

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN



**Actividad larvicida e inhibitoria de crecimiento del aceite esencial
de *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) sobre *Aedes aegypti* (Diptera:
Culicidae)**

**Como requisito parcial para obtener el título de
INGENIERO AGRÓNOMO**

Por:

Litzy Michelle Guerrero Valenzuela

San Quintín, B.C. diciembre de 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN
CAMPUS ENSENADA.



“Actividad larvicida e inhibitoria de crecimiento del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) sobre *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)”

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA

LITZY MICHELLE GUERRERO VALENZUELA
362740

A quien el Comité de Tesis autoriza el trabajo terminal, después de haber efectuado una revisión minuciosa del mismo y de acuerdo con el Art. 19 del R.G.E.P.E.P, las y los señores profesores emiten los siguientes votos aprobatorios mediante rubrica:

LAURA DENNISSE CARRAZCO
PEÑA
DIRECTOR

NANCY ALONSO HERNÁNDEZ
CODIRECTOR

JORGE LUIS DELGADILLO
ÁNGELES
SINODAL

JOSÉ GUADALUPE
PEDRO MÉNDEZ
SINODAL

SALVADOR ORDAZ SILVA
SINODAL

“Por la Realización Plena del Ser”

Dedicatoria

A mis padres, Rosario Guerrero e Inocencia Valenzuela, quienes sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. Quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas mas grandes del mundo.

A mis hermanos Sheyla y Hervey, su comprensión y generosidad han sido un regalo invaluable que nunca podre agradecer lo suficiente. Gracias por estar siempre a mi lado, celebrando mis logros y animándome en los desafíos. Su presencia ha hecho que este camino sea mas significativo y memorable.

A mis tíos Alejandro y Felicita; su apoyo constante y consejos fueron recordatorio de que todo esfuerzo lleva a una recompensa, por alentarme a seguir adelante aún en los malos momentos, por brindarme un segundo hogar y tratarme como a una hija a lo largo de mi desarrollo académico.

A Benjamín Hernández. En el transcurso de este viaje, tanto académico como personal, he tenido la fortuna de estar acompañada por personas extraordinarias, entre las cuales tú destacas de manera especial. Tu presencia en mi vida ha sido una fuente constante de felicidad, apoyo y comprensión; Este logro no habría sido el mismo sin ti a mi lado.

A mi compañera y amiga Diana quien de alguna forma me ha acompañado y apoyado en cada una de mis aventuras académicas aun en la distancia, motivándome y aconsejándome para seguir adelante, siendo un recordatorio constante de que nunca es tarde para hacer lo que nos apasiona, este logro tambien se te atribuye.

A mis amigas, Madalyn Cortes e Iris Hernández quienes compartieron conmigo las alegrías de cada avance y me tendieron su mano en los momentos de duda y desaliento. Su amistad fue fundamental en los momentos difíciles y una fuente de motivación. Este éxito también les corresponde, pues cada una de ustedes dejó una huella en este viaje.

Agradecimientos

A la vida por haberme permitido llegar hasta este momento y culminar una etapa más en mi vida personal y formación profesional, mi carrera universitaria, por permitirme conocer Oaxaca, por hacerme coincidir con personas que me apoyaron durante cada una de las actividades realizadas.

A mis queridos padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios incansables que hicieron posible la realización de esta tesis. Ustedes han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación. Su apoyo a formado el camino para que pueda alcanzar mis metas académicas. Ninguna cantidad de palabras puede expresar mi gratitud hacia ustedes. Este logro no solo es mío, si no también de ustedes, gracias, mamá y papá, por ser mis pilares a lo largo de este viaje. Los quiero con todo mi corazón. A mi directora de tesis, la Doctora Laura Dennisse Carrasco Peña, por su paciencia y por brindarme consejos útiles que realmente marcaron la diferencia. Sin su ayuda, no habría llegado tan lejos. Estoy muy agradecida por haberla tenido como directora de tesis. ¡Gracias de todo corazón!

Al Doctor Salvador Ordaz Silva, por su invaluable apoyo durante todo el proceso de elaboración de esta tesis. Su constante estímulo y confianza en mi trabajo fueron un impulso indispensable para superar los desafíos. Agradezco profundamente su generosidad al compartir su conocimiento y experiencia. ¡Gracias, Doctor por ser un mentor excepcional!

A mis amigos del CIIDIR Martha y Fabricio, su apoyo constante, colaboración y ánimo han sido indispensables para llevar a cabo esta labor. Agradezco profundamente su dedicación y compromiso.

Al Doctor Carlos Granados Echegoyen, por brindarme de su tiempo y apoyo y por permitir desarrollarme dentro de su área de trabajo y laboratorio bioplanta, por compartir de su conocimiento e incentivarnos a desempeñarnos dentro del área de investigación.

A todos aquellos que de alguna manera han sido parte de este viaje, ya sea con su presencia, consejos, apoyo o su inspiración, les dedico este logro con profundo agradecimiento.

Resumen

La presente investigación se enfoca en evaluar la actividad larvicida e inhibitoria de crecimiento del aceite esencial a base de *Eucalyptus globulus* sobre *Aedes aegypti*, el vector responsable de transmitir enfermedades como el Dengue, el Zika y la fiebre amarilla. Utilizando métodos de extracción de aceite esencial a hojas de *E. globulus*, se llevaron a cabo pruebas de bioensayo para determinar la efectividad de dichas concentraciones en la mortalidad de larvas de *A. aegypti* y en la inhibición de su crecimiento. Los resultados obtenidos revelaron una mortalidad significativa dentro de las primeras 24 horas en concentraciones elevadas, de igual forma presentando un 95% de mortalidad en las 48 horas posteriores a la aplicación; El aceite esencial demostró tener un efecto inhibitor sobre el crecimiento y desarrollo de las larvas, los instares larvales II se vieron afectadas en un 100% bajo concentraciones de 600 a 800 ppm, las concentraciones después de las 24 horas disminuyeron, lo que sugiere una menor toxicidad del aceite. Estos hallazgos sugieren el potencial de *E. globulus* como una herramienta eficaz en el control de poblaciones de *A. aegypti*, ofreciendo una alternativa natural y sostenible para el combate de mosquitos vectores de enfermedades. Este estudio contribuye al campo de la salud pública al proporcionar evidencia sobre el uso de recursos vegetales para el control de vectores de enfermedades, promoviendo así estrategias de control más seguras y respetuosas con el medio ambiente.

Palabras clave: aceite esencial, mosquitos, mortalidad, inhibición, concentración.

Abstract

The present research focuses on evaluating the larvicidal and growth inhibitory activity of *Eucalyptus globulus* essential oil abase on *Aedes aegypti*, the vector responsible for transmitting diseases such as Dengue, Zika and yellow fever. Using methods of extracting essential oil from *E. globulus* leaves, bioassay tests were carried out to determine the effectiveness of these concentrations in the mortality of *A. aegypti* larvae and in inhibiting their growth. The results obtained revealed a significant mortality within the first 24 hours at high concentrations, as well as 95% mortality within 48 hours after application; the essential oil showed an inhibitory effect on the growth and development of larvae, the larval instars II were affected by 100% under concentrations of 600 to 800 ppm, the concentrations after 24 hours decreased, suggesting a lower toxicity of the oil. These findings suggest the potential of *E. globulus* as an effective tool in the control of *A. aegypti* populations, offering a natural and sustainable alternative for disease vector mosquito control. This study contributes to the field of public health by providing evidence on the use of plant resources for disease vector control, thus promoting safer and environmentally friendly control strategies.

Key words: oil essential, mosquitoes, mortality, inhibition, concentration.

ÍNDICE

RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	4
JUSTIFICACIÓN.....	4
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
HIPÓTESIS	6
• <i>Nula (0):</i>	6
• <i>Alternativa (1):</i>	6
CAPÍTULO 2.....	7
MARCO TEÓRICO:	7
IMPORTANCIA ECOLÓGICA DE LOS MOSQUITOS EN LAS CADENAS TRÓFICAS.....	8
LOS MOSQUITOS EN SALUD PÚBLICA	9
• <i>Taxonomía del mosquito del Dengue Aedes aegypti</i>	12
• <i>Morfología del mosquito del Dengue Aedes aegypti</i>	12
Huevo:.....	13
Larva 5 días:.....	14
Pupa 2-3 días:.....	14
Adulto:.....	14
MÉTODOS DE CONTROL IMPLEMENTADOS Y DAÑOS PROVOCADOS	15
LAS PLANTAS COMO RECURSOS CON POTENCIAL EN EL CONTROL DE PLAGAS	16
• <i>Importancia</i>	16
• <i>Metabolitos secundarios</i>	16
• <i>Métodos de obtención</i>	17
EL EUCALIPTO BLANCO <i>EUCALYPTUS GLOBULUS</i> COMO UNA FUENTE DE RECURSOS QUÍMICOS	18
• <i>Usos y etnobotánica del eucalipto blanco Eucalyptus globulus</i>	20
MODO DE ACCIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES SOBRE PLAGAS.....	22
CAPÍTULO 3.....	23
MATERIALES Y MÉTODOS	23
CRÍA DEL MOSQUITO <i>Aedes aegypti</i>	23
RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE MATERIAL VEGETAL.....	23
MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE <i>E. GLOBULUS</i>	24
CAPÍTULO 4.....	28

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
CAPÍTULO 5.....	33
5. CONCLUSIONES	33
6. RECOMENDACIONES	33
7. REFERENCIAS.....	34

Índice de cuadros

Cuadro 1. Actividad larvívora de aceite esencial de <i>Eucalyptus globulus</i> durante tres días consecutivos sobre larvas del mosquito <i>Aedes aegypti</i>	28
Cuadro 2. Análisis de regresión lineal Probit para las concentraciones letales medias que controlan la población de mosquitos <i>A. aegypti</i> tratados con aceite esencial.	29
Cuadro 3. Bioensayo sobre el efecto de mortalidad e inhibición de crecimiento y desarrollo que provoca el aceite esencial de <i>Eucalyptus globulus</i> durante el ciclo de vida de larvas del mosquito <i>Aedes aegypti</i> tratadas durante 17 días consecutivos con diversas concentraciones.	31

Índice de figuras

Figura 1. Regresión lineal y ajuste del modelo para larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) tratadas con el aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae).....30

INTRODUCCIÓN

El presente documento se desarrolló en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca del IPN; en el marco del proyecto de búsqueda de alternativas naturales para el control de insectos vectores de enfermedades de importancia en salud pública, como los mosquitos.

El mosquito *Aedes aegypti* vector de Dengue, Zika y Chikunguya, es un insecto omnipresente que desempeñan un papel crucial en el equilibrio ecológico y, a su vez, representan una amenaza significativa para la salud humana. Este insecto pertenece al orden Diptera y a la familia Culicidae, y se caracteriza por presentar un aparato bucal picador succionador con el cual chupan la sangre de su hospedero (Porto y Gardey, 2020). A lo largo de los años, la investigación en torno a estos pequeños vectores ha cobrado importancia debido a la capacidad de las hembras para transmitir diversas enfermedades, que afectan a millones de personas en todo el mundo (Blasco, 2016). Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), estos también pueden transmitir varias afecciones y parásitos a los que tienen predisposición de contagio perros y caballos (EPA, 2024).

En las últimas décadas, la creciente preocupación por la resistencia de los mosquitos a los insecticidas convencionales (Buehler, 2019), así como los potenciales efectos secundarios asociados con su uso ha llevado a una búsqueda constante de alternativas más seguras y sostenibles. En este contexto, los aceites esenciales han emergido como una opción prometedora al control de mosquitos (Andrade *et al.*, 2017), ofreciendo una alternativa natural y respetuosa con el medio ambiente. El aceite esencial del Eucalipto blanco *Eucalyptus globulus* (Myrtales: Myrtaceae), ha sido identificado como poseedor de propiedades insecticidas, repelentes, antiséptico, expectorante, antiinflamatorio, balsámico, antipirético (González *et al.*, 2016). Poseedor de compuestos se encuentran principios amargos y resinas. Como también es posible encontrar monoterpenos y aldehídos. Destaca su contenido en aceite esencial, cuyo principal constituyente es el éter óxido terpénico, terpineol, carburos terpénicos, alcoholes alifáticos y sesquiterpénicos, aldehídos (butírico, valeriánico, caprónico) y cetonas. Posee además

taninos, pigmentos flavónicos y un heterópsido fenólico complejo, el caliptósido, ácidos fenólicos, resina y un principio amargo (Carbonell, 2019).

Este estudio se enfoca en investigar la actividad larvicida e inhibitoria de crecimiento del aceite esencial de *E. globulus* sobre larvas de *Ae. aegypti*, la comprensión de las interacciones entre el aceite esencial y las etapas tempranas del ciclo de vida del mosquito, como la fase larval, es esencial para evaluar su eficacia como agente de control y aportar a la base científica que respalda la utilización de aceites esenciales en estrategias de control vectorial. Y así contribuir al desarrollo de métodos más sostenibles y seguros para mitigar la propagación de enfermedades transmitidas por mosquitos y favorecer la salud pública y la preservación del equilibrio ambiental. Por lo cual dicho documento se encuentra estructurado por capítulos descritos a continuación.

Dentro del capítulo 1, planteamiento del problema, se establece el contexto general de la actividad del mosquito *Ae. aegypti*, presentando una revisión breve de la literatura relevante para el estudio definiendo el problema, estableciendo la pregunta de investigación donde se formula si dicho aceite cumple con lo planteado, justificando la importancia del estudio y presentando los objetivos tanto generales como específicos donde se delimita el alcance del trabajo.

En el capítulo 2, marco teórico, se ofrece una revisión más detallada de la literatura relacionada con la importancia del mosquito, generalidades y cómo influye en el factor salud y agropecuario. Presentando marcos de referencia relevantes. Donde se presentan estudios anteriores y se identifican las áreas en el conocimiento que motivan la investigación sobre la implementación de aceites esenciales como método de control.

El Capítulo 3, materiales y métodos el cual está integrado por la descripción de los métodos utilizados para llevar a cabo la investigación, abarcando el proceso de obtención del aceite esencial, detallando el diseño de investigación, incluyendo el enfoque cualitativo o cuantitativo, explicando los procedimientos y las técnicas de recolección de datos y discutiendo los métodos de análisis utilizados.

