



Actividad ovicida-larvicida, larvicida y repelencia del aceite esencial del “palo santo” *Bursera graveolens* sobre *Aedes aegypti*

Larvicidal-ovicidal, larvicidal, activity and repellency of the essential oil of “holy wood” *Bursera graveolens* on *Aedes aegypti*

Pedro S. Castillo-Carrillo¹; Rosa Cornejo Hidalgo¹; José Solís Veliz²; Mónica Gómez²

1 Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N Pampa Grande, Tumbes, Perú.

2 Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

* Autor correspondiente: pcastilloc@untumbes.edu.pe (P. S. Castillo-Carrillo).

ID ORCID de los autores

P. S. Castillo-Carrillo: <https://orcid.org/0000-0002-0255-1047>

J. Solís Veliz: <http://orcid.org/0000-0001-5560-9241>

R. Cornejo Hidalgo: <https://orcid.org/0000-0002-2010-0442>

M. Gómez: <http://orcid.org/0000-0003-0990-0593>

RESUMEN

Bursera graveolens ((Kunth) Triana & Planch, 1872) es un componente importante de la medicina tradicional peruana y conocido al utilizarse por sus propiedades repelentes contra zancudos. El objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades, ovicida-larvicida, larvicida, y de repelencia del aceite esencial de *B. graveolens* sobre *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), denominado mosquito del dengue, mosquito momia o mosquito de la fiebre amarilla. Las concentraciones para evaluar el efecto ovicida-larvicida fueron 0,01%; 0,02%; 0,03% y 0,04%, para el efecto larvicida 0,01%; 0,02%; 0,03%; 0,04%; y 0,05% y para el de repelencia contra adultos las concentraciones de 25%, 50%, 75% y 100%. Las pruebas se realizaron con poblaciones de colonias de *A. aegypti* desarrolladas en el laboratorio de Investigación Entomológica de la Universidad Nacional de Tumbes. Bajo condiciones de laboratorio el aceite esencial de *B. graveolens* muestra actividad ovicida-larvicida del 100% a la concentración del 0,04%, larvicida de 100% a 0,05% y en el caso de repelencia de adultos a los 30 minutos, las concentraciones de 50%, 75% y 100%. En conclusión, el aceite esencial de la especie en estudio podría ser útil para el control de poblaciones de *A. aegypti* y otros mosquitos, como una alternativa amigable con el medio ambiente.

Palabras clave: aceite esencial; bioplaguicida; arbovirus; chikungunya; limoneno; *Bursera graveolens*

ABSTRACT

Bursera graveolens ((Kunth) Triana & Planch, 1872) is an important component of traditional Peruvian medicine and is known for its repellent properties against mosquitoes. The objective of this study was to evaluate the ovicidal-larvicidal, larvicidal, and repellent properties of the essential oil of *B. graveolens* on *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), called dengue mosquito, mummy mosquito or yellow fever mosquito. The concentrations to evaluate the ovicidal-larvicidal effect were 0.01%; 0.02%; 0.03% and 0.04%, for the larvicidal effect 0.01%; 0.02%; 0.03%; 0.04%; and 0.05% and for repellency against adults the concentrations of 25%, 50%, 75% and 100%. The tests were carried out with colony populations of *A. aegypti* developed in the Entomological Research Laboratory of the National University of Tumbes. Under laboratory conditions, the essential oil of *B. graveolens* shows ovicidal-larvicidal activity of 100% at a concentration of 0.04%, larvicidal activity of 100% at 0.05% and in the case of adult repellency at 30 minutes, concentrations of 50%, 75% and 100%. In conclusion, the essential oil of the species under study could be useful for the control of populations of *A. aegypti* and other mosquitoes, as an environmentally friendly alternative.

Keywords: essential oil; biopesticide; arboviruses; chikungunya; limonene; *Bursera graveolens*.

Recibido: 14-07-2022.

Aceptado: 18-09-2022.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades más importantes causadas por arbovirus, son el dengue, fiebre amarilla, Zika y Chikungunya (Shepard et al., 2014; Carvalho et al., 2021; Talavera-Aguilar et al., 2021), las cuales son transmitidas por el vector *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762), (De Azevedo et al., 2021; Mohd Ngesom et al., 2021) y también por *Aedes albopictus* como un vector del virus que ocasiona el dengue (Kraemer et al., 2015; Leta et al., 2018).

Según la Organización Mundial de la Salud (2019) y Chanyasinha (2015), aproximadamente 2 500 millones de personas viven en países endémicos de dengue y cada año se producen unos 50 a 100 millones de infecciones. A nivel nacional según el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades – MINSU (2022) durante el año 2021 se registraron 44 791 casos de dengue y 43 defunciones y en el caso de Tumbes según el mismo organismo en el año 2021 se registraron 896 casos. En ausencia de profilácticos o vacunas eficaces contra la enfermedad, la prevención del dengue se limita al control del vector principal *A. aegypti*.

La creciente resistencia de las poblaciones de mosquitos como *A. aegypti*, a los insecticidas órgano fosforados y los problemas de contaminación ambiental (Silva et al., 2018) han motivado la realización de estudios sobre herramientas alternativas para el control de vectores. Desde esta perspectiva, los compuestos vegetales son una estrategia prometedoras y ambientalmente segura para prevenir la supervivencia de las larvas debido a las propiedades bioactivas de sus compuestos como es el caso de los aceites esenciales (Marangoni et al., 2012; Garcez et al., 2013), los que tienen propiedades toxicológicas contra insectos, debido a que tienen múltiples modos de acción, incluida la actividad repelente y anti nutritiva, inhibición de la respiración, reducción del crecimiento y fertilidad, destrucción de la cutícula y actividad octopamínica en el sistema nervioso central, así como efectos ovicidas, larvicidas, adulticidas o reguladores del crecimiento sobre varias especies de insectos (Isman, 2016; Yang et al., 2017; Ghabbari et al., 2018), son biodegradables, eficientes y de bajo costo (Isman, 2016; Mendes et al., 2017).

