó ser eficaz como repelente para los mosquitos *Anopheles dirus* Peyton & Harrion, *A. aegypti* (L) y *C. quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) Phasomkusolsil y Soonwera (2010), mencionan la repelencia del aceite esencial de *C. nardus*, sobre *A. aegypti*, *Anopheles minimus*

Due to the importance of mosquitoes as disease vectors, they have been widely attacked through campaigns by the National Commission for the Eradication of Malaria (CNEP) in Mexico, using chemical methods. For about 50 years, control programs for vectors of human and animal diseases have relied mostly on synthetic organic compounds (DDT, HCH, phosphoric esters, etc.) (Gene *et al.*, 1990). The widespread use of broad-spectrum synthetic agrochemicals to control pests and diseases has led to development of resistance, emergence of new pests, elimination of beneficial insect populations, environmental pollution, health damage and other negative aspects of misuse and application thereof (Caceres *et al.*, 1988).

However, there are other control methods, more attractive and less polluting than conventional insecticide use, as the use of botanical insecticides, a potential alternative for pest management, for their efficiency, low environmental impact and low production cost (Defagó *et al.*, 1996; Pérez-Pacheco *et al.*, 2004; Thomas *et al.*, 2004).

Many authors (Shaaya *et al.*, 1991; Regnault-Roger and Hamraqui, 1995; Pascual-Villalobos and Ballesta-Acosta, 2003) have attributed insecticidal properties to essential oils and plant extracts, some examples are the larvicidal activity of Noni (*Morinda citrifolia*), the *Piper auritum*, *Piper aduncum* and *Chenopodium abrosioide* species from the *Myrtaceae*, *Pinaceae* and *Piperaceae* families and *Melia azadirach* oil extract on the *Aedes aegypti* mosquito which is considered the major dengue vector (Coria *et al.*, 2008, Leyva *et al.*, 2009, Morales *et al.*, 2010), as well as citronella oil, the gel with extracts from verbena, bay, lavender, among others. These natural products could be developed as novel insect repellents, particularly for vectors in geographic areas where alternatives are unavailable.

Trongtokit *et al.* (2005) mention that *Cymbopogon nardus* essential oil was an effective repellent for *Anopheles dirus* Peyton & Harrion, *A. aegypti* (L) and *C. quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae); Phasomkusolsil and Soonwera (2010) mention the repellency of *C. nardus* essential oil on *A. aegypti*, *Anopheles minimus* (Theobald) and *C. quinquefasciatus*; showing protection in these species, with 0.8% bite rate. Magi *et al.* (2006) emphasize that *C. nardus* oil is effective as an acaricide to control swine mange *Sarcoptes scabiei* De Geer (Acari: Sarcoptidae).

(Theobald) y *C. quinquefasciatus*; ya que mostró protección en dichas especies, con una tasa de picadura de 0.8%. Magi *et al.* (2006), destacan que el aceite de *C. nardus* es eficaz como acaricida al controlar la sarna porcina *Sarcoptes scabiei* De Geer (Acari: Sarcoptidae). Orozco *et al.* (2006), confirman que *C. nardus* presenta repelencia en *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cynidae) del cultivo de maíz, sobre ninfas de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en tomates desarrollados en invernadero (Souza, 2007). Con la presencia de la planta *Pelargonium citrosum* a una distancia de 1 m<sup>2</sup> se redujo la picadura de los mosquitos *Aedes* spp., en 90%, durante ocho horas de exposición (Matsuda *et al.*, 1996). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto repelente del aceite esencial de citronela comercial a base de *C. nardus*, incombustible e inflamable, la planta *P. citrosum* y un gel comercial a base de extractos vegetales como repelente de adultos del mosquito *C. quinquefasciatus*.

## Materiales y métodos

El trabajo experimental se llevó a cabo en los jardines de Ciudad Universitaria, en la ciudad de Puebla, Puebla, México; durante los meses de junio a septiembre de 2010, época en que se encuentra una actividad importante de mosquitos. Se realizaron cinco experimentos con diferente número de tratamientos. Durante los meses que se desarrolló el experimento la temperatura osciló entre 13 y 26 °C con un promedio de 19 °C, y la precipitación promedio fue de 245 mm

El primer experimento consistió en colocar cuatro antorchas encendidas con aceite de citronela inflamable a una distancia de 10 m entre cada una formando un cuadrado, con la finalidad de crear una barrera protectora contra mosquitos en un área de 100 m<sup>2</sup>, se probaron cuatro tratamientos, donde los primeros tres consistieron en colocar tres personas hacia el centro del Cuadro a distancias de 1.5, 3 y 4.5 m de cada antorcha con un total de 12 personas, como testigo se expuso una persona a 20 m de distancia de cada antorcha, de forma que se colocaron cuatro personas como testigos (Figura 1) Para el análisis de datos cada antorcha se consideró como una repetición y se tomaron datos durante 40 min, este mismo experimento se realizó en cinco ocasiones en fechas diferentes, iniciando a las 20:00 h.

Para la evaluación del aceite esencial de citronela comercial incombustible se tomaron en cuenta cuatro tratamientos, que resultaron al colocar a dos personas a una distancia de

Orozco *et al.* (2006) confirm *C. nardus* repellency in *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cynidae) of maize, on nymphs of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomatoes (Souza, 2007). The *Pelargonium citrosum* plant decreased *Aedes* spp. mosquitoes bite in 90% at 1 m<sup>2</sup> distance on eight hours exposure (Matsuda *et al.*, 1996). This study aimed to evaluate the repellent effect of commercial citronella essential oil based on *C. nardus*, flammable and nonflammable, *P. citrosum* plant and a commercial gel based on vegetable extracts as repellent for *C. quinquefasciatus* mosquito adults.

## Materials and methods

Experimental work was carried out in the University City gardens, in Puebla City, Puebla, Mexico, from June to September 2010, a time of intense mosquito activity. Five experiments with different numbers of treatments were performed. During these months the temperature ranged from 13 to 26 °C with 19 °C average, and average rainfall of 245 mm.