El Capítulo 4, resultados y discusión presenta los hallazgos obtenidos durante la investigación, plasmando los datos recopilados de manera objetiva y clara a través de la

utilización de tablas o gráficos para organizar y presentar los datos. Los resultados se resumen en cuanto a los objetivos del estudio, la interpretación de los resultados en el contexto de la literatura revisada, el análisis de los resultados, sus limitaciones en relación con las teorías y modelos presentados sobre una base teórica.

El Capítulo 5, conclusiones y recomendaciones presenta un resumen de los principales hallazgos obtenidos a lo largo de la investigación, destacando su relevancia para el campo de estudio. Se evalúa el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente y se discuten las implicaciones prácticas y teóricas de los resultados. Se ofrecen recomendaciones para futuras investigaciones, identificando áreas adicionales de estudio y posibles aplicaciones prácticas de los hallazgos. Además, se reconocen las limitaciones del estudio. En conjunto, este capítulo cierra la investigación reafirmando la contribución de los hallazgos al conocimiento existente y señalando caminos para futuras exploraciones en el tema.

Capítulo 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mosquito es un importante vector de enfermedades transmitidas por arbovirus como el Dengue y las emergentes como la fiebre Chincunguya y Zika (Padilla-Rodríguez, 2023). La propagación de este vector representa una grave amenaza para la salud pública y productiva en muchas regiones tropicales y subtropicales del mundo, lo que resulta en una carga significativa de enfermedad y mortalidad (Alfaro-Martínez, 2018). En México, las enfermedades amenazan a las comunidades puesto que dentro de los últimos años se han producido varios brotes a gran escala de Dengue y se espera que el número de personas infectadas aumenten a un 40% en los próximos cincuenta años (World Mosquito Program, 2023). Se han registrado brotes de enfermedades transmitidas en ganado, lo que ha generado preocupación en la industria ganadera, también pueden causar estrés y malestar en el ganado debido a las picaduras, lo que puede afectar la producción de leche y carne (Reinosa, 2023). En la agricultura mexicana, el daño puede tener varias implicaciones negativas. Los métodos convencionales de control de mosquitos, como el uso de insecticidas organofosforados, pueden tener efectos adversos en el medio ambiente y la salud humana, además de que los mosquitos pueden desarrollar resistencia a estos productos químicos con el tiempo (Paaijmans *et al.*, 2019). Esto dificulta aún más el control efectivo de las poblaciones de mosquitos tanto en áreas urbanas como rurales, así como en los entornos agrícolas.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de la exposición al aceite esencial de *Eucalyptus globulus* en la actividad del crecimiento de las larvas de *Ae. Aegypti* en condiciones de laboratorio?

Justificación

La investigación sobre el potencial del aceite esencial de eucalipto para el control de mosquitos emerge como una opción prometedora y digna de exploración. El eucalipto, conocido por sus propiedades medicinales y repelentes, ha sido objeto de interés en diversos campos, y su aceite esencial ha demostrado tener efectos sobre los mosquitos,

particularmente sobre el *Ae. aegypti*, el principal vector de muchas enfermedades virales (Bedoya et.al, 2023; Toribio, 2024).

Esta tesis propone investigar el potencial del aceite esencial de eucalipto en el control de mosquitos, centrándose en su actividad larvica e inhibitoria de crecimiento contra *Ae. aegypti*. Al abordar esta pregunta, se espera contribuir significativamente al campo de la salud pública y la entomología médica, ofreciendo nuevas perspectivas y soluciones innovadoras para el control de vectores (Sierra *et al.*, 2021).

Los beneficios potenciales de esta investigación para la sociedad son múltiples y sustanciales. En primer lugar, el desarrollo de métodos de control de mosquitos basados en el aceite esencial de eucalipto podría ofrecer una alternativa segura y natural a los insecticidas químicos convencionales, que pueden plantear riesgos para la salud humana y el medio ambiente (Soto-Cáceres *et al.*, 2022). Además, dado que el eucalipto es una planta común y ampliamente disponible en muchas regiones del mundo (Hillis y Brown, 1984). Esta investigación podría promover la utilización de recursos locales en la lucha contra enfermedades transmitidas por mosquitos, especialmente en comunidades con recursos limitados.

Además, esta investigación podría estimular investigaciones adicionales sobre otros aceites esenciales de plantas con propiedades similares, ampliando así el arsenal de herramientas disponibles para el control de enfermedades transmitidas por mosquitos (Leyva-Silva *et al.*, 2017).

Se busca abordar una necesidad crítica en el campo de la salud pública al explorar el potencial del aceite esencial de eucalipto en el control de dichos insectos. Al hacerlo, se espera generar conocimientos nuevos y prácticos que beneficien a las comunidades afectadas por enfermedades transmitidas por vectores, contribuyendo así a la mejora de la salud pública, agropecuaria y el bienestar de la sociedad en su conjunto (Yáñez et al., 2010).

Objetivo general

Evaluar el efecto de inhibición de crecimiento del aceite esencial de *E. globulus* (Myrtaceae) sobre larvas de mosquito *A. aegypti* (Diptera: Culicidae) en condiciones de laboratorio.

Objetivos específicos

- Evaluar el impacto del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* sobre la mortalidad de *Ae. aegypti* en un entorno de laboratorio, mediante la implementación de diferentes concentraciones.
- Investigar el impacto del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* en la morfología y desarrollo de larvas de *Ae. aegypti* a lo largo del tiempo.
- Determinar la concentración óptima de aceite esencial de *Eucalyptus globulus* requerida para lograr una mortalidad máxima de larvas de *Ae. aegypti* en condiciones de laboratorio.

Hipótesis

- Nula (0): La exposición al aceite esencial de *Eucalyptus globulus* resultará en una inhibición significativa del crecimiento de las larvas de *Ae. aegypti* en comparación con el grupo de control sin exposición al aceite.
- Alterna (1): La actividad larvívica del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* no variará con respecto a diferentes concentraciones del aceite.

Capítulo 2

MARCO TEÓRICO:

2.1. Importancia de los mosquitos vectores de enfermedades en la agricultura.

En el siglo XIX, científicos como Sir Ronald Ross y Carlos Finlay realizaron investigaciones pioneras que llevaron al descubrimiento del ciclo de transmisión de enfermedades como la malaria y la fiebre amarilla por parte de los mosquitos (Leonard, 1990). Estos hallazgos sentaron las bases para la comprensión moderna de cómo los mosquitos pueden transmitir enfermedades a través de sus picaduras no solo a humanos, sino también a animales de granja como aves, ganado y cerdos (EPA, 2024). Algunas de las enfermedades más comunes transmitidas por mosquitos a aves y ganado incluyen la fiebre del Nilo Occidental, que es una enfermedad viral transmitida principalmente por mosquitos. Afecta a aves, especialmente las de hábitos migratorios, y puede causar síntomas graves e incluso la muerte (WHO, 2017).

La encefalitis equina afecta principalmente a caballos y se transmite a través de la picadura de mosquitos infectados, como los mosquitos del género *Aedes* y *Culex*. Puede causar inflamación del cerebro y síntomas neurológicos graves en los caballos, a menudo con consecuencias fatales (SINAE, 2024).

La fiebre aftosa es una enfermedad altamente contagiosa que afecta a los animales mamíferos, como vacas, cerdos, ovejas y cabras. Aunque la enfermedad generalmente se transmite a través del contacto directo y puede ser transmitida por mosquitos, especialmente en áreas donde la enfermedad es endémica (SENASICA, 2020). Es muy contagiosa y se caracteriza por la presencia de ampollas en boca, nariz, patas y pezones. El 100% de los animales pueden contraer dicha enfermedad con una probabilidad de muerte del 1 a 5% (SENACSA, 2020).

La leucosis aviar es una enfermedad viral que afecta a las aves de corral, como pollos y pavos (Shivaprasad, 2014). Aunque la enfermedad generalmente se transmite a través del contacto directo entre aves infectadas, también puede ser transmitida por mosquitos, especialmente en condiciones de alta densidad de población y presencia de vectores (Manet y col., 1989). La Unión Nacional de Avicultores seguro que el brote puede causar

una alta tasa de mortalidad en las aves de corral infectadas presentando un 100% en casos agudos, lo que resulta en una reducción en la producción de carne y huevos en las granjas avícolas afectadas (UNA, 2022). Esto puede tener un impacto negativo en la rentabilidad de las operaciones avícolas y en la disponibilidad de productos avícolas en el mercado (Almeida, 2006).

Los brotes de enfermedades transmitidas por mosquitos pueden tener un impacto en la seguridad alimentaria al reducir la disponibilidad de alimentos debido a la pérdida de cultivos y animales de granja afectados por estas enfermedades (Pichel, 2022). Además, las restricciones comerciales impuestas a raíz de los brotes de enfermedades pueden limitar el acceso a alimentos importados y afectar la disponibilidad y variedad de productos alimenticios en el mercado (Sequeiros, 2022).

Importancia ecológica de los mosquitos en las cadenas tróficas

Aunque los mosquitos son a menudo vistos como plagas molestas y portadores de enfermedades, también desempeñan un papel crucial en los ecosistemas como parte de las cadenas tróficas (Hernández, 2023). De acuerdo a (MMA, 2023) , sirven como una importante fuente de alimento para muchas especies, incluyendo aves, murciélagos, peces, reptiles y otros insectos (Medium multimedia de marketing digital, 2023). Las larvas de mosquitos, en particular, son consumidas por peces y otros animales acuáticos (Walshe *et al.*, 2017). Mientras que los mosquitos adultos son cazados por aves insectívoras y murciélagos (Richter, 2020).

Aunque puede parecer contradictorio, los mosquitos también desempeñan un papel en el control de poblaciones de otras especies, ya que actúan como depredadores y reguladores de poblaciones de otros insectos, como las larvas de mosquitos que se alimentan de larvas de otros insectos en cuerpos de agua (Fischer, 2016).

Algunas especies también contribuyen a la polinización de plantas al alimentarse del néctar de flores. Aunque no son tan efectivos como otros polinizadores como las abejas, aún desempeñan un papel en la reproducción de algunas plantas (SINC, 2020).

Cuando mueren, sus cuerpos se convierten en una fuente de nutrientes para otros organismos en el ecosistema. Los descomponedores como bacterias y hongos descomponen los cuerpos de los mosquitos muertos, liberando nutrientes esenciales de vuelta al suelo y al agua (MMA, 2023).

Aunque pueden ser considerados plagas en sí mismos, ciertas etapas de su ciclo de vida, como las larvas, pueden ser utilizadas en el control de plagas de moscas y otros insectos. Algunas especies de peces, anfibios, salamandras y aves se alimentan de las larvas de mosquitos en estanques y pantanos, ayudando a mantener bajo control las poblaciones de otros insectos (Fernández, 2024).

La diversidad de especies también contribuye a la biodiversidad general de los ecosistemas. Los diferentes tipos ocupan una variedad de nichos ecológicos y proporcionan oportunidades para la coevolución y la adaptación en otras especies que interactúan con ellos. La presencia y la abundancia de ciertas especies de mosquitos pueden servir como indicadores de la salud general del ecosistema (Rodríguez, 2008). Los cambios en las poblaciones de mosquitos pueden reflejar alteraciones en la disponibilidad de hábitats acuáticos, la calidad y disposición del agua, la Incidencia de la Precipitación, el área geográfica, variación de las temperaturas, humedad relativa, vegetación disponible en la zona, el uso de pesticidas en su control y la urbanización de la zona (Márquez *et al.*, 2019; Richter-Boix, 2020).

Los mosquitos en salud pública

Las enfermedades por vectores son consideradas un cúmulo de patologías abarcando bacterias, virus y parásitos los cuales se diseminan por medio de la picadura del mosquito. Según la WHO cerca de un 17% de las enfermedades transmisibles en el mundo es responsabilidad de los vectores (World Health Organization, 2017).

En el año 1950 en México se introdujo el Dengue, mientras que el Zika se presentó en 2016 y el Chikungunya en 2014 (Irecta, 2019). La OMS coloca a México como el país que ocupa el quinto lugar de incidencia de Dengue en América Latina (Ramírez-Zepeda *et al.*, 2009; Mora-Covarrubias *et al.*, 2010).

De acuerdo a un dictamen de la Organización de las Naciones Unidas se estima que más del 68% de la población global en 2050 reside en áreas urbanas. En respuesta a esta amenaza, los esfuerzos de salud pública se centran en la prevención y el control de mosquitos. Esto incluye medidas como la eliminación de criaderos, el uso de insecticidas químicos y la educación pública sobre prácticas de prevención, como el uso de repelentes y el mantenimiento de recipientes de agua limpios (ONU, 2022).

Las enfermedades por vectores al año se presentaron cerca de 750,000 descensos ocasionados por mosquitos vectores representando un 17% de todas las enfermedades (EL COLEGIO NACIONAL, 2022; WHO, 2020). En el país se confirmaron 45,982 casos de Dengue, presentando cuatro veces más que el año anterior, al igual que 103 defunciones. De los casos confirmados un 66% corresponden a los estados de Morelos, Puebla, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo (SINAVE, 2023).

En el transcurso de los años 2001 y 2016 la Organización Mundial de la Salud reportó 6.8 millones de defunciones por malaria. En 2015 se registraron 212 millones de casos donde, 429,000 pacientes perdieron la vida representando a niños menores de 5 años con un 70% (WHO, 2016).

La jefa de la unidad de epidemiología de los servicios de salud de Oaxaca dio a conocer tres defunciones por mosquitos, tratándose de 2 mujeres de 35 y 69 años y un menor, todos los casos fueron reportados en el periodo de julio a agosto. Reportando hasta la semana 41 alrededor de 109 casos de los cuales 60 son del sexo femenino y 49 masculinos sumando un total de 325 casos confirmados (SSO, 2023).