Bursera graveolens, conocido como “palo santo” o “rama sagrada” (Carrión-Paladines et al., 2019), es un árbol silvestre de 4 a 10 m de altura, originario del neotrópico (Monzote et al., 2012) ubicado en

los bosques secos de Tumbes, Piura, Lambayeque y pequeñas porciones de Cajamarca y La Libertad (Zúñiga et al., 2005), parte de él es utilizado para aliviar los síntomas de la gripe y el asma, condiciones dérmicas, se le atribuyen propiedades anti-inflamatorias, calmantes, antirreumáticas, relajantes y tratamientos de neuralgia y menorragia (Sotelo et al., 2017, Manzano et al., 2009; Zúñiga et al., 2005). Se ha comprobado su actividad anti proliferativa contra células tumorales y *Leishmania amazonensis* (Monzote et al., 2012). Su material leñoso tiene un olor especiado, dulce y balsámico característico y se usa como un tipo de incienso (Yukawa et al., 2006).

El aceite esencial de *B. graveolens* es una mezcla compleja de compuestos orgánicos constituidos por monoterpenos, principalmente limoneno (López-Córdoba et al., 2020; Jumbo et al., 2021), alcanzando valores de 44 a 46,2% y 17,8% de α terpineol (Farina et al., 2021); además de, felandreno (24%) y mentofurano (11%). Jumbo et al. (2022). En estudios de la composición del aceite esencial de vapores y hojas se obtuvo gran contenido de limoneno (21,8%), β elemeno (12,5%) y cantidades menores de 1,8 cineol, π -cadinol, Ci siso pulegona, β selineno, copaeno, mentona, 1-alfa-terpinol, trans-carveol, cis carveol, pulegona, L-carvona (Leyva et al., 2020). Asimismo, Noel-Martínez et al. (2021) identificaron 28 compuestos químicos y los principales fueron mentofurano (5,16%), α -terpineol (4,01%), germacreno D (2,33%), carvona (0,83%) y el monoterpeno D-limoneno con 77,06%.

En el caso de *B. graveolens* se evidencia un incremento de los estudios encaminados a ampliar su capacidad plaguicida (Rey-Valeirón et al., 2017; Jaramillo-Colorado et al., 2019). La actividad detectada puede asociarse a la presencia de compuestos con acción insecticida informada sobre mosquitos como el limoneno (Park et al., 2011; Santos et al., 2014), de otros componentes como el β - elemeno, presente en aceites con un efecto tóxico sobre larvas de *Culex quinquefasciatus* (Gleiser Zygodlo, 2007) y *Anopheles subpictus* (Grassi, 1899) (Govindarajan et al., 2016) y/o a la acción aditiva o sinérgica de varios constituyentes de este aceite.

Así, el objetivo de este estudio fue evaluar la actividad ovicida-larvicida, larvicida y de repelencia de adultos de *A. aegypti* a las aplicaciones del aceite esencial de *B. graveolens*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Métodos

Instalación de ovitrampas

Para obtener los huevos de *A. aegypti* e iniciar la crianza masal en laboratorio, se instalaron trampas de oviposición (ovitrampas) en áreas cerca de viviendas donde es habitual la presencia de estos insectos. Éstas consisten en macetas plásticas de color negro de 1 litro de capacidad dentro del cual se acondicionó papel toalla enrollado a un tercio del borde el cual fue sujetado con un clip para evitar que el papel se humedezca por completo (Fig. 1 A),

en ella se colocó 30 ml del macerado preparado con hojas de gras americano (*Stenotaphrum secundatum*) y se completó con 270 ml de agua destilada o de clorada (agua de caño que se dejó reposar de un día para el otro). Las ovitrampas se recolectaron a los cinco días de la instalación, el papel toalla conteniendo los huevos ovipositados se colocaron en bandejas plásticas transparentes de 2 L de capacidad con agua del grifo para su eclosión (Fig. 1 B).

Obtención de larvas y adultos de *A. aegypti*

Las larvas que fueron obtenidas de las posturas recolectadas en las ovitrampas de la crianza masal existente en el laboratorio, fueron criadas en bandejas plásticas de capacidad de un litro conteniendo agua de clorada y alimento para peces (Fig. 1 C), hasta que la mayoría de estas se convirtieran en pupas. Las pupas fueron transferidas en la misma bandeja al interior de las jaulas para que emerjan los adultos (Fig. 1D), en ellas los adultos machos fueron alimentados con una solución azucarada al 5%, y las hembras fueron alimentadas con sangre cada cinco días, para lo cual la primera coautora introducía el brazo en el interior de la jaula donde se encontraban las hembras (Fig. E).

Aceite esencial de palo santo *B. graveolens*

El aceite esencial empleado en los ensayos fue proporcionado por el laboratorio de Dendrología de la Universidad Nacional de Tumbes, el mismo que había sido extraído mediante un destilador dual de capacidad de 20 litros de agua y 2,5 litros de material residual de astillas de palo santo y fue el que se utilizó para mezclarlo con agua y preparar las soluciones a las que fueron expuestas los huevos y larvas. Para el estudio de repelencia la dilución se hizo con alcohol de 70°.