The first experiment consisted of placing four citronella flammable oil lighted torches on the corners of a 10 m sided square, creating a protective barrier against mosquitoes over 100 m<sup>2</sup>, four treatments were tested, the first three consisted of three people standing 1.5, 3 and 4.5 m away from each torch towards the square center, overall 12 people, four people were placed as controls, each one standing 20 meters away from one torch (Figure 1). For data analysis each torch was considered a replicate and data were collected for 40 min, the same experiment was performed five times on different dates, starting at 20:00 h.

For the evaluation of the nonflammable commercial citronella essential oil, four treatments were considered, which involved placing two people 1.5 m apart, applying 0.4 ml oil on their arms, and a non-oiled control stood 10 m away from these people, in both treatments, data were taken at 20 and 40 min, resulting in four treatments, four replicates were performed and the experiment was carried out over five different dates.

The third experiment tested the combination of flammable and nonflammable citronella oil, following the first experimental design, except for 0.4 ml nonflammable oil

1.5 m entre ellas, a las que se le aplicó 0.4 ml de aceite en los brazos y el testigo que no se le aplicó nada, mismo que se colocó a 10 m de distancia de estas personas; en ambos tratamientos se tomaron datos a los 20 y 40 min, obteniendo así los cuatro tratamientos, se realizaron cuatro repeticiones y dicho experimento se realizó durante cinco fechas diferentes.

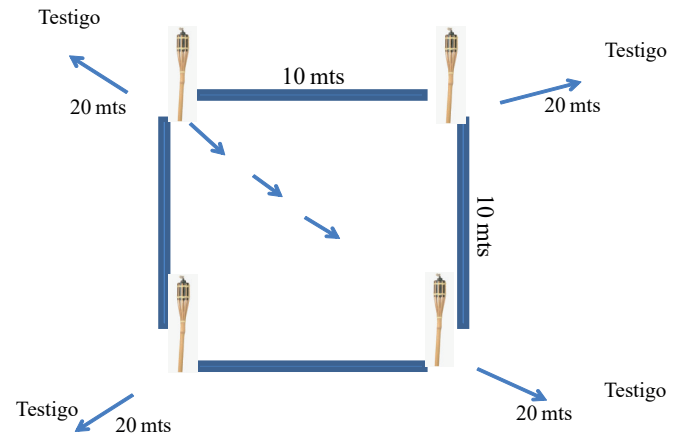
Para el tercer experimento se probó la combinación del aceite de citronela inflamable e incombustible, siguiendo el diseño del primer experimento, sólo que a las personas se les aplicó 0.4 ml de aceite incombustible en los brazos, obteniendo cuatro tratamientos, donde los primeros tres se colocaron tres personas hacia el centro del Cuadro a distancias de 1.5, 3 y 4.5 m de cada antorcha, como testigo se expuso una personas a 20 m de distancia de cada antorchas, se tomaron datos a los 20 min (Figura 1).

En el cuarto experimento, se colocaron cuatro macetas con la planta *P. citrosum* con un desarrollo de 30 cm de altura a una distancia de 5 m una de la otra formando un cuadro. Se probaron cuatro tratamientos que resultaron al colocar en cada planta a tres personas hacia el centro del Cuadro a distancias de 1, 1.5 y 2 m, el testigo se colocó a 10 m de distancia de cada maceta, en cada persona se tomaron datos durante 40 min, éste mismo experimento se realizó en cinco ocasiones en fechas diferentes.

En el quinto experimento se probaron cuatro tratamientos, que resultaron de colocar a dos personas (por cada repetición), a las cuales se aplicó gel comercial a base de extractos vegetales [cedrón, *Aloysia citriodora* Palau (Verbenaceae), lavanda *Lavandula officinalis* Chaix (Lamiaceae) y laurel *Laurus nobilis* L. (Lauraceae)] en los brazos, y se colocaron a una distancia de 1.5 m entre ellas y el testigo que no se le aplicó nada, se colocó a 10 m de distancia de estas personas; en estos dos tratamientos se tomaron datos a los 20 y 40 min, obteniendo así los cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones, por cinco ocasiones, en fechas diferentes.

En todos los experimentos, las personas fueron las mismas con edades entre 20 y 22 años, de ambos sexos, con un peso promedio de 52 k, se cubrieron el cuerpo y la cara, exponiendo únicamente los brazos para poder contar los mosquitos que se posarán durante el tiempo que duro cada experimento. Los datos obtenidos en cada uno de los experimentos se analizaron mediante un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental de bloques completos al azar y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los cálculos y las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el software Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics, 2007) a un nivel de confianza del 95%.

applied on people's arms, resulting in four treatments, the first three consisted of three people standing 1.5, 3 and 4.5 m away from each torch towards the square center, as control, one person was placed 20 meters away from each torch, data were recorded at 20 min (Figure 1).



**Figura 1. Diagrama del experimento utilizando el aceite inflamable.**

**Figure 1. Diagram of the experiment using the flammable oil.**

In the fourth experiment, four planters were placed with 30 cm high *P. citrosum* plants, 5 m away from each other forming a square. Four treatments were tested, consisting of three people standing 1, 1.5 and 2 m away from each planter towards the square center, controls were placed 10 meters away from each planter, data were recorded during 40 min, this experiment was repeated over 5 different dates.

In the fifth experiment, four treatments were tested, with two people (for each repetition), to which a commercial gel based on plant extracts was applied on the arms [lemon verbena, *Aloysia citriodora* Palau (Verbenaceae), lavender *Lavandula officinalis* Chaix (Lamiaceae) y bay *Laurus nobilis* L. (Lauraceae)], they stood 1.5 m apart, the control (no gel), stood 10 m away from them, in these two treatments data were recorded at 20 and 40 min, obtaining four treatments, with four replications, five times, on different dates.

All experiments involved the same people, aged between 20 and 22 years, of both sexes, 52 kg average weight, body and face covered, only arms exposed, and mosquitoes landing over the time span of each experiment were counted. Data from the experiments were subjected to analysis of variance based on a randomized complete block design and means comparison was performed using Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ).