Biología y taxonomía de *Aedes aegypti*

- Generalidades del mosquito del Dengue *Aedes aegypti*

La alimentación se basa dependiendo a la etapa en larvas dependen de macroorganismos presentes en el agua, mientras que los huevos y pupas no se alimentan (Alcocer *et al.*, 2020). En etapa adulta se alimentan de néctar de flores y jugos de frutos para obtener energía. Las hembras necesitan alimentarse de sangre para

producir huevos, éstas obtienen el 95% de su sangre por humanos, siendo la razón de ser considerado como un vector tan eficaz (EGE-IEGEB, 2016; Lorca, 2023). Durante la toma de sangre el individuo introduce su saliva al torrente sanguíneo de la fuente de alimento logrando transmitir aquellos parásitos que son compatibles a su fisiología (Tn, 2016).

El hábitat del *Aedes aegypti* se caracteriza por la presencia de agua estancada, ya que las hembras de este mosquito depositan sus huevos en lugares con estas características (Ascarza, 2022). En África las larvas pueden encontrarse en huecos de árboles, zonas húmedas, pantanosas. En la mayoría de países suelen encontrarse en cavidades artificiales neumáticas, depósitos de plástico o metal o de manera secundaria en áreas naturales, charcos y cuerpos de agua (Tinker, 1976).

- Origen y distribución del mosquito del Dengue *Aedes aegypti*

Su origen data de África en el cinturón tropical. Su diseminación en América en los siglos XV Y XVI fue ocasionada por el ser humano con la utilización de transporte acuático, aéreo y terrestre (Agrelo, 1996). El término "aegypti" en su nombre científico sugiere una conexión con Egipto, pero en realidad, su presencia en Egipto y otros lugares fuera de África probablemente se deba a la introducción por medio de actividades humanas, como el comercio y la migración (Intra Med, 2016). Su distribución en nivel mundial fue originada después de la segunda guerra mundial durante el movimiento de los soldados (WMP, 2012).

Se puede encontrar en regiones de América del Sur, América Central, el Caribe, partes de América del Norte, África, el Medio Oriente, el sudeste asiático y el sur de Asia. Sin embargo, su presencia puede ser variable dentro de estas regiones, dependiendo de factores como el clima, la disponibilidad de hábitats adecuados y los esfuerzos de control de mosquitos (Seppa, 2015). La distribución está limitada por la altura. Se ha observado en altitudes elevadas en las regiones más cálidas de India y Colombia, pero generalmente no se encuentra por encima de los 1000 metros sobre el nivel del mar (Lozano-Fuentes *et al.*, 2002).

- Taxonomía del mosquito del Dengue *Aedes aegypti*
 - Reino: Animal
 - Phylum: Arthropoda.
 - Superclase: Hexapoda.
 - Clase: Insecta.
 - Orden: Diptera.
 - Familia: Culicidae.
 - Subfamilia: Culicinae.
 - Género: *Aedes*, (Meigen, 1818).
 - Subgénero: *Stegomyia*, (Theobald, 1901).
 - Especie: *Aedes aegypti*, (Linnaeus, 1762).
(Sulca y Oliver, 2023).

- Morfología del mosquito del Dengue *Aedes aegypti*
Aedes es el género con mayor importancia en transmitir enfermedades, presenta una serie de características morfológicas distintivas que lo diferencian de otras especies de mosquitos, son caracterizados por poseer palpos más cortos a la probóscide con la cual se ve diferenciado a los anophelinos (Rosario, 2019). Cuenta con cuerpo pequeño de 5 a 10 milímetros de tonalidad café oscuro poseedor de escamas blanquecinas plateadas dándole a las patas y abdomen aspecto de bandas. Los machos presentan antenas plumosas y no se alimentan de sangre al contrario que las hembras presentando hábitos hematófagos (INSPI, 2014).

La cabeza es relativamente grande en comparación con el resto del cuerpo, la parte frontal de la cabeza, tienen un par de antenas largas y delgadas, que utilizan para detectar olores y sonidos en su entorno (Aldama, 2019). También tienen un par de ojos compuestos grandes y facetados, que le permite una visión muy sensible al movimiento (CDC, 2024). La probóscide, o aparato bucal, es una estructura alargada que sobresale de la parte frontal de la cabeza y está formada por dos piezas llamadas "palpos" y una estructura en forma de aguja llamada "estilete" (Nelson, 1986). Las

hembras utilizan la probóscide para perforar la piel y extraer sangre, mientras que los machos se alimentan de néctar y no tienen la capacidad de picar.

El tórax es robusto y alberga los músculos necesarios para el vuelo. Las alas, patas y órganos sensoriales están unidos al tórax (Maciá, 2023). En la parte dorsal del tórax, los mosquitos tienen un patrón característico de rayas blancas o plateadas, que puede ser útil para identificar la especie (National geographical, 2023). El abdomen es la parte más larga del cuerpo del mosquito y contiene los órganos internos, incluyendo los sistemas digestivo y reproductor. En las hembras, el abdomen puede expandirse significativamente después de alimentarse de sangre, mientras que en los machos permanece más delgado (Lundquist, 2018). Posee seis patas delgadas y largas, que utilizan para caminar, trepar y sostenerse mientras se alimentan (Blasco, 2016). Cada pata está compuesta por segmentos articulados y termina en garras afiladas que les permiten aferrarse a superficies (Soria, 2021).

- Ciclo de vida del mosquito del Dengue *Aedes aegypti*

Este ciclo de vida completo, desde el huevo hasta el mosquito adulto, puede tardar de 7 a 10 días en condiciones óptimas, aunque puede variar según la temperatura y la disponibilidad de agua.

Huevo: El ciclo de vida comienza cuando la hembra adulta se alimenta de sangre, busca un lugar adecuado para depositar sus huevos en recipientes de agua estancada como charcos, neumáticos viejos, jarras, floreros o cualquier otro contenedor que pueda retener agua, este mide 1 milímetro y cuando es ovipositado es color blanco y se torna negro brillante al paso del tiempo, durante la postura son fecundados e inicia su desarrollo embrionario el cual se logra en un lapso de 48 horas (Montero, 2009). Los huevos son colocados en grupos, formando flotillas "rafts" que flotan en la superficie del agua (Otero *et al.*, 2008). Frente a la sequía resisten hasta 8 meses y pueden sobrevivir en condiciones adversas hasta que las condiciones sean adecuadas para eclosionar (Farnesi *et al.*, 2009).

Larva 5 días: Cuando las condiciones son favorables, los huevos eclosionan y liberan larvas, también conocidas como "mosquito acuático o maromeros" (Madrid, 2014). De acuerdo a Our Water Our World las larvas son acuáticas pueden ver dentro del agua son activas y se alimentan de microorganismos presentes en el agua incluyendo algas, bacterias y otros materiales orgánicos (OWOW, 2008). Durante esta etapa, pasan por varias mudas o instares, mediante los cuales mudan su exoesqueleto varias veces para crecer y desarrollarse (ENVU, 2019). Suele confundirse con otras especies por el aspecto de su cabeza, tórax ovoide y segmentación de 9 en el área abdominal (Gutiérrez, 2017). En el segmento posterior se localizan 4 branquias lobuladas encargadas de la regulación osmótica y un sifón con el cual respira (Montero, 2009). La duración de esta etapa dependerá de las condiciones ambientales con temperaturas de 25° a 29° (García-Martínez, 2018).

Pupa 2-3 días: Después de la última muda conocido como cuarto instar, la larva se transforma en una pupa. La pupa es un período de transición en el que el mosquito no se alimenta, es más inmóvil y tiene una forma característica en "coma" (Chorda', 2014). Durante esta etapa se desarrollan las estructuras internas y externas necesarias para la vida adulta del mosquito, respira a través de tubos respiratorios, que emergen en la superficie del agua (Williams y Pinto, 2012).

Adulto: Después de unos días en la etapa de pupa, emerge a la superficie el adulto rompe la piel de la pupa y sale a la superficie del agua, donde sus alas se despliegan y se secan (Popa, 2011). En esta etapa, los mosquitos son capaces de volar, las especies *Aedes aegypti* y *A. albopictus* no vuelan largas distancias por lo general no pasan los 50 metros, por lo que prefieren vivir cerca de las personas y buscar alimento, que en el caso de las hembras incluye la sangre necesaria para desarrollar los huevos, mientras que los machos se alimentan de néctar y jugo de plantas (Montero, 2009). Los mosquitos adultos pueden vivir varias semanas durante las cuales buscan un compañero para aparearse y continuar el ciclo de vida, dependiendo de las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos (DPS, 2024).

Métodos de control implementados y daños provocados

El *A. aegypti* se reproduce en recipientes de agua artificiales por lo general con volumen reducido, colocando sus huevos en las orillas de botellas, tanques, latas, entre otros que cuenten con áreas próximas a viviendas puesto a que si se realizan aplicaciones de control en áreas verdes estos tengan un efecto nulo sobre ellos (CDPH, 2017). Una parte fundamental para el control es eliminar los hábitats que se localicen en alrededores de viviendas de forma que no tenga lugar para colocar huevos. El utilizar barreras estructurales impidiendo las picaduras de las hembras interrumpiendo la obtención de nutrientes y por ende la maduración de huevos (EPA, 2024).

Según la Unidad de control de vectores de Puerto Rico “los larvicidas” son productos químicos que se pueden aplicar directamente a las fuentes de agua para controlar las larvas de mosquitos. Estos productos están diseñados para atacar y matar las larvas de mosquitos antes de que maduren y se conviertan en adultos” (Xavierprvcu, 2019). De acuerdo al centro para el control y prevención de enfermedades los insecticidas catalogados como adulticidas son implementados para mantener el control y erradicar la población de mosquitos adultos (CDC, 2020). El registro de productos disponibles de EPA está constituido por organofosforados, piretrinas naturales y piretroides sintéticos (CDC, 2024).

El uso excesivo de un mismo insecticida genera una resistencia en los insectos, favoreciendo la transmisión de muchas enfermedades (Bisset, 2002). Los pesticidas pueden contaminar la tierra y el agua, lo que puede tener impactos negativos en los sistemas naturales. Además, la exposición a los pesticidas puede ser perjudicial para la salud humana, especialmente si se utilizan en áreas densamente pobladas o de forma incorrecta.

La exposición directa a los pesticidas ha sido vinculada con una variedad de problemas de salud, desde irritación ocular y de la piel hasta efectos neurológicos y cáncer (Calvo-Trujillo, 2019). La Organización Mundial de Salud ha calculado alrededor de 20,000 defunciones anualmente como consecuencia de la exposición a insecticidas de grados toxicológicos elevados (WHO, 1990).

Las plantas como recursos con potencial en el control de plagas

- Importancia

Desde la antigüedad, la gente ha utilizado las plantas para controlar las plagas y este uso continúa hasta el día de hoy. La planta se utiliza en todos los continentes para controlar insectos, aves, mamíferos y otros organismos que atacan cultivos y productos almacenados y afectan a humanos, ganado y otros animales domésticos (Villavicencio-Nieto, 2010). Las plantas ofrecen un potencial considerable en el control de plagas, gracias a una variedad de mecanismos naturales que pueden ayudar a mantener a raya a los insectos no deseados y otros organismos perjudiciales, algunas plantas tienen propiedades repelentes que actúan como barreras naturales contra las plagas (Zelaya-Molina *et al.*, 2022). Estos repelentes pueden ser compuestos volátiles emitidos por las plantas que ahuyentan a los insectos, como es el caso de la citronela, conocida por su capacidad para repeler mosquitos (Cantúa *et al.*, 2019).

Otro enfoque consiste en cultivar plantas que atraigan insectos beneficiosos, como mariquitas, avispas parasitoides y otros depredadores naturales de las plagas (Amarasekare, 2020). Estos insectos beneficiosos pueden ayudar a controlar las poblaciones de plagas al alimentarse de ellos o parasitar sus huevos, lo que ayuda a mantener el equilibrio ecológico en la agricultura.

Algunas plantas también producen compuestos químicos naturales con propiedades insecticidas, que pueden ser utilizados en formulaciones de insecticidas orgánicos (Munro, 2014). El piretro, fue utilizado por primera vez en 1900, realizó un extracto de crisantemo puesto que contiene el principio activo como insecticida (Ramírez y Lasacaña 2001; Ansari *et al.*, 2013; Castillo Chavarría y Barba Martínez, 2017).

- Metabolitos secundarios

El cúmulo de reacciones en el organismo conforman el metabolismo donde mayoritariamente el carbono, energía y nitrógeno terminan en moléculas comunes, necesarias para el funcionamiento de un organismo tratándose de azúcares, aminoácidos, nucleótidos y lípidos constituyendo los metabolitos primarios (Carril, 2009).

Al resultado final de los metabolitos primarios se denominan metabolitos secundarios, mientras que los productos metabólicos necesarios para el crecimiento del organismo

intervienen en las interacciones ecológicas entre las plantas y el medio ambiente, actúan como defensa contra depredadores y patógenos, como agentes alelopáticos que afectan a otras plantas y atraen a polinizadores o dispersores de semillas (Camacho, 2020).

Muchos de estos metabolitos secundarios son sustancias químicas muy valiosas que se utilizan habitualmente en alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos. También se utiliza como agente anticancerígeno y antiinfeccioso y es una fuente importante para el desarrollo de fármacos (Cortés, 2013).

Actúan como mediadores, interviniendo en las funciones de la planta o de los organismos que interactúan, y participan en las respuestas a innumerables variables ambientales y de interacciones bióticas (Mencía, 2022). Algunos estudios sugieren que los metabolitos secundarios presentes en la mayoría de las plantas ejercen efectos bactericidas o bacteriostáticos, antihelmínticos, anticancerígenos, antioxidantes e inmunoestimulantes, lo que lo hace útiles en la alimentación animal y como medicamentos, saborizantes, pigmentos y drogas recreativas (Hernández-Alvarado, 2018).

