

Artículo Original / Original Article

Actividad repelente e insecticida de cuatro aceites esenciales de plantas recolectadas en Chocó-Colombia contra *Tribolium castaneum*

[Repellent and insecticidal activity of four essential oils from plants recollected in Chocó- Colombia against *Tribolium castaneum*]

Nayive Pino-Benítez¹, Yuri P. Torralbo-Cabrera¹ y Elena E. Stashenko²

¹Grupo de Productos Naturales, Programa Ciencias Naturales, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Colombia

²Bio-Reto XXI 15:50, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

Reviewed by:

Ana María Vazquez
Universidad Católica de Córdoba
Argentina

Janne Rojas
Universidad de Los Andes
Venezuela

Correspondence:

Nayive PINO-BENÍTEZ
nayivepino@gmail.com

Section Biological activity

Received: 16 April 2023

Accepted: 11 August 2023

Accepted corrected: 18 November 2023

Published: 30 July 2024

Citation:

Pino-Benítez N, Torralbo-Cabrera YO,
Stashenko EE.

Actividad repelente e insecticida de cuatro aceites
esenciales de plantas recolectadas en Chocó-
Colombia contra *Tribolium castaneum*

Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat

24 (4): 568 - 576 (2024)

<https://doi.org/10.37360/blacpma.24.23.4.38>

Abstract: This study aimed to determine the repellent and insecticidal activity of four essential oils (EOs) from plants collected in the Chocó rain forest, Colombia, against *T. castaneum*. Conventional hydrodistillation was used to obtain the EOs. The repellent and insecticidal activities were evaluated by the preference area and gas dispersion methods, respectively. Statistical differences ($p < 0.05$) were determined by applying a student's t-test. EOs of *Siparuna guianensis*, *S. conica*, *Piper marginatum*, and *Nectandra acutifolia* showed excellent repellent properties as the main findings, highlighting *S. conica* EO with 84% repellency ($1 \mu\text{L}/\text{cm}^2$), while *P. marginatum* showed to be bioactive to the dose of $500 \mu\text{L}/\text{mL}$ (72 h), inducing mortality of 100% of the exposed population. In conclusion, the results evidenced the repellent properties of the EOs evaluated against *T. castaneum*, which allows us to conclude that these plant species are potential natural sources producing bio-repellents that contribute to the integrated control of *T. castaneum*.

Keywords: Coleoptera; Essential oils; Repellency; Insecticide; Insect pest.

Resumen: Se evaluaron cuatro aceites esenciales (AEs) de plantas recolectadas en la selva pluvial del Chocó, Colombia, para determinar su actividad repelente e insecticida contra *T. castaneum*. Los AEs fueron obtenidos por hidrodestilación convencional. Las actividades repelentes e insecticidas se evaluaron por los métodos de área de preferencia y dispersión de gas, respectivamente. Las diferencias significativas ($p < 0,05$) fueron determinadas aplicando una prueba t de student. Los AEs de *Siparuna guianensis*, *S. conica*, *Piper marginatum* y *Nectandra acutifolia* mostraron excelentes propiedades repelentes, destacando el AE de *S. conica* con un 84% de repelencia ($1 \mu\text{L}/\text{cm}^2$), mientras que el AE de *P. marginatum* mostró ser bioactivo a la dosis de $500 \mu\text{L}/\text{mL}$ (72 h) al inducir la mortalidad del 100% de la población expuesta. Se concluye que estas especies de plantas son fuentes naturales potencialmente viables para la producción de biorepelentes que contribuyan en el control integrado de *T. castaneum*.

Palabras clave: Coleóptera; Aceites esenciales; Repelencia; Insecticida; Insecto-plaga.