Para la determinación de los mosquitos, se realizaron tres colectas con una separación de 15 días, colectando 50 organismos en cada una de ellas, el material colectado fue sacrificado en una cámara letal que consistió en una caja de petri que contenía algodón humedecido con cloroformo y sobre éste papel encerado, cuya finalidad fue proteger las escamas de los mosquitos. Los organismos colectados fueron fijados en alfileres entomológicos, etiquetados y depositados en la colección entomológica del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la BUAP. La identificación del material se llevó a cabo por el Dr. Sergio Ibáñez Bernal del Instituto de Ecología A. C. de Xalapa, Veracruz.

## Resultados y discusión

En las muestras procesadas se determinó a *Culex quinquefasciatus* como especie única, estos datos difieren de los reportados por Sánchez (2003), quien cita que en la ciudad de Puebla, se encuentran distribuidas cuatro géneros, sin embargo en este trabajo sólo se encontró una especie, esto probablemente se debe a que en este trabajo se colectaron los individuos entre los meses de junio a septiembre y sólo en ciudad universitaria, mientras que Sánchez (2003) muestreó durante 2001 en varios puntos de la ciudad de Puebla.

Los datos obtenidos al evaluar la citronela inflamable colocada en las antorchas se presentan en el Cuadro 1, donde observamos que el número de mosquitos que se posaron sobre los brazos de la persona del testigo en un periodo de tiempo de 40 min fue mayor que en los demás tratamientos; asimismo, no hay diferencia significativa cuando una persona se coloca a 1.5 ó 3 m de distancia de la antorcha; mientras que a una distancia de 4.5 m existe diferencia significativa ésta y las otras dos distancias probadas. Se observó que el tratamiento testigo donde la persona se colocó a 20 m de la antorcha el número de mosquitos posados fue mayor en comparación al resto de los otros tres tratamientos. De lo anterior se desprende que cuando se colocan y prenden las antorchas con aceite de citronela a una distancia de tres metros, el número de mosquitos que picarán disminuirá y contará con una mayor protección.

Estos datos concuerdan con lo registrado por Soares *et al.* (2010) quienes observaron que *C. nardus* actúa como repelente de 90% de las ninfas de la garrapata *Amblyomma cajennense* Fabricius (Acari: Ixodidae), y en este trabajo se presentó una repelencia promedio de 70% con relación al

Calculations and statistical tests were performed using the Statgraphics Centurion XVI (Statgraphics, 2007) software with 95% confidence level.

For mosquitoes analysis, three collections were made 15 days apart, collecting 50 individuals in each, the collected material was sacrificed in a lethal chamber consisting of a petri dish containing cotton soaked in chloroform and wax paper on top, to protect the mosquitoes scales. The collected specimens were mounted on insect pins, labeled and deposited in the entomological collection of the Center for Agroecology at Sciences Institute of the BUAP. Material identification was carried out by Dr. Sergio Ibáñez Bernal from the Institute of Ecology C. A. Xalapa, Veracruz.

## Results and discussion

In the processed samples only *Culex quinquefasciatus* species was found, these data differ from those reported by Sánchez (2003), who mentions four genera distributed in the Puebla city, but in our work a single species was found, possibly since our individuals were collected from June to September only from University City, while Sánchez (2003) sampled during 2001 at various points in Puebla city.

Data from the flammable citronella torches are presented in Table 1, where the number of mosquitoes that landed on the control person's arms in 40 min was higher than in other treatments, also no significant differences were found between people 1.5 or 3 m away from the torch, while at 4.5 m there was significant difference with the other two distances tested. The number of mosquitoes in the control treatment at 20 m from the torch was higher than in the other in three treatments. Therefore the number of biting mosquitoes declines at 3 m distance when citronella oil torches are placed and lighted up, thus increasing protection.

These data agree with those reported by Soares *et al.* (2010) who observed that *C. nardus* acts as repellent for 90% of the *Amblyomma cajennense* Fabricius (Acari: Ixodidae) tick nymphs, and in our work citronella flammable oil averaged 70% repellency relative to control. In the work cited above the essence was applied on ticks, whereas in this research the flammable oil was exposed to ambient conditions, this may account for the differences. Nyamador *et al.* (2010) reported *C. nardus* ovicidal action on *Callosobruchus*

testigo con el aceite inflamable de citronela. Esta diferencia puede estar asociada a que en el trabajo antes citado aplicaron la esencia sobre las garrapatas, mientras que en ésta investigación el aceite inflamable estuvo expuesto a las condiciones ambientales. Nyamador *et al.* (2010) reportan que *C. nardus* presenta acción ovicida en hembras de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) y *Callosobruchus subinnotatus* (Pic.) (Coleoptera: Bruchidae), demostrando la toxicidad del aceite de citronela sobre artrópodos.

*maculatus* (Fabricius) and *Callosobruchus subinnotatus* (Pic.) (Coleoptera: Bruchidae) females, proving citronella oil toxicity on arthropods.

Significant difference ( $p \geq 0.05$ ) among treatments of nonflammable commercial citronella essential oil was detected from the analysis of variance. Table 2 shows that the average number of mosquitoes dropped from 46 to 13 between treated and control people. No significant difference

**Cuadro 1. Número promedio de mosquitos a diferentes distancias y en diferentes fechas, con el aceite de citronela inflamable en antorchas 2010.**

**Table 1. Average number of mosquitoes at different distances and on different dates, with flammable citronella oil torches 2010.**

Tratamientos (persona) m	Núm. promedio de mosquitos posados				
	14 de junio	16 de junio	18 de junio	19 de junio	21 de junio
1.5	15.00 ± 0.9 a	13.50 ± 1.0 a	14.50 ± 0.6 a	13.25 ± 1.1 a	13.75 ± 1.0 a
3.0	18.00 ± 0.9 a	16.70 ± 0.8 a	18.75 ± 0.6 b	16.50 ± 2.3 a	15.75 ± 1.2 a b
4.5	23.20 ± 1.6 b	22.00 ± 1.0 b	25.75 ± 1.4 c	19.75 ± 3.9 a	19.00 ± 0.4 b
20	37.00 ± 0.9 c	39.50 ± 3.1 c	42.50 ± 1.5 d	38.50 ± 2.1 b	48.00 ± 2.0 c

El análisis de varianza realizado a los datos obtenidos de las personas a las cuales se les aplicó el aceite esencial de citronela comercial incombustible, registró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamientos. En el Cuadro 2, se tiene que entre las personas que recibieron el tratamiento y las que se sometieron al testigo el número de mosquitos en promedio bajó de 46 a 13, con relación al tiempo de exposición se encontró que no presentó diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ), entre el número de mosquitos que se posaron en las personas a los 20 y 40 min, por lo que el aceite de citronela comercial puede presentar un efecto de repelencia en campo hasta por 40 min. Consistentemente las personas que recibieron el tratamiento de citronela, registraron un menor número de mosquitos en las diferentes fechas muestreadas en comparación al testigo.