- Métodos de obtención

La obtención de metabolitos secundarios puede variar dependiendo del tipo de compuesto y de la fuente de origen, ya sea plantas, microorganismos u otros organismos (Vélez-Terranova *et al.*, 2014). Sin embargo, algunos métodos comunes de obtención incluyen extractos solventes, este método implica el uso de solventes orgánicos para extraer los metabolitos secundarios de la materia prima (Handa *et al.*, 2008). La planta, microorganismo u otro material se macera o tritura y luego se agita con un solvente adecuado, como etanol, metanol o cloroformo (Ringuelet, 2013). Los metabolitos secundarios se disuelven en el solvente y se separan de los componentes insolubles mediante filtración o centrifugación (Castillo, 2009). Posteriormente, el solvente se evapora para obtener el extracto crudo, que puede ser sometido a procesos adicionales de purificación (TEC, 2021).

Mientras la extracción asistida por ultrasonido es una técnica que facilita y disminuye el tiempo de la extracción de metabolitos secundarios (Torres-Valenzuela *et al.*, 2020). La muestra se coloca en un solvente adecuado y se somete a ultrasonido, lo que aumenta

la velocidad y la eficiencia de la extracción al romper las paredes celulares y facilitar la liberación de los compuestos deseables (Pérez *et al.*, 2018).

El método de cromatografía de columna se utiliza para purificar y separar los metabolitos secundarios a partir de extractos crudos (Corzo, 2019). El extracto se carga en una columna cromatográfica, que está rellena con un adsorbente adecuado, como sílice gel o resina de intercambio iónico. Los metabolitos se separan en la columna según sus diferencias en afinidad por el adsorbente y su interacción con el solvente móvil. Se recogen fracciones individuales y se analizan para determinar la presencia y la pureza de los compuestos de interés (López *et al.*, 2005).

El eucalipto blanco *Eucalyptus globulus* como una fuente de recursos químicos

- Generalidades del eucalipto

Nombre Científico: *Eucalyptus globulus* Labill

Familia: Myrtaceae

Nombre Español: Eucaliptus

De origen austral localizado en climas templados, semisecos, semicálidos y cálidos de 500 y los 2500 msnm (Vinueza, 2013). Conocida como una de las primeras especies en el mundo. Su origen trasciende de zona este, sudeste y áreas pequeñas de la costa oeste de Tasmania de igual forma de las islas del estrecho de Bass y el área sur de Victoria en Australia (Balmelli, 1995). Las condiciones de temperatura óptima máxima son de 20°C a 23°C, con mínimas entre 0°C y 8°C, su precipitación media anual se encuentra entre 600 y 1400mm (Marcó *et al.*, 2000).

Descripción botánica, es un árbol grande que puede alcanzar alturas de hasta 50 metros, aunque generalmente se mantiene más corto en cultivo (Renobales *et al.*, 2001). Tiene un tronco recto y cilíndrico que puede alcanzar un diámetro de hasta 2 metros. La corteza es característicamente lisa y de color azul-grisáceo, que se desprende en tiras largas y delgadas para revelar una corteza subyacente de color blanco o verde claro (Vinueza, 2013). Las hojas son lanceoladas, alternas y sésiles (sin pecíolo). Tienen un color verde

azulado característico y son relativamente grandes, midiendo entre 15 y 35 centímetros de largo y 2-3 centímetros de ancho. Las hojas jóvenes suelen ser más redondeadas y de un tono más azul intenso que las hojas maduras (Von, 1880). Las flores son pequeñas y blancas, con numerosos estambres amarillos que sobresalen. Se agrupan en inflorescencias axilares llamadas umbelas, que surgen de los nudos de las hojas (Lorenzo-Cáceres, 2007). Los frutos son cápsulas leñosas globosas que contienen numerosas semillas diminutas. Las cápsulas maduras se abren para liberar las semillas, y a menudo permanecen en el árbol durante períodos prolongados (Majada *et al.*, 2012). El sistema radicular de *E. globulus* es profundo y extenso, lo que le permite acceder a agua y nutrientes incluso en suelos pobres. Las hojas y la corteza del eucalipto tienen un aroma característico, que es fuerte y refrescante (Jiménez , 2015).

El eucalipto azul es una especie arbórea conocida por su rápido crecimiento y su adaptabilidad a una amplia variedad de condiciones de suelo (Iglesias, 2018). En el campo de la edafología, el estudio de cómo interactúa esta especie con el suelo revela aspectos importantes para su cultivo exitoso. El pH del suelo es un factor crucial para el crecimiento del eucalipto azul. Aunque puede tolerar una amplia gama de pH, desde ácido hasta alcalino, prefiere suelos ligeramente ácidos a neutros, con un rango óptimo entre 5,5 y 7,5. Esto influye en su capacidad para absorber nutrientes del suelo y afecta su desarrollo (Quiroz y Toro, 2007).

Otro aspecto relevante es el drenaje del suelo. *Eucalyptus globulus* prospera en suelos bien drenados, lo que evita problemas como el encharcamiento que pueden ser perjudiciales para sus raíces (Carrión, 2007). Las texturas de suelo francas a franco-arenosas son las preferidas, ya que permiten una buena aireación y un adecuado crecimiento radicular (Trujillo , 2013). La disponibilidad de nutrientes en el suelo también es crucial para el crecimiento de esta especie demandante en nitrógeno y fósforo, y la falta de estos nutrientes puede limitar su desarrollo. En suelos pobres en nutrientes, puede ser necesario aplicar fertilizantes para satisfacer sus requerimientos (Smethurst and Wang, 1998).

Por otra parte, su rápido crecimiento y capacidad para extraer recursos del suelo pueden afectar la biodiversidad y la estructura de la comunidad vegetal en áreas donde se cultiva en grandes cantidades (Elosegi, 2020).

- Usos y etnobotánica del eucalipto blanco *Eucalyptus globulus*

En este sentido, los estudios etnobotánicos son una base importante para el desarrollo de planes de salud, que incluyan la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos florísticos (Sotero-García *et al.*, 2016), señaló que la transmisión de conocimientos tradicionales en las dos últimas décadas del siglo XX se vio afectada por la rápida disminución de la vegetación y los cambios sociales, económicos y culturales. La especie tiene una serie de aplicaciones etnobotánicas y medicinales que han sido utilizadas durante siglos en diversas culturas (Imaicela, 2014).

Durante el siglo XIX, el eucalipto se introdujo en Europa y rápidamente se hizo popular porque se aprovechaban sus propiedades por médicos, farmacéuticos, boticarios y otros del sector salud de la Ciudad de México (Vega y Ortega, 2016). Es por esta razón que el eucalipto fue apreciado por los científicos de la década de 1870 como una especie de interés, particularmente para ciertos miembros de la Academia de Medicina de México, quienes se comprometieron a presentar la planta a experimentos químicos clínicos para determinar “procesos fisiológicos” de uso médico y se utilizó en la preparación para tratar afecciones respiratorias como resfriados, gripe, bronquitis y asma. En algunos lugares, se plantaron árboles de eucalipto en zonas pantanosas para drenar el agua y combatir la malaria (Paul, 1998).

Las hojas del eucalipto blanco se han utilizado tradicionalmente para preparar infusiones que se utilizan para tratar problemas respiratorios. También se utiliza como descongestionante nasal y para aliviar el dolor de garganta. Posee propiedades antisépticas, cicatrizantes, antiinflamatorias, inmunoestimulantes, entre otras, otorgados por flavonoides, taninos, aceites esenciales y propanoides (Villareal *et al.*, 2022).

El aceite esencial de eucalipto blanco se ha utilizado en la aromaterapia y en productos para el cuidado personal, como cremas y lociones. También se utiliza como repelente de insectos y como desinfectante (Botanical-online, 2021).

Se ha utilizado ampliamente en la industria maderera para la producción de pulpa de papel, madera para la construcción y otros productos derivados. Su rápido crecimiento y la calidad de su madera lo convierten en una opción atractiva para la industria forestal (Ruiz *et al.*, 2006). La producción está dividida en leña para pulpa con un 85%, productos de madera o postes en 10% y un 5% en madera serrada de acuerdo a la FAO.

- Composición química del eucalipto blanco *Eucalyptus globulus*

El eucalipto blanco contiene una gran cantidad de aceites esenciales, que son compuestos volátiles que se encuentran en la parte superior de las hojas y son responsables del aroma característico de la planta. Uno de los principales componentes del aceite esencial de eucalipto blanco es el eucaliptol, que es conocido por sus propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias (Arica, 2022).

Los taninos son compuestos poli fenólicos que se encuentran en la corteza del eucalipto blanco. Tienen propiedades astringentes y se han utilizado tradicionalmente para tratar problemas de la piel y la boca, así como para detener la diarrea (Husani, 2018).

Los flavonoides son compuestos antioxidantes que se encuentran en las hojas del eucalipto blanco. Se sabe que tienen propiedades antibacterianas y antiinflamatorias (Torrenegra, 2019).

Se han identificado varios alcaloides en el eucalipto blanco, incluyendo la cianidina y la quercetina. Estos compuestos tienen propiedades antioxidantes y se han demostrado que tienen efectos protectores sobre el daño celular (Ayala, 2014).

Las hojas contienen un aceite esencial en el que se han identificado canfeno, cineol y paracimeno; euglobal IB, IC y II A, alfa y beta-felandreno, geraniol y su acetato, iso-fenchona, limoneno, mirceno, alfa y beta-pineno, trans-pineocarvol, terpineol, el alfa-isomero y su acetato, y valeraldehído; además de los sesquiterpenos aromandreno, allo-aromandreno, cariofileno, euglobal III, IV A y IV B, globulol, epiglobulol, ledol y viridifloro (Juarez, 2018).

Se han detectado en las hojas los flavonoides crisin, eucaliptín, hiperósido, procianidín B-2 galoil, prodelfinidín B-2 galoil, prodelfinidín B-5, y su digaloil, quercetín, iso quercetín, rutín, sewderoxilín y 8-demetil sideroxilín. El aceite esencial del fruto contiene los monoterpenos 1-8 cineol, óxido de linalol, beta-pineno, piperitona, terminen-4-ol, alfa, beta y gama-terpineno; y los sesquiterpenos aromandreno y el alfa-isomero, gama-cadineno, eremofileno, globulol y alfa-gurguneno (Ahmadouch *et al.*, 1985).

Modo de acción de los aceites esenciales sobre plagas

Los aceites esenciales contienen metabolitos secundarios obtenidos por las plantas. Juegan un papel importante en la interacción tanto en términos de atracción como de repulsión, irritabilidad y toxicidad directa, presentando más de un mecanismo de acción. Pueden ser tóxicos para los insectos, inhibir la reproducción y la puesta de huevos, actuar como anti alimentarios o repelentes (Patra y Saxena, 2010; Pérez, 2011; (Schmeller *et al.*, 1997).

El modo de acción de los aceites esenciales sobre las plagas puede variar dependiendo del tipo de aceite y del organismo objetivo, pero generalmente involucra varios mecanismos.

Algunos aceites esenciales pueden causar daño en el sistema nervioso de los insectos, lo que les impide moverse o alimentarse adecuadamente. También pueden interferir con los procesos de reproducción de los insectos, lo que reduce su capacidad para aumentar las poblaciones de plagas (Fernandes y Favero, 2014).

La cutícula es la capa que recubre el exoesqueleto de los insectos y les proporciona protección contra el medio ambiente. Algunos aceites esenciales pueden penetrar la cutícula y dañar los tejidos internos de los insectos, lo que causa daño físico y eventualmente les causa la muerte (Tolozá, 2010).

Se ha demostrado que algunos aceites esenciales tienen efectos similares a las hormonas de los insectos, lo que puede interferir con su desarrollo, reproducción y crecimiento. Esto podría reducir las poblaciones de plagas de manera efectiva al limitar su capacidad para reproducirse y, por lo tanto, expandir su población (Suazo *et al.*, 2012).

Capítulo 3

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Bioplanta de Producción Masiva de Nemátodos del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA), del Instituto Politécnico Nacional (IPN), ubicado en Santa cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México (17°03'35.28" N, 96°53'51.84" W).

Cría del mosquito *Aedes aegypti*

Se recolectaron larvas y pupas de *Ae. aegypti* en aguas residuales de las piletas artificiales ubicadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la cabecera municipal de la Villa de Zaachila, Oaxaca (16°54'52.8"N 96°45'23.8"W). Estos especímenes fueron trasladados al Laboratorio y se colocaron en bandejas de plástico conteniendo 300 ml de agua de la llave para facilitar su eclosión. Las larvas fueron alimentadas con alimento molido para peces tilapia hasta que alcanzaron la fase de pupa. Las pupas fueron transferidas a recipientes con 300 ml de agua y se introdujeron en jaulas entomológicas de dimensiones 60x60x60 cm para permitir la emergencia de los adultos. Los adultos machos fueron alimentados con una solución azucarada al 10%, preparada con azúcar refinada comercial, mientras que las hembras se alimentaron con sangre de gallina. Esta sangre se proporcionó colocando una gallina inmovilizada dentro de la jaula durante 1.0 hora. La cría de mosquitos se mantuvo a 27°C, 60-70 % de humedad relativa y un fotoperiodo de 12 h de luz y 12 h de oscuridad (Granados-Echegoyen *et al.*, 2019).

Recolección y preparación de material vegetal

Se recolectaron hojas frescas de *E. globulus* en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA), Santa cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México (017°01'47" N, 096°43'21" W). La selección de la planta se basó en sus propiedades aromáticas, disponibilidad y frecuencia de uso entre los habitantes, como se menciona en los estudios de Bouchra *et al.* (2003) y Ansari *et al.* (2012). La identificación taxonómica fue realizada por el curador del herbario de CIIDIR-

OAX. Después de lavar la planta con agua del grifo, se colocaron sobre hojas de periódico para que se secaran en el interior y posteriormente se pulverizó hasta obtener un polvo fino utilizando un molino mecánico.

Método de extracción de aceite esencial de *E. globulus*

El método de extracción se llevó a cabo con el sistema de recirculación de agua aromática utilizando un aparato tipo Clevenger adaptado con un horno de microondas convencional (SAMSUNG MW1235WB, 1.1 ft3, 2450 MHz). Se empleó una relación de 1:10 (p/v), es decir, 100 g de material vegetal por cada 1000 ml de agua. Durante el proceso, el aceite esencial extraído se cuantificó cada 10 minutos (intervalo de tiempo de radiación) y luego se permitió reposar durante 3 horas. Posteriormente, la capa de aceite esencial se separó de la fase acuosa utilizando un embudo de decantación, y el aceite esencial resultante se escurrió utilizando sulfato de sodio anhidro (Na₂SO₄). Finalmente, el aceite esencial se conservó en una botella de color ámbar a 4°C hasta su uso.