INTRODUCTION

A nivel mundial, las pérdidas en granos alimenticios almacenados asociados con insecto-plagas es elevado (Savary *et al.*, 2019). Su impacto involucra todos los eslabones de la cadena de producción que incluyen la postcosecha, procesamiento, almacenamiento y distribución. En Colombia, se estima que las pérdidas oscilan alrededor de 9,76 millones de toneladas de alimentos al año, de los cuales 148.074 toneladas corresponden a granos alimenticios. Del total de estos alimentos que van a la basura anualmente, el 5% (7.525 toneladas) se pierde en la etapa de producción y procesamiento industrial, mientras que el 95% (140.550 toneladas) corresponde a los desperdicios generados en los hogares, supermercados, tiendas de barrio y plazas de mercado (DNP, 2016). En el caso particular de los granos alimenticios, la mayor parte de los daños son producidos en la etapa de almacenamiento y procesamiento debido a infestaciones de plagas primarias o secundarias, siendo las especies de gorgojos o escarabajos más importantes *Ahasverus advena*, *Acanthoscelides obtectus*, *Carpophilus dimidiatus*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius*, *Lasioderma serricorne* y *T. castaneum* (Herbst) (Ramos *et al.*, 2016). El manejo y control de este tipo de plagas consiste en la aplicación de plaguicidas sintéticos, cuyo uso inadecuado ha generado resistencia en las plagas y problemas asociados con la salud pública (Mfarrej and Rara, 2019). Se ha demostrado que la ingesta de alimentos con alto contenido de residuos de plaguicidas organofosforados, carbamatos y piretroides inducen intoxicaciones agudas, mientras que, a largo plazo, se han observado alteraciones en el sistema nervioso, daños en los pulmones, hepatitis crónica, cáncer, entre otros (Jiménez & Quiroga, 2016). El incremento de este tipo de daños ha conllevado a la búsqueda de sustancias naturales eco-amigables con un mecanismo de acción similar al de los plaguicidas convencionales (Mfarrej and Rara, 2019). En este sentido, los extractos naturales derivados de plantas, como son los AEs y extractos orgánicos o acuosos, surgen como una alternativa para el control de problemas fitosanitarios producidos por este tipo de plagas. En particular, los AEs son reconocidos como potenciales bioplaguicidas. Estos extractos líquidos están constituidos por productos naturales (PNs) con características volátiles y semivolátiles, que son generadas por el metabolismo secundario de las plantas. Estos PNs, también llamados metabolitos secundarios, se encuentran en una matriz compleja de compuestos que pueden aislarse mediante numerosos métodos de extracción,

dando lugar a mezclas de compuestos de elevada complejidad (Da Silva *et al.*, 2021). Los constituyentes principales de los AEs son los monoterpenos (10C) (aproximadamente el 90% de las mezclas), sesquiterpenos (15C) y una variedad de fenoles aromáticos, óxidos, éteres, alcoholes, ésteres, aldehídos y cetonas que determinan su aroma y bioactividad característicos de la planta de la cual provienen (Stashenko *et al.*, 2019). Los AEs han sido ampliamente usados en la medicina tradicional, principalmente en aromaterapia. Actualmente, estos extractos son objeto de estudio debido al amplio espectro de actividades biológicas reportadas (Caballero-Gallardo *et al.*, 2022). El departamento del Chocó ubicado en el occidente de Colombia cuenta con una multitud de especies de plantas con aplicaciones etnobotánicas y etnofarmacológicas, que incluyen especies de las familias Gesneriaceae (103 usos), Asteraceae (83), Piperaceae (65), Araceae (46) y Araceae (41). Una de las familias más importantes es la Piperaceae, la cual está constituida por 5 géneros (*Verhuellia*, *Zippelia*, *Manekia*, *Piper* y *Peperomia*). En el Chocó, el género *Piper* es muy reconocido por sus propiedades medicinales, pero también es el género que registra el mayor número de especies (Valoyes y Palacios, 2020). Existen otros géneros de importancia etnomedicinal que pertenecen a otras familias de plantas, por ejemplo, *Siparuna*, de la familia Siparunaceae. Las múltiples bioactividades de *Siparuna* han sido reportadas con el uso de los AEs y extractos vegetales (Padilla y Gil, 2012). Otro género importante en Colombia es *Nectandra*, que cuenta con 27 especies registradas, de las cuales 8 están sin confirmar (SIB, 2022).

La presente investigación tuvo como objetivo el estudio de las propiedades repelentes e insecticidas de los AEs extraídos por hidrodestilación convencional a partir de *S. guianensis*, *S. conica*, *P. marginatum* y *N. acutifolia*, cuatro especies tropicales recolectadas en la selva pluvial central del Chocó para determinar su potencial como bioplaguicidas para el control de *T. castaneum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos

Se utilizó acetona de Mallinckrodt Chemicals (Nueva Jersey, Estados Unidos), un repelente de marca comercial (butil-acetil-aminopropionato de etilo, IR3535) de la cadena de Supermercados Olímpica (Quibdó, Chocó) y un insecticida de marca comercial (Malatión) de la tienda Tierragro (Medellín, Antioquia). El papel filtro se adquirió de Merck (Darmstadt, Alemania).

Material vegetal

Las plantas en estudio se recolectaron en la selva pluvial del Chocó. Las muestras botánicas fueron identificadas en el Grupo de Productos Naturales, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, ubicado en el departamento del Chocó y depositados en el Herbario Nacional Colombiano bajo el voucher No. COL-520292 (*S. guianensis* Aubl.), COL-519971 (*S. conica* S.S. Renner & Hausner), COL-519972 (*P. marginatum* Jacq.) y COL-539582 [*N. acutifolia* (Ruiz & Pav.) Mez]. El material vegetal (500 g), finamente picado y sumergido en agua, fue utilizado para la obtención de los AEs empleando hidrodestilación convencional (4 h) con la asistencia de un equipo de destilación tipo Clevenger (Torralbo Cabrera *et al.*, 2022). Los AEs fueron almacenados en viales ámbar, rotulados y almacenados bajo temperatura de refrigeración hasta su respectiva utilización.