( $p \geq 0.05$ ) was found between the number of mosquitoes landing on people at 20 and 40 min, thus commercial citronella oil may have a field repellent effect for up to 40 min. Consistently, people receiving citronella treatment recorded fewer mosquitoes over the different sampled dates compared to the control.

Results from our research are consistent with Trongtokit *et al.* (2005), who proved that *C. nardus* essential oil has repellent action against *C. quinquefasciatus* mosquito adults. The repellent effect of *C. nardus* aqueous extract on whitefly (*Bemisia tabaci*) nymphs was reported in the field also the whitefly oviposition was affected by being sprayed with *C. nardus* (Baldin and Souza, 2007). In this

**Cuadro 2. Número promedio de mosquitos en diferentes tiempos y fechas, aplicando aceite esencial de citronela incombustible 2010.**

**Table 2. Average number of mosquitoes in different times and dates, using nonflammable citronella essential oil 2010.**

Tratamiento	Núm. de mosquitos posados				
	22 de junio	23 de junio	25 de junio	27 de junio	28 de junio
Aceite (20 min)	13.00 ± 1.5 a	13.00 ± 2.0 a	11.30 ± 0.8 a	12.00 ± 1.0 a	13.75 ± 1.0 a
Aceite (40 min)	14.60 ± 0.8 a	18.00 ± 0.5 a	15.00 ± 0.5 b	17.00 ± 0.5 a	15.75 ± 1.2 a b
Testigo (20 min)	40.00 ± 3.3 b	47.60 ± 1.7 b	43.00 ± 0.5 c	47.33 ± 4.3 b	19.00 ± 0.4 b
Testigo (40 min)	46.00 ± 2.0 c	45.30 ± 2.4 b	53.00 ± 1.1 d	48.00 ± 1.7 b	38.00 ± 2.0 c

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con Trongtokit, *et al.* (2005), quienes demostraron que el aceite esencial de *C. nardus* presenta acción repelente contra los mosquitos adultos de *C. quinquefasciatus*. En campo se reportó el efecto repelente del extracto acuoso de *C. nardus* sobre ninfas de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), además la oviposición de la mosca blanca se vio afectada al ser rociadas con *C. nardus* (Baldin and Souza, 2007). En éste trabajo se reporta la acción repelente del aceite de *C. nardus* y en los trabajo de (Magi *et al.*, 2006), lo reportan como toxico, esto puede deberse a que el aceite se aplicó directamente a los ácaros ocasionando una mortandad, que difiere del aceite esencial aplicado en los brazos de las personas para crear una repelencia de los mosquitos.

El análisis de varianza para determinar el efecto de la combinación de los aceites de citronela inflamable e incombustible, registró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamientos. Cuando las personas se encuentran a una distancia de 1.5 y 3 m de las antorchas se tiene que no existe diferencia significativa entre ellas, durante los días 12 y 14 de julio, pero a partir de los 4.5 m hay diferencia significativa debido al efectos de los tratamientos, solo en la primera fecha de evaluación. Las personas ubicadas a 20 m es donde se presentó el mayor número de individuos de *C. quinquefasciatus* para todas las evaluaciones (Cuadro 3). Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con lo observado por Phasomkusolsil y Soonwera (2010), quienes aseveran que el aceite de *C. nardus* muestra protección repelente contra *A. aegypti* y *C. quinquefasciatus* con un tiempo de protección de 130 min y 0.9% de tasa de protección y 140 min con una tasa de protección de 0.8% respectivamente.

**Cuadro 3. Número promedio de mosquitos a diferentes distancias y en diferentes fechas, con el aceite de citronela inflamable e incombustible 2010.**

**Table 3. Average number of mosquitoes at different distances and on different dates, with flammable and nonflammable citronella oil 2010.**

Tratamientos (personas) m	Núm. de mosquitos posados		
	09 de julio	12 de julio	14 de julio
1.5	8.50 ± 0.64 a	9.50 ± 1.32 a	8.25 ± 1.25 a
3.0	14.50 ± 0.86 b	10.00 ± 1.77 a	10.75 ± 0.47 a b
4.5	19.75 ± 1.54 c	12.50 ± 1.55 a	13.75 ± 629 b
20	40.50 ± 0.86 d	47.00 ± 1.29 b	46.50 ± 2.21 c

En los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, se puede notar que el aceite de citronela (*C. nardus*) funciona como repelente contra mosquitos, tanto en su combinación con hidrocarburos inflamables, como en su

work, *C. nardus* oil repellent action is reported while (Magi *et al.*, 2006), reported it as toxic, the reason may be that the oil was applied directly on mites causing death, which differs from the essential oil applied on people's arms to create repellency against mosquitoes.

Significant difference ( $p \geq 0.05$ ) was detected between the combination of flammable and nonflammable citronella oils treatments based on the analysis of variance. No significant differences were found in people 1.5 to 3 m away from torches on July 12<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup>, but from 4.5 m there is significant difference due to treatment effects, only on the first evaluation date. People located at 20 m showed the highest number of *C. quinquefasciatus* individuals for all evaluations (Table 3). Results from our study are consistent with those from Phasomkusolsil and Soonwera (2010), who showed *C. nardus* oil repellent protection against *A. aegypti* and *C. quinquefasciatus* with 130 min protection time at 0.9% protection rate and 140 min at 0.8% protection respectively.

Tests results evidence that citronella oil (*C. nardus*) acts as a mosquito repellent, both combined with flammable hydrocarbons, and as nonflammable essential oil, being a combination of both much more effective than when applied separately.