Concentraciones volumen/volumen utilizadas en el bioensayo para determinar el efecto ovicida-larvicida

Se utilizaron las concentraciones 0,01%; 0,02%; 0,03% y 0,04% (que ocasionan mortalidades entre el 10% y 90%, evaluadas a las 24 horas) más un testigo. Se realizaron cuatro repeticiones por cada concentración, y se utilizaron 20 huevos por repetición, es decir 80 por concentración. Los huevos utilizados tenían como máximo siete días de ovipositados, los cuales fueron retirados en el mismo papel filtro sobre el que habían sido ovipositados, el cual fue cortado en segmentos que agruparan 20 huevos de forma aleatoria, posteriormente cada grupo fue colocado en un envase plástico transparente de 500 ml de capacidad, que contenía 250 ml de agua de clorada. Luego se procedió a aplicar en los envases los respectivos tratamientos (0,01%; 0,02%; 0,03% y 0,04%) y un testigo, todos debidamente rotulados.

Concentraciones volumen/volumen utilizadas en el bioensayo para determinar el efecto larvicida

Inicialmente, se realizaron ensayos preliminares de concentraciones y un control para buscar el rango de actividad del aceite esencial bajo prueba. Finalmente se establecieron las concentraciones de 0,01%; 0,02%; 0,03%; 0,04% y 0,05% (que ocasionan mortalidades entre el 70,8% y 100%, evaluadas a las 24 horas) más un testigo o control y de esa manera poder determinar la CL50 y CL90. Por cada concentración se realizaron diez repeticiones.

Cantidad de larvas de *A. aegypti* utilizadas

En un depósito de plástico con capacidad de 3 L se adicionó 1 litro de agua de clorada y luego se aplicó

a cada depósito la concentración correspondiente, exceptuando el testigo. En cada uno de ellos se depositaron 25 larvas del IV estadio. Se realizaron 10 repeticiones por concentración es decir se utilizaron 250 larvas por tratamiento. La evaluación de la mortalidad se realizó a las 24 horas de exposición, considerándose como larva muerta cuando ésta no reaccionaba al estímulo de ser tocada con la punta de una pinza fina.

Eficiencia de mortalidad

La eficiencia de la mortalidad de las larvas se determinó utilizando la Ecuación 1 según Abbott (1925): $E (\%) = [((Nc - Nt) / Nc) \times 100]$, donde, E = eficiencia; Nc = número de individuos vivos en el tratamiento de control; Nt = número de individuos vivos en los tratamientos.

Concentraciones volumen/volumen utilizadas en el bioensayo y metodología para determinar el efecto de repelencia de los adultos

Las concentraciones volumen/volumen del aceite esencial utilizado fueron diluidas en alcohol de 70% en este caso fueron: 25%, 50%, 75%, 100% y un control negativo por cada concentración. Se colocaron 25 hembras de *A. aegypti* por jaula, se realizaron 10 repeticiones por concentración, es decir se utilizaron 250 hembras por concentración. Como fuente de alimentación durante tres días se les colocó un algodón con una solución azucarada al 5%. Al cuarto día se retiraba el algodón con la finalidad de que las hembras estén en estado de inanición para el inicio del ensayo, el cual se realizó al quinto día de haber colocado a los adultos en las jaulas. Para iniciar la evaluación del efecto de repelencia del aceite esencial, cada concentración del producto se depositó en un pulverizador manual de tipo aerosol o spray y se asperjó en el brazo de una persona, el cual se expuso a las picaduras de las hembras dentro de la jaula después de 3, 30 y 60 minutos después de aplicado el producto.

Cálculo del porcentaje de repelencia

Se realizó el recuento de las hembras que se posan sobre el brazo a picar en cada uno de los tratamientos incluido el testigo y en los tiempos establecidos. Para determinar el porcentaje de repelencia se aplicó la Ec. 2 según Sai et al. (2013).

$$PP = \frac{NC - NT}{NC} \times 100$$

Dónde: NC= Número de picaduras en el control en determinado período de tiempo; NT= Número de picaduras en el tratamiento en el mismo período.

Análisis estadístico

Los datos de mortalidad por efecto ovicida-larvicida se analizaron al final del ciclo de vida de la especie y en el caso larvicida a las 24 horas después de establecido el experimento, corregidos por la fórmula de Abbot y sometidos a análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey al 5% de significancia empleando el programa INFOSTATIC. El análisis probit (Finney 1971) para obtener la CL50 y la CL90 se determinó a través del programa Excel con un nivel de intervalo de confianza de 5%.