Preparación de las concentraciones de ensayo

A partir de la solución madre de aceite esencial de *E. globulus*, se disolvieron 0,8 mL de aceite en 10 mL de agua destilada, con la adición de 0,001% de polisorbato (Tween-20) como agente emulsionante, para preparar las diferentes concentraciones de prueba. Se asignaron concentraciones de 75, 150, 300, 600 y 800 partes por millón (ppm) por cuadruplicado para cada una de las 80 larvas evaluadas (Arendrup *et al.*, 2021).

Bioensayo larvicida

Para investigar el efecto de la mortalidad en las larvas de segundo estadio temprano de *Ae. aegypti*, el estudio evaluó su desarrollo durante tres días consecutivos y durante 17 días después de la aplicación del tratamiento. Se siguieron los procedimientos normalizados de la Organización Mundial de la Salud, con algunas modificaciones, para observar las diferentes etapas de desarrollo, incluidos el segundo, tercer y cuarto estadio, así como las pupas y los adultos (Teshome *et al.*, 2023). Los ensayos experimentales se llevaron a cabo con 20 larvas colocadas en vasos de plástico que contenían 99 mL de agua destilada y 1 mL de aceite esencial. La mortalidad se evaluó utilizando dos criterios:

primero (1), cuando una larva no mostraba movimientos similares a los del Grupo Control; y segundo (2), cuando una larva no mostraba ninguna reacción después de ser molestada con un pincel en el sifón de su región cervical. Cada tratamiento se repitió cuatro veces.

Inhibición del crecimiento

En el bioensayo, se emplearon larvas tempranas de segundo estadio debido a su mayor sensibilidad y vulnerabilidad a los tratamientos experimentales, lo que facilita una evaluación más precisa y fiable del efecto inhibitor de las sustancias en estudio. Además, este estadio fue seleccionado por la uniformidad en el tamaño y la edad de las larvas, lo que reduce la variabilidad en los resultados. Cada unidad experimental consistió en un vaso de plástico de 125 mL lleno con 99 mL de agua destilada y 20 larvas. A cada unidad experimental se le añadió 1 mL de las concentraciones utilizadas. Se incluyó un control sin aplicación del tratamiento en cada bioensayo. Cuando el control sin aplicación alcanzó entre el 90% y el 93% de pupación, se registró el número de organismos vivos y muertos (larvas y pupas), así como el número de adultos emergidos. Se consideró que un adulto estaba muerto si permanecía atrapado en la exuvia pupal, mientras que una larva o pupa muerta mostraba movimientos anormales al ser molestada con una aguja de disección, siguiendo la metodología de Granados-Echegoyen *et al.* (2014). Con la información recopilada, se cuantificó la inhibición relativa del crecimiento (IGR) utilizando la fórmula de Zhang *et al.* (1993).

$$4 \sum (\text{N}^\circ \text{ de insectos vivos} * \text{estadio del insecto}) + \sum 4 [\text{N}^\circ \text{ de insectos muertos} * (\text{estadio del insecto})]$$

$$\text{RGI} = 1 - \frac{\text{4} \sum (\text{N}^\circ \text{ de insectos vivos} * \text{estadio del insecto}) + \sum 4 [\text{N}^\circ \text{ de insectos muertos} * (\text{estadio del insecto})]}{(\text{N}^\circ \text{ total de insectos evaluados} * \text{total de fases del insecto})}$$

donde 1, 2, 3 y 4 corresponden al segundo, tercer y cuarto instar, y a los estadios pupales del insecto, respectivamente. El número de insectos utilizados por concentración fue de

80, con un número total de fases de insectos inmaduros de cuatro (larvas de segundo, tercer y cuarto estadio, y una pupa).

Los datos de RGI de los mosquitos tratados con el aceite esencial de *E. globulus* se agruparon en las categorías propuestas por Arivoli y Tennyson, (2013), con algunas modificaciones, como sigue:

- → Sin actividad inhibidora del crecimiento ($RGI \geq 1,00$).

+ → Baja actividad inhibidora ($0,75 \geq RGI \geq 0,99$).

++ → Actividad inhibidora moderada ($0,50 \geq RGI \geq 0,74$).

+++ → Elevada actividad inhibidora del crecimiento ($0,25 \geq RGI \geq 0,49$).

++++ → Actividad inhibidora del crecimiento muy elevada ($0,00 \geq RGI \geq 0,24$).

El grupo de control, que contenía 80 larvas, fue tratado con 400 mL de agua destilada en lugar del aceite esencial. Se estableció un control positivo con el uso de un insecticida organofosforado utilizado por la Secretaría de Salud de México conocido como ABATE® 1 SG (Temefos) a la concentración de 200 mg/mL (dosis recomendada) ajustada al volumen.

Análisis estadístico y diseño experimental

Los bioensayos se llevaron a cabo individualmente bajo un diseño experimental completamente aleatorizado para cada variable estudiada. Se verificó la normalidad de los errores mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett. Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de una vía y comparaciones de medias utilizando la prueba de Tukey (con un nivel de significancia de $p < 0,05$) como prueba post hoc, utilizando el software Minitab versión 18.1. Los datos de mortalidad de cada ensayo de concentración fueron sometidos a un análisis Probit para estimar los valores de CL50 y CL90 (Amelia-Yap, 2023). En las tablas presentadas, se muestran las medias y desviaciones estándar para las variables de mortalidad e índice de crecimiento relativo. Las concentraciones letales se expresan como medias y errores

estándar de la media con intervalos de confianza del 95%, lo que proporciona un rango de valores que cumplen con las normas de fiabilidad.

Capítulo 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Bioensayo larvicida

El incremento en la concentración del compuesto químico está asociado con un aumento en la mortalidad acumulada, y estas diferencias son estadísticamente significativas entre las diversas concentraciones analizadas en el estudio.

Durante el bioensayo, se llevó un registro diario durante tres días consecutivos después de aplicar el aceite esencial. En las primeras 24 horas ($F=875.71$, $g_L=7.24$, $p<0.001$, $r^2=99.62$), la concentración de 800 ppm causó una mortalidad significativa del 81.25%, demostrando ser mayor en comparación con el grupo expuesto a 600 ppm, donde la mortalidad no superó el 50%, alcanzando solo un 6.25%, y al ser comparado con el grupo control.

Por otro lado, la concentración de 300 ppm no registró mortalidad en el primer día, pero alcanzó el 10% en el segundo y el 51.25% en el tercero. En contraste, las concentraciones de 75 y 150 ppm no provocaron mortalidad en los primeros tres días, indicando que estas concentraciones necesitan más tiempo para mostrar su efecto.

Tanto el grupo control positivo como el negativo tuvieron los mismos resultados: el control positivo mostró una mortalidad del 100% en todas las ocasiones, mientras que el control negativo no presentó mortalidad en absoluto, lo que demuestra que el tratamiento sin exposición no tuvo ningún efecto. (**Cuadro 1**).

Cuadro 1. Actividad larvicida de aceite esencial de *Eucalyptus globulus* durante tres días consecutivos sobre larvas del mosquito *Aedes aegypti*.

Concentration (ppm)	N° Larvae (4 rep.)	Mortality Acumalated		
		N° of larvae by days (h)		
		24	48	72
800	80	81.25 ± 7.50 b	95.00 ± 4.08 a	100.00 ± 0.00 a
600	80	6.25 ± 2.50 c	67.50 ± 8.66 b	100.00 ± 0.00 a
300	80	0.00 ± 0.00 c	10.00 ± 4.08 c	51.25 ± 8.54 b
150	80	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 c
75	80	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 c
Control AGUA	80	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 c
CONTROL POLI	80	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 c
Control ABATE	80	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a

Los datos representan las medias de cuatro réplicas ($n = 80$) dentro de un periodo de 3 días (72 horas).

4.2. Regresión lineal de la mortalidad.

Al analizar los resultados, observamos varios aspectos importantes. En el período de 24 horas, determinamos que la concentración letal 50 (CL₅₀) es de 726.72 ppm, mientras que la concentración inhibitoria 90 (CL₉₀) es de 832.57 ppm. A las 48 horas, la CL₅₀ disminuye a 527.58 ppm igual que la CL₉₀ a 732.75 ppm, lo que sugiere una mayor toxicidad con el tiempo. En el intervalo de 72 horas, las concentraciones disminuyen aún más, con la CL₅₀ en 299.27 ppm y la CL₉₀ en 306.10 ppm. Esta disminución en las concentraciones inhibitorias con el tiempo sugiere un aumento en la toxicidad y la eficacia del aceite para controlar las poblaciones de *A. aegypti*. El valor *p* (<0.001) indica una alta significancia estadística en todos los casos, lo que sugiere que las diferencias entre los grupos observadas son altamente significativas y poco probables de ocurrir al azar. Mediante el análisis Probit de regresión lineal, obtuvimos las concentraciones que controlan el 50% y el 90% de la población de *A. aegypti*. Los resultados indican un efecto significativo del aceite esencial de *E. globulus* en los organismos, mostrando que este compuesto puede inducir una mortalidad considerable en los organismos expuestos, incluso a concentraciones relativamente bajas (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Análisis de regresión lineal Probit para las concentraciones letales medias que controlan la población de mosquitos *A. aegypti* tratados con aceite esencial.

Tiempo (h)	CL ₅₀ (ppm)	CL ₉₀ (ppm)	Slope (SE)	χ^2 (df)	z-value	p-value
24	726.72 ± 10.78 (704.89 - 748.25)	832.57 ± 15.85 (805.58 - 870.17)	-8.79 (1.00)	0.000009 (4)	-8.75	<0.001
48	527.58 ± 16.36 (495.19 - 560.18)	732.75 ± 23.52 (691.12 - 785.14)	-3.29 (0.28)	1.58 (4)	-11.63	<0.001
72	299.27 ± 240-32 (* - *)	329.03 ± 9585.76 (* - *)	-12.88 (4264.57)	0.00 (4)	-0.00	<0.99
MT	279.78 ± 4236.65 (* - *)	306.10 ± 1279.81 (* - *)	-13.62 (3062.49)	0.00 (4)	-0.00	<0.99

MT: Mortalidad total (final del experimento); CL: Concentración Letal; CL₅₀: Concentración letal que controla la mitad de la población de mosquitos; CL₉₀: Concentración letal que controla el 90% de la población de mosquitos; X² (g.L): Chi-cuadrada (grados de libertad); Z-valor: Valor del test estadístico (z-promedio); p-valor: Valor probabilístico. *Valores en parentesis indican los límites de confianza (95%).

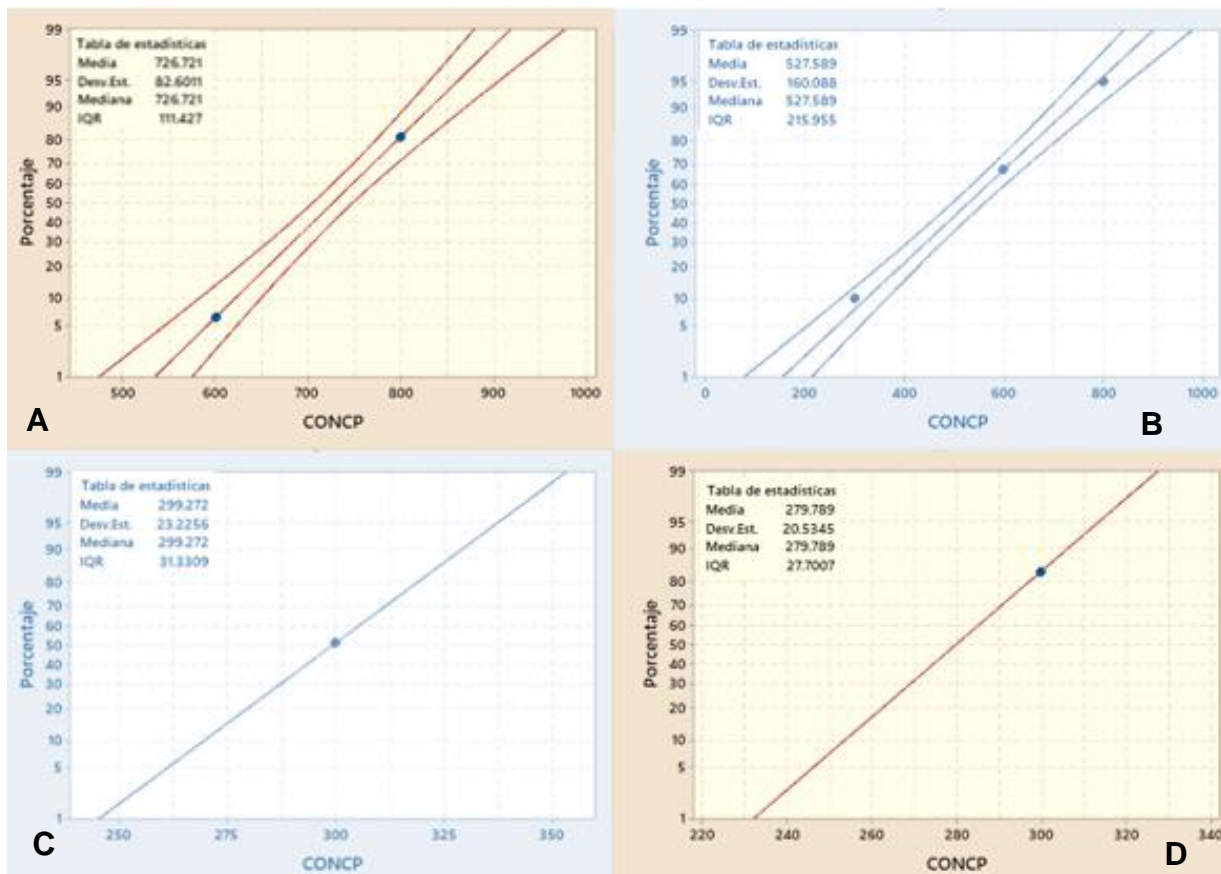


Figura 1. Gráfico de regresión lineal y ajuste del modelo para larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) tratadas con el aceite esencial de *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae). A) regresión a las 24 horas; B) Regresion a las 48 horas, C) Regresion a las 72 horas y D) regresión al finalizar.