Analysis of variance on evaluation data from the *P. citrosum* plant showed significant difference ( $p \geq 0.05$ ) among treatments. The number of mosquitoes landing on people's arms ranged from 11.5 at 1 m to 41.4 at 10 m

(Table 4). These results confirm that *P. citrosum* plant is a good mosquito repellent, which may be associated with its geraniol and citronellol content, since they are considered insect repellent compounds (Matsuda *et al.*, 1996). Our



presentación como aceite esencial incombustible, siendo la combinación de ambos mucho más efectiva que si se aplican por separado.

El análisis de varianza en los datos sobre la evaluación de la planta de *P. citrosum* mostró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre tratamientos. En el Cuadro 4 se observa que el número de mosquitos que se posaron en los brazos de las personas osciló entre 11.5 a un metro y 41.4 a 10 m. Estos resultados confirman que la planta *P. citrosum* es un buen repelente de mosquitos, lo cual puede estar asociado a que esta planta contiene geraniol y citronelol, considerados compuestos repelentes a insectos (Matsuda *et al.*, 1996). Los resultados de este trabajo difieren con los reportados por Matsuda *et al.* (1996) refieren que con la presencia de la planta *P. citrosum* a una distancia de 1 m<sup>2</sup> se redujo la picadura de los mosquitos *Aedes* spp., en 90%, esto puede deberse a que en este trabajo la distancia más pequeña a la que se probó la planta fue de 1 m reduciéndose la picadura de los mosquitos en 30% y comportándose estadísticamente igual a una distancia de 2 m.

results differ from Matsuda *et al.* (1996) who mention that *P. citrosum* plants reduced in 90% *Aedes* spp. mosquito bites at a distance of 1 m<sup>2</sup>. The smallest distance tested in our study was 1 m reducing the mosquito bites in 30% with the same statistical behavior at 2 m, this may account for the difference.

Plants used for mosquito control include Neem (Azadirachtin) at 0.35 and 1.28 mg / L concentrations, which has a direct effect on fertility, significantly reducing mosquito populations (Abdelouaheb *et al.*, 2009) also Pérez and Iannacone (2008) proved tobacco plant insecticidal action against *C. quinquefasciatus*, based on nicotine, affecting cholinergic-nicotinic receptors, generating sustained paralysis and death (Fuentes *et al.*, 2007), that is possibly why mosquitoes do not approach smoking people.

Concerning the test with commercial gel based on vegetable extracts, analysis of variance showed significant difference ( $p \geq 0.05$ ). Table 5 shows that

**Cuadro 4. Número promedio de mosquitos a diferentes distancias y en diferentes fechas, con la planta *Pelargonium citrosum*, 2010.**  
**Table 4. Average number of mosquitoes at different distances and on different dates, with the *Pelargonium citrosum* plant, 2010.**

Tratamientos (persona) m	Núm. promedio de mosquitos posados en diferentes fechas				
	06 de sept.	07 de sept.	08 de sept.	09 de sept.	10 de sept.
1.0	12.00 ± 1.9 a	11.50 ± 1.2 a	12.50 ± 1.6 a	11.25 ± 1.4 a	11.75 ± 1.3 a
1.5	13.00 ± 0.6 a	12.50 ± 0.7 a	14.15 ± 0.9 b	12.00 ± 1.3 a	12.15 ± 1.0 a b
2.0	18.20 ± 1.3 b	17.00 ± 1.1 b	18.75 ± 1.3 c	14.75 ± 3.2 a	15.00 ± 0.8 b
10	39.30 ± 0.7 c	30.80 ± 2.7. c	41.40 ± 1.2 d	31.00 ± 2.5 b	35.50 ± 2.2 c

Sobre la utilización de plantas para el control de mosquitos, se tiene el Neem (Azadiractina) a concentraciones de 0,35 y 1,28 mg/L, que presenta un efecto directo en la fecundidad de mosquitos reduciendo notablemente su población (Abdelouaheb *et al.*, 2009); asimismo, Pérez e Iannacone (2008) citan que la planta de tabaco presenta efecto insecticida contra *C. quinquefasciatus*, debido a la presencia de nicotina, afectando los receptores colinérgicos-nicotínicos, generando parálisis sostenida y muerte (Fuentes *et al.*, 2007), probablemente es por esto que los mosquitos no se acercan a las personas que fuman.

En relación a la prueba con gel comercial a base de extractos vegetales el análisis de varianza mostró diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ). En el Cuadro 5, se observa que el promedio de individuos posados de *C. quinquefasciatus* fue

average landed *C. quinquefasciatus* individuals was significantly higher in control vs. gel treatments on all evaluated dates. These results are similar to those reported by Gillij *et al.* (2008), who tested *A. citriodora* oil efficacy as mosquito repellent and suggested limonene and camphor components as main responsables for *A. citriodora* repellent effects.

Also Neira *et al.* (2004), showed a high rate of repellency in *L. officinalis* consistent with our results. Ricci *et al.* (2002) noted the *L. nobilis* repellent effect on *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera, Aphididae), with similar results to our work, reducing aphids population in cabbage plants. The number of mosquitoes on different dates in Table 5 is due to treatments effect and temperature variations from 13 to 26 °C.

significativamente mayor en los tratamientos testigo que en los tratamientos donde se aplicó gel, en todas las fechas evaluadas. Los resultados obtenidos son similares a los señalados por Gillij *et al.* (2008), quienes probaron la eficacia del aceite de *A. citriodora* como repelente de mosquitos y sugieren que el limoneno y alcanfor son los principales componentes responsables de los efectos repelentes de *A. citriodora*.