Figura 1. Material para colecta de huevos y crianza de larvas de *Aedes aegypti*: (a) ovitrapa, (b) bandeja para eclosión de huevos, (c) bandeja para crianza de larvas, (d) jaula con ovitrapa para ovoposición de las hembras y (e) alimentando a las hembras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad ovicida-larvicida. Los resultados obtenidos al evaluar las cuatro concentraciones contra huevos y larvas eclosionadas de *A. aegypti* se muestran en la (Tabla 1). La concentración de 0,04% fue la más efectiva ya que ocasiona el 95% de mortalidad de larvas al emerger del corion y la única larva que sobrevivió no llegó a convertirse en adulto, obteniéndose por lo tanto una mortalidad de 100%. Le siguen la concentración de 0,03%. Al analizar el contenido del aceite esencial del palo santo, varios autores indican que el principal componente es el D-limoneno, (Jumbo et al., 2022; Fariña et al., 2021; Noel-Martínez et al., 2021; López-Córdoba et al., 2020; Leyva et al., 2020; Jaramillo-Colorado et al., 2019) el cual tiene un efecto antialimentario, repelente e insecticida que inhiben el desarrollo y crecimiento de muchos insectos, así como también actividades antibacteriana y antimicótica (Ponce et al., 2020), del mismo modo en ensayos realizados por Karr & Coats (1987) para determinar el efecto ovicida y larvicida del D-limoneno encontraron un ligero efecto ovicida sobre huevos del gusano occidental de la raíz del maíz *Diabrotica virgifera virgifera*. Cabe indicar según Ramírez et al. (2010) que, el efecto ovicida de un aceite esencial puede ocurrir debido a una toxicidad aguda o a la alteración de procesos fisiológicos y químicos del desarrollo embrionario por la penetración de los compuestos volátiles de los aceites dentro de los huevos, aunque algunos autores precisan que los huevos de algunas especies presentan mayor tolerancia a agentes químicos en comparación a otros estados de desarrollo del insecto (González et al., 2016). Sin embargo, para determinar lo que realmente ocasiona el efecto ovicida-larvicida del aceite esencial de palo santo, se hace necesario realizar otras pruebas.

Actividad larvicida. Los resultados obtenidos al evaluar las cinco concentraciones contra larvas de *A. Aegypti* se muestran en la Tabla 2. La

concentración que muestra una notable actividad insecticida como larvicida es la de 0,05%, ya que ocasiona el 100% de mortalidad de larvas a las 24 horas después de la aplicación del tratamiento (24hda). Le siguen la concentración de 0,04%. En ninguna de las repeticiones del grupo control se observó mortalidad de larvas durante el periodo de evaluación. En ensayos realizados por Ponce et al., (2020) con aceites esenciales, en el caso del aceite de *B. graveolens* diluido en alcohol al 70% y empleado a las concentraciones de 5%, 10% y 20% sobre larvas del primer estadio de *Chrysoperla externa* y *C. asoralis*, no presentaron efecto insecticida a las 24 y 48 horas de exposición.

Martínez et al. (2014) hace uso de *B. graveolens* junto con otros extractos vegetales frente al áfido de las habichuelas (*Aphis craccivora*) y logró reducir las poblaciones de este insecto plaga en más del 60%. Teniendo en cuenta los componentes de *B. graveolens*, como es el D- limoneno el principal de ellos (Noel-Martínez et al., 2021), experiencias del efecto insecticida de este componente son las reportadas por Karr & Coats (1988) sobre cucaracha alemana (*Blattella germanica*), habiendo obtenido mortalidades en pruebas topicales de solo 2% a dosis de 700 ug/ insecto, pero porcentajes de repelencia de 24%, 52%, 61%, 67% y 87% a dosis de 0,001; 0,01; 1,0 y 10 mg, del mismo modo en ensayos realizados por Karr & Coats (1987) para determinar el efecto ovicida y larvicida del D-limoneno encontraron un efecto larvicida sobre larvas del gusano occidental de la raíz del maíz *D. virgifera virgifera* que ante una exposición del D- limoneno se volvían oscuras, se licuefactaban y gran parte de la cutícula se volvía blanda. Otro de los componentes de *B. graveolens* que tiene efecto insecticida es el α terpineol, al respecto Tong & Coats (2012), Pandey et al. (2013) y Sakhanokho et al. (2013) indican que los terpenoides han mostrado promisorio actividad como insecticidas.

Tabla 1

Evaluación del efecto ovicida-larvicida del aceite esencial de palo santo (*B. graveolens*) sobre huevos de *A. aegypti*

Concentración (% V/V)	Número de huevos promedio de 4 repeticiones			% de viabilidad (eclosión)	Número de larvas promedio de 4 repeticiones		% de mortalidad
	Por repetición	Viables	No viables		Muertas al emerger del corión	Que llegan al estado adulto	
Testigo	20	20,00	0,00	100,00	0,00	20,00	0,00 a
0,01	20	18,50	1,50	92,50	13,50	5,00	75,00 b
0,02	20	18,75	1,25	93,75	17,25	1,50	92,50 b c
0,03	20	18,75	1,25	93,75	17,50	1,25	93,75 b c
0,04	20	19,00	1,00	95,00	19,00	0,00	100,00 c

Prates et al. (1998) reportan que los monoterpenos limoneno, β -pineno, α -pineno dañan y obstruyen las vías respiratorias de los insectos, actuando rápidamente e interfiriendo en las funciones fisiológicas por la adhesión de las partículas de los aceites esenciales en la cutícula de los espiráculos. Otros estudios muestran que los monoterpenos actúan como inhibidores de la acetilcolinesterasa, lo que lleva a un exceso de la neurotransmisora acetilcolina y produce un colapso del espacio sináptico generalizado, provocando la muerte del insecto por asfixia (Tsukamoto et al., 2005).