4.3. Bioensayo de inhibición de crecimiento y acción larvícida

El aceite esencial demostró tener un efecto inhibitor sobre el crecimiento y desarrollo de las larvas del mosquito *Aedes aegypti*. Se evaluaron varios parámetros, incluyendo el número total de larvas en cada etapa de desarrollo, la mortalidad acumulada al final del experimento y el índice de inhibición del crecimiento y desarrollo (ICR).

Se observó que las larvas en el segundo instar larval se vieron afectadas ($F=1078.62$, $gL=7.24$, $p<0.001$, $r^2=99.68$) en un 100% por las concentraciones de 800 ppm y 600 ppm, siendo significativamente iguales y con una eficacia igual que el control positivo. La concentración de 300 ppm mostró un 51.25% de mortalidad en la segunda etapa, que

disminuyó al 15% en la tercera y al 10% en la cuarta etapa, mostrando una alta actividad de inhibición del crecimiento (++++) similar a las concentraciones más altas de 800 ppm y 600 ppm. En concentraciones bajas (150 ppm, 75 ppm y 50 ppm), no se registró mortalidad en ninguno de los tres estadios larvales, categorizándose como sin actividad inhibitoria de crecimiento (+).

Los resultados determinaron que el aceite esencial es efectivo en II instar y durante la etapa de desarrollo hasta alcanzar el IV instar larval, bajo concentraciones relativamente altas (800 ppm, 600 ppm y 300 ppm), en comparación con el grupo de control negativo (sin tratamiento) y el grupo de control positivo (ABATE ® 1 SG, Temefos) mostrando una mortalidad del 0% y del 100%, respectivamente (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Bioensayo sobre el efecto de mortalidad e inhibición de crecimiento y desarrollo que provoca el aceite esencial de *Eucalyptus globulus*. durante el ciclo de vida de larvas del mosquito *Aedes aegypti* tratadas durante 17 días consecutivos con diversas concentraciones.

Concentration (ppm)	N° Larvae (4 rep.)	Mortality			TOTAL	RGI	Categoría
		N° of larvae by instar					
		II	III	IV			
800	80	100.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	100.01 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 d	++++
600	80	100.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	100.01 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 d	++++
300	80	51.25 ± 8.54 b	15.00 ± 12.91 a	10.00 ± 11.55 a	83.8 ± 21.4 a	0.23 ± 0.10 c	++++
150	80	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	0.95 ± 0.00 a	+
75	80	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	0.89 ± 0.03 a	+
Control AGUA	80	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	0.78 ± 0.00 b	+
CONTROL POLI	80	0.00 ± 0.00 c	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	0.93 ± 0.01 a	+
Control ABATE	80	100.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 b	0.00 ± 0.00 b	100.01 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 d	++++

Los datos representan las medias de cuatro réplicas (n = 80). Las medias seguidas de letras diferentes dentro de las mismas columnas son significativamente diferentes en $p < 0,01$ en comparación con los grupos de control. Control Negativo: Sin aplicación de tratamiento. Control Positivo: ABATE ® 1.

4.4. Discusión

En relación a lo anteriormente expuesto se realizó una comparación de los resultados. Los aceites esenciales han emergido como una opción prometedora al control de mosquitos, ofreciendo una alternativa natural y respetuosa con el medio ambiente. Durán y colaboradores (2020) mencionan que muchos aceites esenciales son específicos y ocasionan pocos daños a los organismos no objetivos y enemigos naturales en comparación con insecticidas sintéticos. *Eucalyptus globulus*, ha sido identificado como poseedor de propiedades insecticidas, y repelentes (Madreseh-Ghahfarokhi et al., 2018, Yahia et al., 2023).

En el estudio de Ríos (2017), se utilizaron concentraciones de 30, 300 y 1000 mg/l (ppm) durante períodos de 24 y 48 horas; los resultados indicaron que todos los aceites esenciales estudiados, tanto individualmente como en mezclas, presentaron actividad insecticida contra las larvas de *A. aegypti*. Se encontró que el aceite esencial de *E. globulus* mostró menos efectividad en comparación con otros aceites esenciales. Sin embargo, presentó una concentración de 93 mg/L (ppm), logrando una tasa de mortalidad del 32.92% a las 24 horas y del 34.17% a las 48 horas, lo que indica un grado de efectividad como insecticida frente al organismo. Por lo cual determinamos que difieren en los resultados obtenidos por lo que no existe relación con Ríos (2017) puesto que el aceite de *E. globulus* si presentó actividad insecticida dentro de las primeras 24 horas utilizando concentraciones mas altas, las concentraciones menores a 300 ppm no presentaron actividad dentro de las primeras 24 horas determinando que requieren mas tiempo.

Yáñez y colaboradores en 2010 reportaron concentraciones de 100 y 75 ppm del aceite esencial de *E. globulus* las cuales mostraron el 100% y el 73.2% respectivamente de mortalidad e inhibición de crecimiento de las larvas de *A. aegypti*, Con las concentraciones de 50, 25, 15 y 5 ppm el nivel de mortalidad resultó menor al 50%, dicho estudio difiere con los resultados obtenidos en la metodología donde se implementaron concentraciones de 800 ppm y 600 ppm reflejando una inhibición de crecimiento en larvas a un 100%, con la misma efectividad a el control positivo.

Capítulo 5

5. CONCLUSIONES

Se determinó que el aceite esencial de *E. globulus* mostró efectividad en la mortalidad de *A. aegypti* presentando una mortalidad significativa determinando que es más efectiva en concentraciones elevadas. La inhibición en las larvas en el segundo instar larval se vieron afectadas en un 100% por las concentraciones elevadas, con una eficacia igual que el control positivo, estos resultados respaldan la aprobación de la hipótesis nula (0), rechazando la hipótesis alterna (1). La concentración óptima de aceite esencial de *E. globulus* requeridas para lograr una mortalidad máxima de larvas de *Ae. aegypti* en condiciones de laboratorio disminuyeron con el tiempo prolongado, lo que sugiere una menor toxicidad del aceite.

6. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar concentraciones más elevadas para determinar las concentraciones permitibles que logren una mortalidad de larvas del II instar dentro de las primeras 72 horas posterior a la aplicación.
2. Se propone realizar más investigaciones sobre el efecto de mortalidad y repelencia del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* sobre pupas y adultos de *Aedes aegypti* bajo condiciones de laboratorio.
3. Se sugiere evaluar la susceptibilidad del mosquito frente a diversas condiciones ambientales.
4. Se sugiere evaluar la efectividad del aceite en un periodo posterior a 72 horas utilizando concentraciones mas elevadas.

7. REFERENCIAS

- Agrelo, RS (1996). *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) y su papel como vectores en las Américas. La situación de Uruguay. *Rev Med Uruguay*, 12, 28-36.
- Ahmadouch, A., Bellakdar, J., Berrada, M., Denier, C., & Pinel, R. (1985). Análisis químico de aceites esenciales de cinco especies de eucalipto aclimatadas en Marruecos.
- Alcocer et.al. (2020). Manual técnico de entomología para el programa de paludismo. *Secretaría de Salud. México*.
- Aldama Chico, P. (2019). Ciclo de vida del *Aedes aegypti* y manifestaciones clínicas del dengue.
- Alfaro-Martínez, C. R., Saldaña-Torres, D. R., Godínez-Ríos, M. G., Verde-Millán, J. C., Trujillo-Rodríguez, G. de J. ., López-Rodríguez, M. P. ., Martínez-de-Villarreal, L. E. ., Flores-Suarez, A. E. ., Ponce-García, G., & Rodríguez Sánchez, I. P. (2018). Las enfermedades emergentes transmitidas por vectores:: Paludismo, Dengue, Chikungunya y Zika. *Biología Y Sociedad*, 1(1), 75–84. <https://doi.org/10.29105/bys1.1-62>
- Almeida, J. S. (2006). *Gripe aviar: los impactos comerciales de las barreras sanitarias y los desafíos para América Latina y el Caribe*. CEPAL.
- Amarasekare, Kaushalya, "Plantas que atraen insectos depredadores y parasitoides" (2020). *Publicaciones de extensión* . 138. <https://digitalscholarship.tnstate.edu/extension/138>
- Amelia-Yap, ZH, Low, VL, Saeung, A. *et al.* Actividades insecticidas del extracto de acetato de etilo de *Streptomyces* sp. KSF103 contra mosquitos de importancia médica y organismos no objetivo. *Sci Rep* **13**, 4 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25387-9>
- Ansari M. Shafiq, Maher Ahmed Moraiet y Salman Ahmad. 2013. "Insecticides: Impact on the Environment and Human Health". En *Environmental Deterioration and Human Health* editado por Abdul Malik et al, 99-123. Springer Netherlands doi 10.1007/978- 94-007-7890-0_6.
- Arendrup, M. C., Jørgensen, K. M., Hanemaaijer, N., & Verweij, P. E. (2021). ISO standard 20776-1 or serial 2-fold dilution for antifungal susceptibility plate preparation: that is the question! *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 76(7), 1793–1799. <https://doi.org/10.1093/jac/dkab088>
- Arica Sullon, L. G. (2022). Identificación y cuantificación de componentes en el aceite esencial de eucalipto *eucalyptus globulus labil* a través de cromatografía de gases.

- Arivoli, S., y Tennyson, S. (2013). Actividad ovicida de extractos de plantas contra *Spodoptera Litura* (Fab) (Lepidoptera: Noctuidae).
- Ascarza, L. (2022, May 6). Si las personas tienen que almacenar agua en baldes, el mosquito del dengue seguirá teniendo un hogar. Retrieved from <https://saludconlupa.com/entrevistas/si-las-personas-tienen-que-almacenar-agua-en-baldes-el-mosquito-del-dengue-seguira-teniendo-un-hogar/>
- Ayala Pérez, E. (2014). Efecto genotóxico in vitro de plantas medicinales antibacterianas *Spartium junceum* L." retama", *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze" tara" y *Eucaliptus globulus* Labill" eucalipto". Ayacucho-2013.
- Balmelli G. (1995) "Ensayos de orígenes de *Eucalyptus globulus*." Serie Técnica N° 68. Programa Forestal, INIA Tacuarembó.
- Bedoya Castillo, M. P., Lázaro Huamán, B. A., Bizarro Castro, A. L., Gutti Leon, Y. A., Poma Salazar, K. F., & Cisneros Hilario, C. B. (2023). Eucalipto: Una vista de la medicina tradicional en el siglo XXI. *Revista Científica Ciencia Médica*, 26(1), 52-58.
- Bisset, Juan A.. (2002). Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 54(3), 202-219. Recuperado en 16 de agosto de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602002000300005&lng=es&tlng=es.
- Blasco, L. (2016, January 12). *Así es el mosquito "Aedes aegypti", causante del zika, el dengue y la chikungunya*. BBC News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/01/160112_salud_mosquito_enfermedades_zika_dengue_chikungunya_america_latina_lb
- Botanical-online. (2021, November 12). Propiedades del. . . *Botanical-online*. <https://www.botanical-online.com/plantas-medicinales/eucalipto-propiedades-caracteristicas>
- California Department of Public Health. (s. f.). Hoja Informativa sobre *Aedes aegypti* (Mosquito de la Fiebre Amarilla). California Department of Public Health.
- Calvo-Trujillo, M., Mendoza-Goez, L., García-Espiñeira, M., & Ramos-Clason, E. (2019). Exposición a pesticidas como factor de riesgo para enfermedad de Parkinson: un estudio caso-control en el municipio de San Juan Nepomuceno (Bolívar). *Revista de Toxicología*, 36 (2),142-147.[fecha de Consulta 17 de agosto de 2024]. ISSN: 0212-7113. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91967023010>
- Camacho-Escobar, Marco Antonio, Ramos-Ramos, Diego Arturo, Ávila-Serrano, Narciso Ysac, Sánchez-Bernal, Edgar Iván, & López-Garrido, Serafín Jacobo. (2020). Las defensas físico-químicas de las plantas y su efecto en la alimentación de los

- rumiantes. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 443-453. Epub 20 de junio de 2020. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.629>
- Cantúa Ayala, Jesús Antonio, Flores Olivas, Alberto, & Valenzuela Soto, José Humberto. (2019). Compuestos orgánicos volátiles de plantas inducidos por insectos: situación actual en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(3), 729-742. Epub 30 de marzo de 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.678>
- Carbonell, A. (2019). *composicion quimica del eucalipto*. scribd. <https://es.scribd.com/document/430078570/Composicion-Quimica-Del-Eucalipto>
- Carril, Elena & García, Adolfo. (2009). Metabolismo secundario de plantas. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-tecnologica-boliviana/medicina-legal/avalos-2009-metabolismo-2-plantas/57339772>
- Castillo Chavarría, Gissell Indira y Kenneth Roberto Barba Martínez. 2017. Nivel de exposición a piretroides y prevalencia de síntomas en trabajadores de viveros del departamento de Estelí. Tesis previa a la obtención del título Doctor en Medicina y Cirugía. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Castillo Palacio, L. E. (2009). Estudio Fotoquímico preliminar, extracción y caracterización de Metabolito secundario y pruebas de bioensayo de wextactos de Guayacán Amarillo (*Tabebuia chrysantha* Jacq. Nicholson, Bignoniaceae).
- CDC espanol. (2024, junio 7). Acerca de los mosquitos. Mosquitoes website: <https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/about/acerca-de-los-mosquitos.html>
- CDC. (2020). Mosquitos, L. A. S. un T. de I. Q. se U. P. M. a. L. M. A. L. A. se P. A. C. P. de un P. de C., & De control, o. L. P. A. un P. A. (s/f). *Lo que necesita saber sobre los adulticidas*. Cdc.gov.
- Chordá Olmos, F. A. (2014). *Biología de Mosquitos (Diptera: Culicidae) en enclaves representativos de la Comunidad Valenciana* (Doctoral dissertation, Universitat de València). Popa Rosales, J. C., Castillo Quesada, R. M., Pérez Menzies, M. G., Figueredo Sánchez, D., & Montada Dorta, D. (2011).
- Cortés-Sánchez, ADJ, & Mosqueda-Olivares, T. (2013). Una mirada a los organismos fúngicos: Fábricas versátiles de diversos metabolitos secundarios de interés biotecnológico.. *Química Viva*, 12 (2),64-90.[fecha de Consulta 17 de Agosto de 2024]. ISSN: . Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86328550002>
- Corzo, A. (2019). Técnicas de análisis en química orgánica: Cromatografía. *Universidad Nacional de Santiago del Estero–UNSE*, 45.
- Durán Aguirre, Cristhian Eliseo, Pratisoli, Dirceu, Carvalho, José Romário de, Pacheco Damascena, Alixelhe, Araujo Junior, Luis Moreira de, & Bolsoni Zago, Hugo.