Plant extract gel results (*A. citriodora*, *L. officinalis*, *L. nobilis*), match González *et al.* (2010) results on *A. citriodora* repellent effect against *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). Gillij *et al.*, 2008, evaluated *A. citriodora* and other aromatic plants extracts repellency against *A. aegypti*, and *A. citriodora* showed the highest repellent effect due to the presence of limonene and

**Cuadro 5. Evaluación con tratamiento a base de gel a diferentes tiempos en Ciudad Universitaria (BUAP), Puebla, Puebla, 2010.**  
**Table 5. Gel treatment evaluation at different times in University City (BUAP), Puebla, Puebla, 2010.**

Tratamientos	Núm. de mosquitos posados				
	2 de agosto	03 de agosto	04 de agosto	05 de agosto	06 de agosto
Gel (20 min)	20.00 ± 2.08 a	18.00 ± 1.73 a	14.66 ± 1.45 a	12.66 ± 1.2 a	23.66 ± 1.4 a
Gel (40 min)	21.00 ± 0.57 a	20.00 ± 2.64 a	15.00 ± 2.64 a	16.00 ± 1.7 a	26.33 ± 1.2 a b
Testigo (20 min)	46.00 ± 1.15 b	34.00 ± 2.08 b	25.66 ± 0.88 b	40.66 ± 1.2 b	34.00 ± 2.30 b
Testigo (40 min)	43.00 ± 1.72 b	44.00 ± 2.30 c	45.00 ± 2.88 c	42.00 ± 3.05 b	47.33 ± 0.88 c

Asimismo Neira *et al.* (2004), coinciden con los resultados de este trabajo, al evaluar el efecto repelente de *L. officinalis*, mostrando una alta tasa de repelencia. Ricci *et al.* (2002), señalaron el efecto repelente de *L. nobilis* sobre *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera; Aphididae), obteniendo resultados similares con este trabajo, al reducir la población de pulgones presentes en las plantas de repollo. El número mosquitos que se presentaron en las diferentes fechas del cuadro 5 se debe al efecto de los tratamientos y a la variación en la temperatura que oscilo entre las 13 y 26 °C.

Los resultados del gel elaborado con extractos vegetales (*A. citriodora*, *L. officinalis*, *L. nobilis*), concuerdan con lo realizado por González *et al.* (2010), quienes resaltan el efecto repelente de *A. citriodora* contra *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). Gillij *et al.*, 2008, evaluaron la repelencia de extractos de *A. citriodora* y otras plantas aromáticas contra *A. aegypti*, siendo *A. citriodora* que presentó el mayor efecto repelente gracias a la presencia de limoneno y alcanfor. Erler *et al.* (2006), probaron la repelencia de *L. nobilis* en adultos de *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae), mostrando también una alta tasa de repelencia, lo cual coincide con los resultados de éste estudio. Por lo que se puede sugerir que los extractos vegetales de *A. citriodora*, *L. nobilis* y *L. officinalis* son efectivos para repeler a *C. quinquefasciatus*, presentando así una posible alternativa a los insecticidas químicos, los cuales además de no dañar la salud humana, son amigables con el ambiente.

camphor. Erler *et al.* (2006) showed high *L. nobilis* repellency on *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) adults, consistent with our study. Therefore *A. citriodora*, *L. nobilis* and *L. officinalis* extracts appear to be effective repellents for *C. quinquefasciatus*, thus offering a safe and environmentally friendly alternative to chemical insecticides.

Given vector control relevance and impact on public health, the results obtained allow decision making in entomological surveillance programs. Most research has focused on the dengue vector *Aedes*, and the malaria vector Anopheles genera (Bazán-Calderón *et al.*, 2001; Parra *et al.*, 2007; Sanabria *et al.*, 2009) while there is little control information on *C. quinquefasciatus*, one of the most abundant mosquitoes in North America with high capacity as vector for West Nile virus, encephalitis and eastern equine encephalitis viruses (De la Mora and Granados, 2007). Therefore, it is important to identify new methods to control their populations and associated risks.

According to our results, an optimal mosquito repellent barrier requires flammable citronella oil torches less than 6 m away, since the observed effective radius was 3 m, but further studies should address different distances among torches, since no specifications are

Dada la importancia que representa el control de vectores por su impacto en la salud pública, los resultados obtenidos permiten tomar decisiones en programas de vigilancia entomológica. Se han realizado trabajos principalmente en los géneros *Aedes* transmisor del dengue, y *Anopheles* transmisor del paludismo (Bazán-Calderón *et al.*, 2001; Parra *et al.*, 2007; Sanabria *et al.*, 2009) y uno de los mosquitos más abundantes en Norteamérica y sobre los cuales hay poca información sobre su control es *C. quinquefasciatus*, quién además ha demostrado alta capacidad como agente transmisor del virus del Oeste del Nilo, y de los virus causantes de la encefalitis y encefalitis equina del Este (De la Mora y Granados, 2007). Por lo tanto, es importante determinar nuevos métodos que permitan controlar la población y los riesgos asociados con su presencia.

De acuerdo a los resultados de este trabajo, para crear una barrera repelente óptima sobre los mosquitos las antorchas encendidas con aceite de citronela inflamable se deben colocar a no más de seis metros de distancia, ya que se observó que su radio de acción es de tres metros; sin embargo, se recomienda realizar otros estudios a diferentes distancias de la colocación de las antorchas, ya que en las indicaciones no se especifica. Así mismo para tener un mejor efecto de repelencia de *C. quinquefasciatus* se recomienda la combinación del aceite de citronela inflamable e incombustible.

Es necesario destacar la resistencia que han desarrollado los mosquitos a los insecticidas químicos, relacionando la actividad biológica de las plantas, los metabolitos secundarios que se encuentran en sus tejidos, entre ellos puede destacarse la capacidad de sintetizar sustancias como fenoles, saponinas, quinolonas, flavonas, flavonoides, flavonoles, taninos, terpenoides, aceites esenciales, alcaloides, polipéptidos y otros compuestos (Balandrin *et al.*, 1985; Cowan, 1999; Kumar *et al.*, 2000), sustancias que es posible aprovechar para evitar el uso de plaguicidas y que muchas de ellas están en las esencias comerciales.

Los aceites esenciales de varias especies vegetales han sido estudiados por diversos autores (Shaaya *et al.*, 1991, Regnault-Roger y Hamraqui, 1995, Pascual- Villalobos y Ballesta-Acosta, 2003) con la intención de poder encontrar alguna alternativa para lograr reducir los niveles poblacionales de los vectores, sobre todo de insectos que transmiten una serie de enfermedades al hombre y animales domésticos. En esta ocasión la presente investigación

available. Also combined flammable and nonflammable citronella oil is recommended for higher repellency against *C. quinquefasciatus*.