Tabla 2

Evaluación del efecto larvicida del aceite esencial de palo santo (*B. graveolens*) 24 hda, nivel de significación de Tukey, CL50 y CL 90

Concentración (% v/v)	% de mortalidad	CL 50	CL 90	χ^2
Control	0,0 a			
0,01	70,8 b			
0,02	87,2 c	0,01%	0,03%	0,0023
0,03	96,0 d			
0,04	98,0 d			
0,05	100,0 d			

Se observa por la CL50 y CL90 estimada para el aceite esencial de *B. graveolens* que este es efectivo a bajas concentraciones por 24 horas, pasado ese tiempo el efecto larvicida se pierde por la volatilidad del aceite esencial, esta pérdida de volatilidad quizás podría atenuarse si el aceite esencial se mezclara con aceite mineral USP cosmético inerte, tal como lo recomienda Cárdenas et al. (2013). El valor de ji-cuadrado calculado estuvo por debajo del valor de la ji-cuadrado tabulado con dos grados de libertad y al nivel de significancia del 95 % ($\chi^2 t = 0,352$); esto indica que, las mortalidades observadas en las larvas de *A. aegypti* por la acción de las concentraciones evaluadas, no se alejan significativamente de los valores de mortalidad esperados para esas mismas concentraciones.

Actividad de repelencia. Los resultados obtenidos al evaluar las cuatro concentraciones contra hembras de *A. aegypti* se muestran en la Tabla 3. La concentración que muestra una notable actividad de repelencia hasta los 60 minutos después de aplicado el aceite esencial es la concentración de 100% debido a que, hasta ese tiempo, unas pocas hembras de *A. aegypti* comienzan a producir picaduras, y comienza a perderse el efecto protector del aceite. Según el análisis de interacción entre las concentraciones utilizadas y el tiempo de exposición se observa que a los 3 minutos todas las concentraciones ejercen una protección por encima del 97%, a los 30 minutos por encima del 92%, las concentraciones de 50%, 75% y 10% y a los 60 minutos la concentración de 100% aún ejerce una protección del 81,5%. Teniendo en cuenta el componente principal del aceite esencial de palo santo cómo es el D-limoneno, Karr & Coats (1987) reporta que con una dosis de 10 mg obtuvieron porcentaje de repelencia de 87% sobre adultos de cucaracha alemana. Respecto al componente α terpinol, Campbell et al. (2011) mostró respuestas olfativas

rápidas en las antenas de hembras de *A. aegypti*. Sakhanokho et al. (2013) reportan que científicos del Centro de Entomología Médica, Agrícola y Veterinaria (Gainesville, Florida, EE. UU.) evaluaron varios terpenos naturales para descubrir repelentes seguros y potenciales contra la hembra de *A. aegypti*, y encontraron que (-)- α -Terpinol era un repelente a una dosis mínima efectiva (MED) de $0,039 \pm 0,008$ mg/cm² en comparación con el control positivo (N, N-dietil-3-metilbenzamida, DEET) (MED= $0,014 \pm 0,002$ mg/cm²). Jumbo et al., (2022) indican que el aceite esencial de *B. graveolens* puede ejercer acción insecticida al interrumpir las funciones de la enzima acetil colinesterasa y los canales transitorios del receptor potencial, en gorgojos de granos almacenados estos autores encontraron que los adultos de *Zabrotes subfasciatus* fueron repelidos solo a altas concentraciones (LC95 = 156uL), mientras que los adultos de *Acanthoscelides obtectus* a solo (LC95= 44uL). Jaramillo-Colorado et al. (2019) encontraron actividad repelente de 88,1 y 88,6% contra el gorgojo *Tribolium castaneum* a una concentración del 1% a las 2 y 4 h de exposición respectivamente. De acuerdo a Saad et al. (2019), los monoterpenos y los fenilpropanos han mostrado efectos repelentes significativos en los adultos de *T. castaneum*, entre los que destacan la (-)-mentona, el trans-cinamaldehído y el α -terpineno. Jaramillo-Colorado (2019) indican que el aceite esencial de *B. graveolens* tiene actividad fumigante y mostró una mortalidad del 95 y el 100 % en *T. tribolium* a 350 y 500 μ g de aceite esencial por mL-1 de aire, respectivamente, lo que es similar al pesticida comercial metil pirimifos. Los estudios muestran que las propiedades fumigantes de los aceites esenciales están asociadas con la presencia de compuestos mono y sesquiterpénicos. Los terpenos pueden ser tóxicos debido a su penetración en la cutícula del insecto (efecto de contacto), sistema respiratorio (efecto fumigante) y a través del aparato digestivo (efecto de ingestión) (Ibrahim, Kainulainen, & Aflatuni, 2001).

La presencia de α -terpineol, mircenol, cis- γ -transcarveol y mentofurano en la composición del aceite esencial de *B. graveolens* combinan perfectamente con su olor, descrito como fresco y vegetal (menta, mentol), pero con un elevado porcentaje de matices de limón mohoso que restan su agrado (Fariña et al., 2021). En bioensayos de toxicidad y comportamiento realizados por Fariña et al. (2021) contra la mosca azul *Calliphora vomitaria* mostraron que el aceite esencial de *B. graveolens* tiene una clara actividad tóxica dependiente de la dosis contra huevos y adultos (por contacto, fumigación e ingestión), indican que en el caso de los huevos afecta la eclosión entre $87,06 \pm 2,34\%$ a una concentración de $0,06\mu$ L por cm² de papel filtro aplicado. Esta especie muestra una quimiotaxis positiva al aceite esencial de palo santo a concentraciones de 0,06 a 1,25 μ L por litro de aire, concluyen, por su olor atractivo el aceite esencial podría ser utilizado como un cebo atrayente en trampas para atraer y matar *C. vomitaria*.