- (2020). Actividad insecticida de aceites esenciales sobre *Helicoverpa armígera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Idesia (Arica)*, 38(4), 59-64. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000400059>
- EGE. (2016). *Grupo de Estudio de Mosquitos*. Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Departamento de Ecología, Genética y Evolución. <http://server.ege.fcen.uba.ar/gem/html/divulgacion%20aedes.html>
- El Colegio Nacional. (2022, February 14). *Cerca de 750 mil muertes al año son causadas por enfermedades transmitidas por mosquitos*. Rosa María del Angel. El Colegio Nacional. <https://colnal.mx/noticias/cerca-de-750-mil-muertes-al-an%CC%83o-son-causadas-por-enfermedades-transmitidas-por-mosquitos-rosa-maria-del-angel/>
- Elosegi, A., Larrañaga, A., Cabido, C., & Arizaga, J. (2020). Environmental effects of Eucalyptus plantations in the Basque Country and the Iberian Peninsula.
- Encefalomiелitis equina*. (2024). Sistema Nacional De Emergencias. <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/comunicacion/actualizaciones-emergencias/encefalomiелitis-equina>
- Envu. (2019). Mosquito - Control de Plagas - Retrieved from <https://www.es.envu.com/pest-management/o-que-controlar/mosquito>
- Farnesi L. C., Martins A. J., Valle D. y Rezende G. L. (2009). Embryonic development of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): influence of different constant temperatures. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 104: 124-126
- Fernandes, ET y Favero, S. (2014). Óleo esencial de *Schinus molle* L. para el control de *Sitophilus zeamais* Most. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en milho. *Revista Brasileira de Agroecología*, 9 (1), 225-231.
- Fernández, M. (2024, April 2). ¿Para qué sirven los mosquitos? Las 3 funciones que desconocías de estos insectos en el ecosistema. *Meteored.com.ar | Meteored*. Retrieved from <https://www.meteored.com.ar>
- Fischer, Sylvia Cristina; Byttebier, Bárbara; Campos, Raul Ernesto; *Predadores de mosquitos*; Universidad Nacional de Mar del Plata; 2016; 284-301
- García-Martínez, C. B., Fernández-Vásquez, R. H., Franco-López, J. M., Villalta-Rodríguez, C. A., & Menjívar-Rosa, R. A. (2018). Efecto del clima en el ciclo biológico del zancudo (*Aedes aegypti* L.), en cuatro zonas geográficas de El Salvador. *Revista Agrociencia*, 1(06), 5-15.
- González, C. R., Reyes, C., Jercic, M. I., Rada, V., Saldarriaga, M., Pavletic, C., & Parra, A. (2016). Manual de culícidos (Diptera: Culicidae) de la zona norte y centro de Chile, incluyendo Isla de Pascua. *Instituto de Salud Pública de Chile, Ministerio de Salud de Chile. Santiago, Chile*, 24-40.

- Granados-Echegoyen, C. A., Chan-Bacab, M. J., Ortega-Morales, B. O., Vásquez-López, A., Lagunez-Rivera, L., Diego-Nava, F., & Gaylarde, C. (2019). Argemone mexicana (Papaverales: Papavaraceae) as an Alternative for Mosquito Control: First Report of Larvicidal Activity of Flower Extract. *Journal of medical entomology*, 56(1), 261–267. <https://doi.org/10.1093/jme/tjy159>
- Gutiérrez Santis, R. (2017). Situación de mosquitos en Chile y sus implicancias en la salud pública del país. *marquez*, 2018
- Handa, S., Khanuja, S., Longo, G., & Rakesh, D. (2008). Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. Trieste: ICS UNIDO.
- Hernández, E. (2023, August 29). Importancia de los mosquitos en el ecosistema - Quo.mx. Retrieved from <https://quo.mx/medio-ambiente-y-sostenibilidad/como-son-importantes-los-mosquitos/>
- Hernández-Alvarado, Jerelly, Zaragoza-Bastida, Adrian, López-Rodríguez, Gabino, Peláez-Acero, Armando, Olmedo-Juárez, Agustín, & Rivero-Perez, Nallely. (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico veterinario*, 8(1), 14-27. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.81.1>
- HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. 1984. Eucalyptus for Wood production. Melbourne, Australia, CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization).
- Husain, I., Akhtar, M., Shaharyar, M., Islamuddin, M., Abdin, M. Z., Akhtar, M. J. y Najmi, A. K. (2018). High-salt-and cholesterol diet-associated cognitive impairment attenuated by tannins-enriched fraction of *Emblca officinalis* via inhibiting NF-kB pathway. *Inflammopharmacology*, 26(1), 147-156. doi:<https://doi.org/10.1007/s10787-017-0437-x>.
- Iglesias Abad, S. (2018). Aplicación de Biochar a partir de biomasa residual de Eucalipto para evaluar la productividad con maíz en el austro ecuatoriano.
- Imaicela, F. T. (2014). Composición florística y etnobotánica de las diferentes formaciones vegetales de la provincia de Loja, Ecuador.
- INSPI-INSPI. (2014) Características Morfológicas y Factores Climatológicos y de Altitud que Influyen en la Presencia del Vector *Aedes aegypti* – Retrieved from <https://www.investigacionsalud.gob.ec/caracteristicas-morfologicas-y-factores-climatologicos-y-de-altitud-que-influyen-en-la-presencia-del-vector-aedes-aegypti/>
- Intramed.net (2016). Recuperado el 13 de mayo de 2024, 'Aedes aegypti', un peligro público de 4 milímetros. website: <https://www.intramed.net/content/88664>

- Irecta Nájera, C. A. (2019, 24 de junio). *Zancudos, enfermedades y participación comunitaria - Portal de El Colegio de la Frontera Sur*. Portal de El Colegio de la Frontera Sur. <https://www.ecosur.mx/zancudos-enfermedades-y-participacion-comunitaria/>
- Jiménez Velasco, J. J. (2015). *Evaluación de la intensidad y duración del control de malezas en una plantación comercial de eucalipto (Eucaliptus globulus LABILL), de 0 a 1 año en la hacienda Santa María de Aglomerados Cotopaxi SA, de la parroquia Mulaló, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Juarez Diaz, J. M. (2018). Estudio de las características fisicoquímicas y fitoquímicas de las hojas de *Eucalyptus globulus* Labill (eucalipto).
- Leonard, J. (1990). La vida de Carlos Finlay y la derrota de la bandera amarilla. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*; 108 (3), mar. 1990.
- Leyva-Silva, M. I., French, L., Pino, O., Montada, D., Morejón, G., & Del Carmen Marquetti, M. (2017). Plantas con actividad insecticida: una alternativa natural contra mosquitos. *REVISTA BIOMÉDICA*, 28(3). <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v28i3.571>
- López Sánchez, M., Triana Méndez, J., Pérez Galván, F. J., & Torres Padrón, M. E. (2005). Métodos físicos de separación y purificación de sustancias orgánicas.
- Lorca, M. P. (2023, December 15). Los mosquitos prefieren el color rojo. *La Voz Del Interior*. Retrieved from <https://www.lavoz.com.ar>
- Lorenzo-Cáceres, J. M. S. (2007). Árboles y arbustos de bajo consumo en agua: un mundo de posibilidades.
- Lozano-Fuentes, S., Hayden, M. H., Welsh-Rodriguez, C., Ochoa-Martinez, C., Tapia-Santos, B., Kobylinski, K. C., . . . Eisen, L. (2012). The Dengue Virus Mosquito Vector *Aedes aegypti* at High Elevation in México. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 87(5), 902–909. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2012.12-0244>
- Lundquist, M., Kramer, L. y Liu, D. (2012). Mosquito reference manual (Manual de referencia sobre mosquitos). *Chevy Chase, MD: Howard Hughes Medical Institute*.
- Maciá, A., & Micieli, M. V. (2023). *Culicidae. Libros de Cátedra*.
- Madreseh-Ghahfarokhi, S., Pirali, Y., & Dehghani-Samani, A. (2018). The insecticidal and repellent activity of ginger (*Zingiber officinale*) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) essential oils against *Culex theileri* Theobald, 1903 (Diptera: Culicidae). *Annals of parasitology*, 64(4).

- Madrid Valdebenito, V. (2014). Imágenes de parásitos: material de apoyo a la lectura del Manual Parasitología Humana.
- Majada, Juan & Lopez, Gustavo & Neves, Lucinda & Araújo, Clara. (2012). *Eucalyptus globulus* Labill..
- Manet, G., Guilbert, X., Roux, A., Vuillaume, A., & Parodi, A. L. (1989). Natural mode of horizontal transmission of bovine leukemia virus (BLV): the potential role of tabanids (*Tabanus* spp.). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 22(3), 255-263.
- Marcó M., Harrand L., Traverso J. y Gelid P. (2000) “Evaluación del crecimiento y adaptación al 5° año de *Eucalyptus maidenii* y *Eucalyptus globulus* en la región de Concordia, Entre Ríos” Primer Seminario Internacional del *Eucalyptus globulus* en la Argentina.
- Márquez Benítez Y, Monroy Cortés KJ, Martínez Montenegro EG, Peña García VH, Monroy Díaz AL. Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes* spp y la transmisión del virus del dengue. *Rev CES Med* 2019; 33(1): 42-50.
- Medium Multimedia Agencia de marketing digital. (2023). *apps archivos - MEDIUM Multimedia Agencia de Marketing Digital*. MEDIUM Multimedia Agencia De Marketing Digital. <https://www.mediummultimedia.com/apps/cual-es-el-beneficio-de-los-mosquitos/#:~:text=Alimentaci%C3%B3n%20de%20otros%20organismos%3A%20Los,estabilidad%20de%20los%20diferentes%20ecosistemas>.
- Mencía Rodríguez, M. A. (2022). *Bases teóricas del efecto alelopático del coyolillo (Cyperus spp.) en leguminosas y diferentes plantas de interés agronómico, sus efectos y aplicaciones* (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Montero, G. (2009). Biología de *Aedes aegypti*. *FCA UNR*. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/fauna/Fauna_insectos/79-Aedes_aegypti.pdf.
- Mora-Covarrubias, Antonio de la, Jiménez-Vega, Florinda, & Treviño-Aguilar, Sandra Maritza. (2010). Distribución geoespacial y detección del virus del dengue en mosquitos *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Pública de México*, 52(2), 127-133. Recuperado en 13 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342010000200004&lng=es&tlng=es.
- Munro, D. (2014). PLANTAS CON PROPIEDADES INSECTICIDAS [Diapositiva de Power point]. Gobierno del estado de Colima. <http://seder.col.gob.mx/documentos/2014/BIOINSECTICIDAS2014.pdf>
- Nathan Seppa. 02-06-2015. Chikungunya is on the move. Science News. Enlace: sciencenews.org/article/chikungunya-move

- National geographical. (2023, August 27). *El mosquito tigre ha logrado colonizar muchos países alrededor del mundo en tan solo unas décadas*. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/animales/mosquito-tigre>
- NELSON, Michael J., et al. *Aedes aegypti: biología y ecología*. 1986.
- ONU-Habitat lanza el Informe Mundial de las Ciudades 2022. (2022, Junio 29). Retrieved from <https://unfccc.int/es/news/onu-habitat-lanza-el-informe-mundial-de-las-ciudades-2022>
- Otero, M., Schweigmann, N., y Solari, HG (2008). Un modelo dinámico espacial estocástico para *Aedes aegypti*. *Boletín de biología matemática* , 70 , 1297-1325.
- Our Word Our Water. (2008, diciembre). *COMO MATENER A LOS , MOSQUITOS ~ LI:JOS DE USTED Y DE SU JARDIN*. Grover Beach, CA – Official Website | Official Website. <https://www.grover.org/DocumentCenter/View/5410/Flyer-Pests-Mosquitos-Spanish?bidId=>
- Paaijmans K, Brustollin M, Aranda C, Eritja R, Talavera S, Pagès N, et al. (2019) Phenotypic insecticide resistance in arbovirus mosquito vectors in Catalonia and its capital Barcelona (Spain). PLoS ONE 14(7): e0217860.*
- Padilla-Rodríguez J. C. (2023). Epidemiological outlook for vector-borne diseases: Learned lessons and challenges to break the circle. Panorama epidemiológico de las enfermedades transmitidas por vectores: lecciones aprendidas y retos para romper el círculo. *Biomedica : revista del Instituto Nacional de Salud*, 43(4), 422–426. <https://doi.org/10.7705/biomedica.7331>
- Patra, A., Saxena, J., 2011. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 24–37.
- Paul Hersch, “La influencia de la fitoterapia francesa en México y el cometido de una terapéutica individualizada”, en México Francia: memoria de una sensibilidad común. Siglos XIX-XX, ed. Javier Pérez Siller (Puebla: BUAP, 1998), 284; Ana María Carrillo, “Profesiones sanitarias y lucha de poderes en el México del siglo XIX”, *Asclepio Vol: 50 n.o 2* (1998): 149-168.
- Pérez Martínez, A., Benítez Cortés, I., & Miño Valdés, J. E. (2018). Diseño de procesos para la obtención de aceites esenciales de pimenta racemosa y morinda citrifolia.
- Pichel, J. (2022, December 20). De los ciervos al ganado: la peligrosa enfermedad animal que irrumpe en España. *elconfidencial.com*. Retrieved from <https://www.elconfidencial.com>
- Popa Rosales, JC, Castillo Quesada, RM, Pérez Menzies, MG, Figueredo Sánchez, D., & Montada Dorta, D. (2011). Metamorfosis y emergencia de *Aedes aegypti* fuera del medio acuático y nuevo informe de importancia entomológica y epidemiológica