Mosquitoes have developed remarkable resistance to chemical insecticides, which leads to plant biological activity and tissue secondary metabolites, including their ability to synthesize substances such as phenols, saponins, quinolones, flavones, flavonoids, flavonols, tannins, terpenoids, essential oils, alkaloids, polypeptides and other compounds (Balandrin *et al.*, 1985; Cowan, 1999; Kumar *et al.*, 2000), which could be used instead pesticides and many of them are available in commercial essences.

Essential oils of several plant species have been studied by several authors (Shaaya *et al.*, 1991, Regnault-Roger and Hamraqui, 1995, Pascual-Villalobos and Ballesta-Acosta, 2003) in search for alternatives to decrease vectors population, especially insects which transmit a number of diseases to humans and pets. The present investigation showed citronella oil repellency against the *C. quinquefasciatus* mosquito, the major malaria, yellow fever and dengue vector worldwide. Further research on citronella properties is required, to be recommended for vector integrated management programs on mosquito or other insect species posing serious threats to human health.

## Conclusions

The commercial citronella (*Cymbopogon nardus*) oil both flammable and nonflammable, acts effectively as a repellent against *Culex quinquefasciatus*, a viable alternative, more effective by combining both oils.

The gel made from bay, lemon verbena and lavender, is possibly a natural repellent effective against *C. quinquefasciatus*.

*End of the English version*



demonstró la propiedad que tiene el aceite de citronela como repelente de mosquitos *C. quinquefasciatus* siendo el principal vector de la malaria, fiebre amarilla y dengue a nivel mundial. Sería relevante seguir investigando las propiedades de la citronela, para que de esta manera pueda ser recomendado en diferentes programas de manejo integrado de mosquitos vectores o alguna otra especie de insecto que pudiera causar graves daños a la salud humana.

## Conclusiones

El aceite comercial de citronela (*Cymbopogon nardus*) tanto inflamable como incombustible funcionan eficazmente como repelentes contra *Culex quinquefasciatus* siendo una alternativa viable, resultando ser más eficaces cuando se combinan ambos aceites.

El gel elaborado a base de laurel, cedrón y lavanda, es un posible repelente natural eficaz contra *C. quinquefasciatus*.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Sergio Ibáñez Bernal profesor investigador del Instituto de Ecología A. C. de Xalapa, Veracruz, por la determinación taxonómica de los mosquitos colectados durante el desarrollo del presente trabajo, así como a la M en C Ana María Tapia Rojas y a las alumnas(o): Aponte Pozos Sergio, Díaz Rivas Martha Azucena, Gabriela García Ramos, y Raquel Mercedes Larios Sánchez por su apoyo durante la realización de los experimentos.

## Literatura citada

- Abdelouaheb, A.; Nassima R. and Nouredine S. 2009. Larvicidal activity of a neem tree extract (Azadirachtin) against mosquito larvae in the Republic of Algeria. *Biological Sciences*. 2:15-22.
- Balandri, M.; Klocke J.; Wurtele, E. and Bollinger, H. 1985. Natural plant chemicals: a source of industrial and medicinal materials. *Science*. 228: 1155-1160.
- Baldin, E. L. and Souza, D. R. 2007. Use of plant extracts on whitefly control in tomato grown in greenhouse. *Horticultura Brasileira*. 25:602-606.
- Bazán-Calderón, J.; Ventura-Flores, R.; J. Kato, M.; Rojas-Idrogo, C. y Delgado-Paredes, G. E. 2001. Actividad insecticida de *Piper tuberculatum* Jacq., sobre *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) y *Anopheles pseudopunctipennis* Tehobal (Diptera: Culicidae). *Anales de Biología* 33:135-147.
- Cáceres, F. R.; Gonzáles, B. R. y Koldenkova, L. 1988. Capacidad depredadora de *Poecilia (Lebistes) reticularis* Peters, 1895 (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) sobre larvas de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 y *Aedes aegypti* Linneo, 1762 (Diptera: Culicidae) en condiciones de laboratorio. *Revista Cubana de Medicina Tropical*. 40(1):54-60.
- Clements, A. N. 1992. The biology of mosquitoes. Chapman and Hall. London. 509. p.
- Coria, C., Almiron, W.; Valladares, G.; Carpinella, C.; Ludueña, F.; Defago, M. y Palacios, S. 2008. Larvicida and oviposition deterrent effects of fruit and leaf ext from *Melia azedarach* (L.) on *Aedes aegypti* (L) (Diptera: Culicidae) *Bioresour. Technol.* 99:3066-3070.
- Cowan, M. M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clin. Microbiol. Rev.* 10:564-582.
- De la Mora, C. A. y Granados, O. A. 2007. Distribución geoespacial del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) principal vector del virus de Oeste del Nilo, en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Revista de Salud Pública y nutrición*. 8:1-2.
- Defagó, M. T.; G. Vallardes, Banchio, E. y Palacios, S. 1996. Actividad insecticida y antialimentaria de diferentes estructuras de *Melia azedarach* L. In: IV Congreso Argentino de Entomología. Mar del Plata. Argentina. 107 p.
- Erler, F.; Ulug, I. and Yalcinkaya, B. 2006. Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. *Fitoterapia*. 77:491-494.
- Fuentes-Contreras, E.; Basoalto, E.; Sandoval, C.; Pavez, P.; Leal, C. y Burgos, R. 2007. Evaluación de la eficacia, efecto residual y de volteo de aplicaciones en pretrasplante de insecticidas nicotinoides y mezclas de nicotinoide-piretroide para el control de *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) en tabaco. *Agric. Téc.* 67(1):16-22.
- Gene, C. M.; Rosa, J. R.; Rea, M. J. F. y Borda, C. E. 1999. Control biológico de mosquitos I. Ensayos preliminares con peces autóctonos. In: EUDENE (Ed.). Comunicaciones científicas y tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Ciencias Médicas, Corrientes Argentina. 3:122-125.
- Gillij, Y.; Gleiser, R. and Zygadio, J. 2008. mosquito repellent activity of essential oils of aromatic plants growing in Argentina. *Bio. Technol.* 99:2507-2515.
- González, W.; Gutiérrez, M.; Murray, A. and Ferrero, A. 2010. Biological activity of essential oils from *Aloysia polystachya* and *Aloysia citriodora* (Verbenaceae) against the soybean pest *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae). *Natural Product Communications*. 5:301-306.
- Harwood, R. F. y James, M. T. 1993. Entomología médica y veterinaria. UTEHA Noriega editores. México, D.F. 615 p.
- Ibáñez, B. S. y Martínez, C. C. 1996. Familia *Culicidae* (Diptera): importancia, colecta, montaje e identificación. In: IV taller de colecciones de insectos y acaros de importancia agrícola y forestal. Mus. Hist. Nat. Cd. de México. 73 p.
- Jacobs, M. 2000. Dengue, emergences as aglobal public health problema and prospects for control. *Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 94:7-8.
- Kumar, A.; Dunkel, F.; Brough, T. and Shiharan, S. 2000. Effect of root extracs of Mexican marigold, tagetes minuta (Asterole: Asteraceae) on six nontarget aquatic macroinvertebrates. *Envir. Entomol.* 29:140- 149.
- Leyva, S. M.; Marquetti, F. M. del C.; Tacoronte, G. J. E.; Scull, L. R.; Tiomno, T. O.; Mesa, D. A. y Montada, D. D. 2009. Actividad larvicida de aceites esenciales de plantas contra *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Curcilidae). *Rev. Biomed.* 20(1):5-13.