Tabla 3

Evaluación del efecto de repelencia y porcentaje de repelencia en minutos del aceite esencial de palo santo (*B. graveolens*) a los adultos de *A. aegypti*. N= 25

Concentración (% V/V)	Número promedio de picaduras en minutos en 10 repeticiones						Porcentaje de repelencia en minutos		
	3		30		60		3	30	60
	Tratam	Control negativo	Tratam	Control negativo	Tratam	Control negativo			
25	0,22	6,20	2,78	5,80	6,22	5,70	97,8 a	57,4 a	22,6 a
50	0,10	5,30	0,22	5,10	2,44	5,10	98,3 a	92,2 b	54,0 b
75	0,00	5,10	0,00	5,70	1,40	5,40	100,0 a	100,0 b	75,4 c
100	0,00	5,40	0,00	5,20	0,90	4,90	100,0 a	100,0 b	81,5 c

CONCLUSIONES

Se concluye que el aceite esencial tiene efecto ovicida-larvicida, larvicida y de repelencia contra la especie *A. aegypti*. Respecto al efecto ovicida-larvicida, la mejor concentración ha sido la de 0,04% ya que se alcanza finalmente un 100% de mortalidad. En cuanto al efecto larvicida las concentraciones 0,04 % y 0,05% mostraron la mejor efectividad. Respecto a la actividad de repelencia los mejores resultados hasta los 30 minutos después de aplicado el aceite lo han presentado las concentraciones de 50%, 75% y 100% con porcentajes de protección por encima del 90%, ya que a partir de este momento la efectividad comienza a perderse. De los resultados obtenidos se puede indicar que la especie "palo santo" *B. graveolens*, que se desarrolla en los bosques secos de los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y pequeñas porciones de

Cajamarca y La Libertad tiene potencial como una planta de propiedades biocidas, debido a que es una fuente de compuestos bioplaguicidas que sería útil para preparar formulados, hecho que resalta su importancia como componente de la flora nativa de los bosques secos del norte del Perú, la misma que tiene que ser valorada en los planes de manejo forestal, que conlleve a su conservación haciendo un manejo sostenible para no ocasionar desequilibrios en su explotación. Por otro lado, es necesario ampliar los estudios para evaluar el efecto adulticida del aceite esencial en la especie *A. aegypti* y de los efectos ovicida, larvicida y adulticida en otras especies de insectos y otros artrópodos plagas de importancia económica en los campos agrícola, ganadero y de salud pública en el departamento de Tumbes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al FONDECYT y Banco Mundial por el financiamiento otorgado mediante Contrato N° 02-218-FONDECYT-BM-IADT-MU, para realizar el

proyecto de investigación. Al Dr. Miguel Puentes Chulles, por proporcionar el aceite esencial utilizado en el desarrollo de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cárdenas, E., Riveros, I., & Lugo, L. (2013). Efecto insecticida de cuatro aceites esenciales sobre adultos de *Aedes aegypti* y *Anopheles albimanus* en condiciones experimentales. *Entomotropica*, 28(1), 1-10.
- Campbell, C., Gries, R., & Gries, G. (2011). Forty-two compounds in eleven EOs elicit antennal responses from *Aedes aegypti*. *Entomol. Exp. Appl.*, 138, 21-32.
- Carrión-Paladines, V., Fries, A., Caballero, R. E., Daniels, P. P., & García-Ruiz, R. (2019). Biodegradación de residuos de la extracción de aceite esencial de palo santo (*Bursera graveolens*) y su potencial para la producción de enzimas utilizando hongos xylaria nativos del sur de Ecuador. *Fermentación*, 5(3), 76.
- Carvalho, K. S., Guedes, D. R. D., Crespo, M. M. de Melo-Santos, M. A. V., & Silva-Filha, M. H. N. L. (2021). *Aedes aegypti* continuously exposed to *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* does not exhibit changes in life traits but displays increased susceptibility for Zika virus. *Parasites and Vectors*, 14, 379.
- Chanyasanha, C., Guruge, G. R., & Sujirarat, D. (2015). Factors influencing preventive behaviors for dengue infection among housewives in Colombo, Sri Lanka. *Asia-Pacific Journal of Public Health*, 27, 96.
- Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades - MINSA (2022). *Sala de situación del dengue en Perú al 5 de mayo 2022*. 46 pp.
- De Azevedo, F. R., Bezerra, L. L. A., Da Silva, T. I., Da Silva, R. A., & Feitosa, J. V. (2021). Larvicidal activity of vegetable oils against *Aedes aegypti* larvae. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 74(2), 9563-9570.
- Fariña, P., Venturi, F., Ascrizzi, R., Flamini, G., Chiriboga, R. D., Echeverría, M. C., Ortega, S., Zinai, A., Bedini, S., & Conti, B. (2021). Aceites esenciales de plantas andinas: una alternativa perfumada a los insecticidas sintéticos para el control de las moscas azules. *Insectos*, 12(10).
- Finney, D.J. (1971). *Probit analysis*. 3. ed. London: Cambridge University Press. 25p.
- Garcez, W. S., Garcez, F. R., Silva, L. M. G. E., & Sarmiento, U. C. (2013). Substâncias de origem vegetal com atividade larvicida contra *Aedes aegypti*. *Revista Virtual de Química*, 5(3), 363-393.
- Ghabbari, M., Guarino, S., Caleca, V., Saiano, F., Sinacori, M., Baser, N., Mediouni, J., & Verde, G. (2018). Behavior-modifying and insecticidal effects of plant extracts on adults of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). *Journal of Pest Science*, 91(1), 907-917.
- González, R., Silva, G., Urbina, A., & Gerding, M. (2016). Aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labil y *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden (Myrtaceae) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences (ex Agro-Ciencia)*, 32, 204-216.
- Govindarajan, M., Rajeswary, M., & Arivoli, S. (2016). Larvicidal and repellent potential of *Zingiber nimmonii* (J. Graham) Dalzell (Zingiberaceae) essential oil: Aneco-friendly tool against malaria, dengue, and lymphatic filariasis mosquito vectors. *Parasitology Research*, 115, 1807-1816.
- Ibrahim, M. A., Kainulainen, P., & Aflatuni, A. (2001). Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10(3), 243-259.
- Isman, M. B. (2016). Pesticides based on plant essential oils: phytochemical and practical considerations, pp. 13-26. In V.