- en Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* , 49 (2), 173-182.
- Porto Pérez Julián y Gardey Ana. Actualizado el 2 de enero de 2020. *Mosquito - Qué es, definición y concepto*. Disponible en <https://definicion.de/mosquito/>
- Quiroz Marchant, I., & Toro Vergara, J. (2007). Fertilización de eucalyptus globulus producidos en contenedores.
- Ramírez, José. A. y Lacasaña, Marina. 2001. "Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición". *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales* 4 (2): 67- 75. https://archivosdeprevencion.eu/view_document.php?tpd=2&i=1270
- Ramírez-Zepeda, M. G., Velasco-Mondragón, H. E., Ramos, C., Peñuelas, J. E., Maradiaga-Ceceña, M. A., Murillo-Llanes, J., ... & Chaín-Castro, R. (2009). Caracterización clínica y epidemiológica de los casos de dengue: experiencia del Hospital General de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 25, 16-23.
- Reinosa, A., & Reinosa, A. (2023, September 18). El mosquito que mata las vacas de Ricardo, les pone las lenguas negras y las vuelve "poco de fiar" *ELMUNDO*. Retrieved from <https://www.elmundo.es>
- Renobales, G., & Sallés, J. (2001). Plantas de interés farmacéutico. *Universidad del País Vasco UPV/EHU. Lejona, España*.
- Richter-Boix, A. (2020, May 26). El clima y la urbanización impulsan la preferencia de los mosquitos por los humanos. Retrieved from <https://www.mosquitoalert.com/el-clima-y-la-urbanizacion-impulsan-la-preferencia-de-los-mosquitos-por-los-humanos/>
- Riesgo de enfermedades debido a picaduras de mosquitos y garrapatas | US EPA*. (2024, February 27). US EPA. <https://espanol.epa.gov/control-de-plagas/riesgo-de-enfermedades-debido-picaduras-de-mosquitos-y-garrapatas>
- Ringuelet, J. A., & Viña, S. Z. (2013). *Productos naturales vegetales*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).
- Ríos, N., Stashenko, E. E., & Duque, J. E. (2017). Evaluation of the insecticidal activity of essential oils and their mixtures against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 61, 307-311
- Rodríguez, H., García, U., & Willoquet, R. (2008). Manual para la vigilancia y el control del paludismo en Mesoamérica.
- Ruiz, R. M., Rivero, H. S. A., Alcalá, V. M. C., & Espinoza, M. G. (2006). Importancia de las plantaciones forestales de Eucalyptus. *Revista Ra Ximhai*, 2(3), 815-846.

- Schmeller, T., Latz-Brüning, B., and Wink, M. 1997. Biochemical activities of berberine, palmatine and sanguinarine mediating chemical defence against microorganisms and herbivores. *Phytochemistry* 44:257- 266.
- SENACSA. *Fiebre aftosa*: Programa Nacional de Erradicación de la Fiebre Aftosa. (2020). <https://www.senacsa.gov.py/index.php/Temas-pecuarios/sanidad-animal/programas-sanitarios/fiebre-aftosa>
- SENASICA, S. N. d. S. I. y. C. A. (2020, 8 de febrero). *Fiebre Aftosa*. gov.mx. <https://www.gob.mx/senasica/documentos/fiebre-aftosa?state=published#:~:text=Es%20una%20enfermedad%20viral%20altamente,patas%20de%20los%20animales%20afectados.>
- Sequeiros, C. (2022, May 12). Prevención de enfermedades mediante el control de mosquitos. *Bioplagen*. <https://bioplagen.com/prevencion-enfermedades-control-mosquitos/>
- Shivaprasad, H. (2013). Patología de las aves-una revisión. *California Animal Health y Food Safety Laboratory System, Tulare Branch. School of Veterinary Medicine, University of California, Davis*.
- Sierra, I., Ons, S., & Masub, H. (2021). BIOLARVICIDAS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA EL CONTROL DE AEDES AEGYPTI: ESTUDIO DE LOS MECANISMOS MOLECULARES DE TOXICIDAD DE ACEITES ESENCIALES DE EUCALIPTUS . *Investigación Joven*, 7(2), 286–287. Recuperado a partir de <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/11586>
- SINAVE, Secretaría de salud. (2023). Panorama Epidemiológico de Dengue 2023. Retrieved from <https://www.gob.mx/salud/documentos/panorama-epidemiologico-de-dengue-2023>
- Sinc. (2020, January 26). A los mosquitos les gustan las flores tanto como los humanos. *Agencia SINC*. Retrieved from <https://www.agenciasinc.es>
- SMETHURST, P.J. AND WANG, B. 1998. Soil solution Phosphorus and Eucalyptus nitens roots in NP- treated microsites in highly phosphorus – fixing soil”. In: *New Zealand Journal of Forestry Science* 28(2), pp. 140-151. New Zealand.
- Soria, Carola; Almiron, Walter Ricardo; Crocco, Liliana Beatriz; *Aedes aegypti*: Características y su relación con el dengue; Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Sociales; 2021; 37-82
- Sotero-García, Alma I., Gheno-Heredia, Yaqueline Antonia, Martínez-Campos, Ángel Roberto, & Arteaga-Reyes, Tizbe T.. (2016). Plantas medicinales usadas para las afecciones respiratorias en Loma Alta, Nevado de Toluca, México. *Acta botánica mexicana*, (114), 51-68. Recuperado en 11 de septiembre de 2024, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512016000100003&lng=es&tlng=es.

- Soto-Cáceres, Víctor Alberto, Díaz-Vélez, Cristian, Becerra-Gutiérrez, Lizzie K., Arriaga-Deza, Emma V., Meoño-Asalde, Cecilia N., Reyes-Damián, Juan R., Peña-Vega, Katherine M., Vera-Oblitas, Laura C., Suyon-Jiménez, Jank P., Segura-Muñoz, Dina M., Vargas-Tineo, Otto W., & Silva-Díaz, Heber. (2022). Repellent effect and protection time of essential oils against the adult stage of *Aedes aegypti*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(6), e21018. Epub 22 de diciembre de 2022. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v33i6.21018>
- SSO. (2023, 18 de octubre). *REGISTRA SSO 109 CASOS NUEVOS DE DENGUE, SUMAN MIL 325 EN TODA LA ENTIDAD*. Oaxaca gobierno del estado. <https://www.oaxaca.gob.mx/comunicacion/registra-ss0-109-casos-nuevos-de-dengue-suman-mil-325-en-toda-la-entidad/>
- SUAZO F, GONZALO, GONZÁLEZ M, FIDELINA, URBINA P, ANGÉLICA, PASTENE N, EDGAR, SÁEZ C, KATIA, SERRI G, HUMBERTO, & CHÁVEZ E, RUTH. (2012). Actividad insecticida del aceite esencial de *Lepechinia chamaedryoides* (Balb.) Epling en *Drosophila melanogaster*. *Gayana. Botánica*, 69(2), 256-266. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432012000200005>
- SULCA, Y. O. A. (2023). *Mosquitos culícidos en dos áreas endémicas de dengue en Ayacucho: taxonomía, ecología larval y distribución potencial en el VRAEM* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Mayor de San Marcos).
- Tec Instrumental S.A. Dinamic Studio, Diseño y desarrollo web. www.dinamicstudio.com. (2021). *Concentración y extracción de compuestos naturales con un Rotavapor® - News -* <https://www.tecinstrumental.com/novedades/news/concentracion-y-extraccion-de-compuestos-naturales-con-un-rotavapor-3506>
- Teshome, A., Erko, B., Golassa, L. *et al.* Laboratory-based efficacy evaluation of *Bacillus thuringiensis* var. israelensis and temephos larvicides against larvae of *Anopheles stephensi* in ethiopia. *Malar J* 22, 48 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12936-023-04475-9>
- Tinker, M. E. (1976). Los hábitats larvarios de *Aedes aegypti* en Surinam. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*; 80 (5), mayo 1976.
- Tn.(2016, March 4). ¿Qué más tenés que saber sobre el mosquito vector del dengue? TN. Retriever from <https://tn.com.ar>
- Tolosa, A. C. (2010). *Bioactividad y toxicidad de componentes de aceites esenciales vegetales, en Pediculus humanus capitis (Phthiraptera: Pediculidae) resistentes a insecticidas piretroides* (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

- Toribio, C. (2024 Marzo 5). Repelente para mosquitos: Prepáralo con este aceite esencial de eucalipto de limón. *Gastrolab*. Retrieved from <https://www.gastrolabweb.com>
- Torrenegra Alarcón, M., Granados Conde, C., & León Mendez, G. (2019). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. *Revista Cubana de Farmacia*, 52(1). Recuperado de <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/266/206>
- Torres-Valenzuela, L. S., Serna-Jiménez, J. A., Pinto, V., & Vargas, D. (2020). Evaluación de condiciones de extracción asistida por ultrasonido de compuestos bioactivos de cáscara de pitahaya amarilla. *Revista Lasallista de Investigación*, 17(1), 70-83.
- Trujillo, E. (2013). *Guía de reforestación*. Bogotá, Colombia: El semillero.
- UnaOrg. (n.d.). *Para entender la influenza aviar – Unión Nacional de Avicultores*. <https://una.org.mx/para-entender-la-influenza-aviar/#:~:text=La%20influenza%20aviar%20altamente%20pat%C3%B3gena,en%20las%20siguientes%2048%20horas.>
- US EPA. (2024, May 1). *El éxito en el control del mosquito: un enfoque integrado | US EPA*. <https://espanol.epa.gov/control-de-plagas/el-exito-en-el-control-del-mosquito-un-enfoque-integrado#:~:text=1.-,Eliminar%20los%20h%C3%A1bitats%20del%20mosquito,no%20existan%20fuentes%20de%20agua.>
- US EPA. (2024, May 16). *Información básica sobre pesticidas | US EPA*. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-pesticidas>
- Vega y Ortega, R. A. (2016). Ciencia y ambiente en la aclimatación del eucalipto en el Valle de México a través de la prensa, 1869-1880. *Historia y sociedad*, (30), 237-264.
- Vélez-Terranova, M., Gaona, R. C., & Sánchez-Guerrero, H. (2014). Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 489-499.
- Villarreal Rodríguez, Humberto Guillermo, Cruz Nieto, Dante Daniel, & Legua Cárdenas, José Antonio. (2022). El eucalipto utilizado como alternativa de tratamiento para afecciones respiratorias en la población de Barranca. *Vive Revista de Salud*, 5(13), 98-109. Epub 19 de febrero de 2022. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v5i13.134>
- Villavicencio-Nieto, Miguel Ángel, Pérez-Escandón, Blanca Estela, & Gordillo-Martínez, Alberto José. (2010). Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica*, (30), 193-238. Recuperado en 17 de agosto de 2024, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682010000200012&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682010000200012&lng=es&tlng=es)

- Vinueza. (2013). *Ficha técnica no. 15 EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL.* <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/>
- Vinueza. (2013). *Ficha técnica no. 15 EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL.* <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/>
- von Mueller, F. (1880). *Eucalyptus globulus. Labillardiere.* - *Antique Print Map Room.* Antique Print Map Room.
- Walshe, D. P., Garner, P., Adeel, A. A., Pyke, G. H., & Burkot, T. R. (2017). Larvivorous fish for preventing malaria transmission. *Cochrane Library*, 2017(12). <https://doi.org/10.1002/14651858.cd008090.pub3>
- Williams Jacob, Pinto Joao. (2012). Manual de capacitación en entomología de la malaria . Estados unidos: RTI international.
- Word mosquito , 2023WMP. (2023, marzo). *Mexico|World Mosquito Program.* World Mosquito Program. <https://www.worldmosquitoprogram.org/es/node/69>
- World Health Organization (WHO). Public Health impact of pesticides used in agriculture. Geneva: WHO; 1990.
- World Health Organization: WHO. (2016, December 13). Mejora el control del paludismo entre las poblaciones vulnerables de África, pero el progreso a nivel mundial sigue estancado. *Organización Mundial De La Salud.* <https://www.who.int/es/news/item/13-12-2016-malaria-control-improves-for-vulnerable-in-africa-but-global-progress-off-track>
- World Health Organization: WHO. 2017. "Infección Por El Virus Del Nilo Occidental." Retrieved (<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/west-nile-virus>).
- World Mosquito Program. (2012). Recuperado el 10 de julio de 2024, Cómo funciona. website: <https://www.worldmosquitoprogram.org/es/como-funciona>
- Xavierprvcu. (2019, April 12). *¿Sabías que los mosquitos pueden volverse resistentes a insecticidas?* Unidad Control De Vectores De Puerto Rico. <https://prvectorcontrol.org/sabias-que-los-mosquitos-pueden-volverse-resistentes-a-insecticidas/#:~:text=La%20resistencia%20a%20insecticidas%20es,una%20sustancia%20qu%C3%ADmica%20en%20particular.>
- Yáñez Rueda, Xiomara, Pérez, Omar Giovanni, Meza Hernando. Actividad larvicida del aceite esencial foliar de Eucaliptus globulus contra Aedes aegypti Linnaeus. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas* [en línea]. 2010, 8(1), [fecha de Consulta 21 de Mayo de 2024]. ISSN: 0120-4211. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90315226009>

Zelaya-Molina, Lily Xochilt, Chávez-Díaz, Ismael Fernando, de los Santos-Villalobos, Sergio, Cruz-Cárdenas, Carlos Iván, Ruíz-Ramírez, Santiago, & Rojas-Anaya, Edith. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(spe27), 69-79. Epub 31 de octubre de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>

Zhang, M., Chaudhuri, S.K. & Kubo, I. Quantification of insect growth and its use in screening of naturally occurring insect control agents. *J Chem Ecol* **19**, 1109–1118 (1993). <https://doi.org/10.1007/BF00987372>