- Magi, E.; Jarvis, T. and Miller, I. 2006. Effects of different plant products against pig mange mites. *Acta Veterinaria*. 75:283-287.
- Matsuda, B. M.; Surgeoner, G. A.; Heal, J. D.; Trucker, A. O. and Maciarelo, M. J. 1996. Essential oil analysis and field evaluation of the citrosa plant *Pelargonium citrosum* as a repellent against populations of *Aedes* mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association* 12(1):64-74.
- Morales, J.; Castillo, J. y Luna, I. 2010. Aceite esencial del fruto del noni (*Morinda citrifolia*: Rubiaceae) como larvicida del mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Tecnociencia*. 12(1):53-64.
- Neira, M. C.; Heinsohn, P. P.; Carrillo, R. Ll.; Báez, A. M. y Fuentealba, J. A. 2004. The Effect of Lavender and Laurel Essential Oils on *Varroa destructor* Anderson & Trueman (Acari: Varroidae). *Agricultura Técnica*. 64:287-365.
- Nyamador, W. S.; Ketoh, G. K.; Amevoin, K.; Nuto, Y.; Koumaglo, H. K. and Glitho, I. A. 2010. Variation in the susceptibility of two *Callosobruchus* species to essential oils. *J. Stored Products Res.* 1:48-51.
- Orozco, M. J.; Soto, A. y Hipólito, de S. A. G. 2006. Efecto de repelencia de *Crotalaria juncea*, *Galactia striata* y *Cymbopogon nardus* para el manejo de *Cyrtomenus bergi* (Hemiptera: Cydnidae). *Revista de Biología e Ciencias de Terra*. 06:185.
- Parra, H. G. J.; García, P. C. M. y Cotes, T. J. M. 2007. Actividad insecticida de extractos vegetales sobre *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) vector del dengue en Colombia. *Rev CES Med.* 21(1):47-54.
- Pascual- Villalobos, M. J. and Ballesta-Acosta, M. C. 2003. Chemical variation in an *Ocimum basilicum* germplasm collection and activity of the essential oils on *Callosobruchus maculatus*. *Biochemical System. Ecol.* 31:673-679.
- Pérez-Pacheco, R.; Hernández, C.; Lara-Reyna, J.; Belmont, R. and Valverde, G. 2004. Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Say. (Diptera: Culicidae). *Acta Zoo. Mexicana*. 20:141-152.
- Phasomkusolsil, S. and Soonwera, M. 2010. Insect repellent activity of medicinal plants oils against *Aedes aegypti*, *Anopheles minimus* and *Culex quinquefasciatus* based on protection time and biting rate. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*. 41:831-840.
- Regnault- Roger, C. y Hamraqui, A. 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleóptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Stored Products Res.* 31(4):291-299.
- Ribeiro, J. M. y Francischetti, I. M. 2003. Papel de la saliva del artrópodo en la alimentación de la sangre: perspectivas del sialome y del poste-sialome Annu. Inversor de corriente. *Entomol.* 48:73-88.
- Ricci, E. M.; Padín, S. B. and Kahan, A. E. S. 2002. Efecto repelente de los aceites esenciales de laurel y lemongrass sobre *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae) en repollo. *Bol. San. Veg. Plagas.* 28:207-212.
- Sanabria, L.; Segovia, E. A.; González, N.; Alcaraz, P. and Vera, N. de Bilbao. 2009. Larvicidal activity of aqueous plants extracts on *Aedes aegypti* larva (first trials). *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud.* 5(1):26-31.
- Sánchez, A. H. 1994. Método de la cría de los mosquitos *Aedes aegypti*, *Anopheles albimanus*, y *Culex quinquefasciatus*. In: técnicas para la cría de insectos. Bautista, M. N. G.; Vejar, C. y Carrillo, S. J. L. (Eds.). Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, México. 149-159 pp.
- Sánchez, M. J. 2003. Localización de criaderos temporales y permanentes de dípteros hematófagos (Diptera: Culicidae) en el Municipio de Puebla, México. Tesis de licenciatura, Escuela de Biología, BUAP. Puebla, Puebla. 64 p.
- Shaaya, E.; Ravid, U.; Ruter, N.; Juven, B.; Zisman, U. and Pissarev, V. 1991. Fumigant toxicity of essential oils against four major stored product insects. *J. Chem. Ecol.* 17(3):499-506.
- Soares, S. F.; Borges, L. M. F.; Braga, R. D.; Ferreira, L. L.; Louly, C. C. B.; Tresvenzol, L. M. F. de Paula, J. R. and Ferri, P. H. 2010. Repellent activity of plant-derived compounds against *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae) nymphs. *Veterinary Parasitology*. 167:67-73.
- Thomas, T.; Rao, S. and Lal, S. 2004. Mosquito larvicidal properties of essential oil of an indigenous plant, *Ipomoea cairica* Linn. *Jpn. J. Infect. Dis.* 57:176-177.
- Trongtokit, Y.; Rongsriyam, Y.; Komalamisra, N. and Apiwathnasorn, C. 2005. Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. *Phytotherapy Res.* 19:303-309.