- D. Jeliakov (Zheljzakov) and C. L. Cantrell [eds.], Medicinal and Aromatic Crops: Production, Phytochemistry, and Utilization. ACS Division of Agricultural and Food Chemistry, Inc.
- Jaramillo-Colorado, B. E., Suarez-López, S., & Marrugo-Santander, V. (2019). Volatile chemical composition of essential oil from *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planchand their fumigant and repellent activities. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 41, e46822
- Jumbo, L. O. V., Correa, M. J. M., Gomes, J. M., Armijos, M. J. G., Valarezo, E., Mantilla-Afanador, J. G., Machado, F. P., Rocha, L., Aguiar, R. W. S., & Oliveira, E. E. (2022). Potential of *Bursera graveolens* essential oil for controlling bean weevil infestations: Toxicity, repellence, and action targets. *Industrial Crops and Products*, 178, 1-10
- Karr, L. & Coats, J. (1988). Insecticidal Properties of d-Limonene. *J. Pesticide Sci.*, (13), 287-290.
- Kraemer, M. U. G., Sinka, M. A., Duda, K. A., Mylne, A. Q. N., Shearer, F. M., Barker, C.M., Moore, C. G., Carvalho, R. G., Coelho, G. E., Bortel, W. V., Hendrick, G., Schaffner, F., Elyazar, I. R. F., Teng, H., Brady, O. J., Messina, J. P., Pigott, D. M., Scott, T. W., Smith, D. L., Wint, G. R. W., Golding, N., & Hay, S. I. (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Elife*, 4, 1–18.
- Leta, S., Beyene, T. J., De Clercq, E. M., Amenu, K., Kraemer, U. M., & Revie, C. W. (2018). Global risk mapping for major diseases transmitted by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *International Journal of Infectious Diseases*, 67, 25–35.
- Leyva, M., Marquetti, M., Montada, D., Payroll, J., Scull, R., Morejón, G., & Pino, O. (2020). Aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* (Labill) y *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch para el control de mosquitos de importancia médica. *The biologist*, 18(2), 239-250.
- López-Córdoba, C. M., García-Berfon, L. V., Capa-Camacho, V. L., & García-López, A. L. (2020). Transformación catalítica del aceite esencial de Palo Santo sobre zeolita Faujasita HY Catalytic transformation of Palo Santo essential oil over Zeolite Faujasita HY. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 21(2), 1-9.
- Marangoni, C., Moura, N. F., & Garcia, F. R. M. (2012). Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. *Revista de Ciências Ambientais*, 6(2), 95–112.
- Manzano, P., Miranda, M., Gutiérrez, Y., García, G., Orellana, T., & Orellana, A. (2009). Efecto antiinflamatorio y composición química de aceite de ramas de *Bursera graveolens* Triana & Planch (palo santo) Ecuador. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 14(3), 45-53.
- Martínez, Y., Castellanos, L., & Ortega, I. (2014). Efecto insecticida de extractos de plantas para el control de áfido de la habichuela en la Empresa Azucarera Elpidio Gómez. *Agroecosistemas*, 2, 208-214.
- Mendes, L. A., Martins, G. F., Valbon, W. R., Souza, T. D. S., Menini, L., Ferreira, A., & Ferreira, M. F. F. (2017). Larvicidal effect of essential oils from Brazilian cultivars of guava on *Aedes aegypti* L. *Industrial Crops and Products*, 108, 684–689.
- Mhod Ngesom, A. M., Razi, A., Syahirah, N., Wasi, N., Lasim, A., Liang, Y., Greenhalgh, D., Chia, J., Sahani, M., Hod, R., & Hidayatulfathi, O. (2021). Evaluation of a mosquito home system for controlling *Aedes aegypti*. *Parasites and Vectors*, 14, 413.
- Monzote, L., Hill, G.M., Cuellar, A., Scull, R., & Setzer, W.N. (2012). Chemical Composition and Anti-proliferative Properties of *Bursera graveolens*. Essential Oil Natural Product Communications, 7, 1531-1534.
- Noel-Martinez, K. C., Cruz, G. J. F., & Solis-Castro, R. L. (2021). *Bursera graveolens* essential oil: Physicochemical characterization and antimicrobial activity in pathogenic microorganisms found in *Kajikia audax*. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 303-309.
- Pandey, S.K., Tandon, S., Ahmad, A., Singh, A.K., & Tripathi, A.K. (2013). Structure activity relationships of monoterpenes and acetyl derivatives against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *Pest. Manag. Sci.*, 69(11), 1235-1238.
- Park, H. M., Kim, J., Chang, K. S., Kim, B. S., Yang, Y. J., Kim, G. H., et al. (2011). Larvicidal activity of Myrtaceae essential oils and their components against *Aedes aegypti*, acute toxicity on *Daphnia magna* and aqueous residue. *Journal Medical Entomological*, 48, 405–410.
- Ponce, H., Iannacone, J., Alvarino, L., & Carhuapoma, M. (2020). Toxicidad de los aceites esenciales de *Bursera graveolens*, *Lepechinia meyenii* y *Myrtus communis* sobre *Chrysoperla asoralis*, *Chrysoperla externa* y *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). *Campus*, V.XXV. 29, 41-56.
- Prates, H. T., Santos, J. P., Waquil, J. M., Fabris, J. D., Oliveira, A. B., & Foster, J. E. (1998). Insecticida activity of monoterpenes against *Ryzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 34(1), 243-249.
- Ramírez, J., Gómez, M., Cotes, J., & Núñez, C. (2010). Efecto insecticida de los aceites esenciales de algunas lamiáceas sobre *Tecia solanivora* Povolny en condiciones de laboratorio. *Agronomía Colombiana*, 28, 255-263.
- Rey-Valeirón, C., Guzmán, L., Saa, L. R., López-Vargas, J., & Valarezo, E. (2017). Acaricidal activity of essential oils of *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch and *Schinus molle* L. on unengorged larvae of cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Journal of Essential Oil Research*, 29, 1-7.
- Saad, M. M. G., El-Deeb, D. A., & Abdelgaleil, S. A. M. (2019). Insecticidal potential and repellent and biochemical effects of phenylpropenes and monoterpenes on the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(7), 6801-6810.
- Sai, B., Saravanan, T., Ragavi, M., Kviya, G., Anushree, A., Arul, D., et al. (2013). Screening of Local Plants for Their Repellent Activity against Mosquitoes (Diptera: Culicidae). *J Mosquito Res*, 3(14), 97-104.
- Sakhanokho, H. F., Sampson, B. J., Tabanca, N., Wedge, D. E., Demirci, B., Baser, K. H., Bernier, U. R., Tsikolia, M., Agramonte, N. M., Becnel, J. J., Chen, J., Rajasekaran, K., & Spiers, J. M. (2013). Chemical composition, antifungal and insecticidal activities of *Hedychium* essential oils. *Molecules*, 18, 4308-4327.
- Santos, G., Dutra, K., Lira, C., Lima, B., Napoleão, T. H., Paiva, P., Maranhão, C., Brandão, S., & Navarro, D. (2014). Effects of *Croton rhamnifolioides* essential oil on *Aedes aegypti* oviposition, larval toxicity and trypsin activity. *Molecules*, 19, 16573-16587.
- Shepard, D. S., Halasa, Y. A., Tyagi, B. K., Adhish, S. V., Nandan, D., Karthiga, K. S., Chellaswamy, V., Gaba, M., & Arora, N. K. (2014). Economic and disease burden of dengue illness in India. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 91(6), 1235–1242.
- Silva, I. M. A., Martins, G. F., Melo, C. R., Santana, A. S., Faro, R. R. N., Blank, A. F., Alves, P. B., Picanço, M. C., Crislaldo, P. F., Araújo, A. P. A., & Bacci, L. (2018). Alternative control of *Aedes aegypti* resistant to pyrethroids: lethal and sublethal effects of monoterpene bioinsecticides. *Pest Management Science*, 74, 1001.
- Sotelo, A. H., Figueroa, C. G., Césaire, M. F., & Alegría, M. C. (2017). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of *Bursera graveolens* (Burseraceae) from Perú. *Indian J. Pharm. Educ. Res.*, 51, 429–436.
- Talavera-Aguilar, L. G., Murrieta, R. A., Kiem, S., Cetina-Trejo, R. C., Baak-Baak, C. M., Ebel, G. D., Blitvich, B. J., & Machain-Williams, C. (2021). Infection, dissemination, and transmission efficiencies of Zika virus in *Aedes aegypti* after serial passage in mosquito or mammalian cell lines or alternating passage in both cell types. *Parasites and Vectors*, 14(1), 261.
- Tong, F., Coats, J. R. (2012). Quantitative structure activity relationships of monoterpene binding activities to the housefly GABA receptor. *Pest. Manag. Sci.*, 68, 1122-1129.
- Tsukamoto, T., Ishikawa, Y., & Miyazawa, M. (2005). Larvicidal and adulticidal activity of alkylphthalide derivatives from rhizome of *Cnidium officinale* against *Drosophila melanogaster*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(1), 5549- 5553.
- World Health Organization. (2019) Dengue: *Guidelines for Diagnosis Treatment, Prevention and Control*; WHO Press; Geneva, Switzerland: pp. 3–87.
- Yang, C., Chang, X., Zhang, M., Ni, X., Gong, G., Yue, G., Sun, X., & Chen, H. (2017). Active compounds of stem bark extract from *Schima superba* and their molluscicidal effects on *Pomacea canaliculata*. *Journal of Pest Science*, 91(1), 437-445.
- Yukawa, C., Imayoshi, Y., Iwabuchi, H., Komemushi, S., & Sawabe, A. (2006) Chemical composition of three extracts of *Bursera graveolens*. *Flavour Frag. J.*, 21, 234–238.
- Zúñiga, B., Guevara-Fefer, P., Herrera, J., Contreras, J. L., Velasco, L., Pérez, F. J., & Esquivel, B. (2005). Chemical composition and anti-inflammatory activity of the volatile fractions from the bark of eight Mexican *Bursera* species. *Planta Medica*, 7, 825-828.