Bioensayos

Recolección y cultivo de la muestra de insectos

La especie *T. castaneum* se obtuvo de granos alimenticios infestados almacenados en locales mayoristas localizados en el mercado de Bazurto de la ciudad de Cartagena de Indias, departamento de Bolívar. Muestras de insecto-plagas fueron cultivadas bajo condiciones de laboratorio en el Grupo de Productos Naturales de la Universidad Tecnológica del Chocó. Para ello, los gorgojos fueron depositados en recipientes herméticos y alimentados con harina no contaminada, separando periódicamente los insectos adultos de las larvas. Se observó el ciclo biológico de los insectos desde la etapa de larva hasta llegar a gorgojo adulto. Las condiciones empleadas para su conservación fueron las siguientes: temperatura ambiental ($26 \pm 2^\circ\text{C}$), humedad relativa (86%), régimen de 10 h de luz:oscuridad.

Actividad repelente

La actividad repelente se realizó mediante el método de área de preferencia¹³. Inicialmente, se tomaron discos de papel filtro de 9 cm de diámetro cortados a la mitad. Luego, se tomaron 20 gorgojos de *T. castaneum* adultos colocándolos en viales limpios y secos. Seguidamente, se prepararon las soluciones necesarias para cada bioensayo. Para ello, cada AE (35 μL) fue disuelto en acetona, dando lugar a 5 disoluciones a las concentraciones de 1,0; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$.

Para la determinación de la actividad repelente, una de las mitades del papel filtro se impregnó con la solución del AE de forma uniforme y la otra mitad del papel se trató con el solvente

acetona (control negativo). Tanto las áreas tratadas con AE como las del control negativo, fueron secadas a temperatura ambiente (5 min) y posteriormente introducidas en cajas de Petri. Se utilizó como control positivo el IR3535 al 20%. Finalmente, un total de 20 gorgojos fueron ubicados en cada caja de Petri para la evaluación de la actividad. Esta metodología fue empleada en cada réplica y se tomaron lecturas después de 2 y 4 h de exposición. Para la determinación del porcentaje de repelencia (PR)¹³, se utilizó la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{Nc - Nt}{Nc + Nt} \times 100$$

Donde,

Nc: número de insectos en el área control (acetona).

Nt: número de insectos en el área tratada (AE + acetona).

En el caso de mayor número de organismos en el área tratada ($Nt > Nc$), el porcentaje de repelencia se consideró negativo y se interpretó como actividad atrayente.

Los bioensayos de actividad repelente se trabajaron bajo las siguientes condiciones: iluminación: oscuridad, temperatura: $26 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa: 86-88%, duración de la prueba: 4 h, disolvente y control negativo: acetona.

Actividad insecticida

La actividad insecticida se evaluó mediante el método de dispersión de gas (Tapondjou *et al.*, 2005). En breve, se emplearon viales de 22 mL, dentro de los cuales se colocaron cortes de papel filtro de 2 cm de diámetro que fueron impregnados con AE diluidos en acetona a las concentraciones de 500, 350, 250, 100 y 50 μL de aceite esencial/mL de aire, respectivamente. Posteriormente, se introdujeron 10 gorgojos adultos de *T. castaneum* y los viales se taparon. Se empleó como control positivo el Malatión, una formulación insecticida comercial (organofosforado) de moderada toxicidad, el cual fue evaluado siguiendo la metodología empleada en los AEs.

Con los resultados obtenidos se calculó el porcentaje de mortalidad para cada concentración a las 24, 48 y 72 h de exposición. En los casos de mortalidad en el control, se empleó la fórmula de Abbott para corregir la relación porcentual de mortalidad.

$$PM = \frac{Nm}{Nm + Nv} \times 100$$

Donde,

Nm: número de insectos muertos

Nv: número de insectos vivos

Análisis estadístico

Los resultados de la actividad repelente se presentan como la media del porcentaje de repelencia (PR) \pm error estándar (EE). El signo obtenido en el cálculo de PR se empleó para cualificar la acción repelente (positivo) o atrayente (negativo) de los AEs. Para la actividad insecticida, los resultados se registran como la media obtenida del porcentaje de mortalidad (PM) \pm EE. Las diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los AEs y los productos comerciales (repelente e insecticida) fueron determinadas mediante la prueba t de Student.

RESULTADOS

El análisis de la actividad repelente de los AEs de *S. guianensis*, *P. marginatum* y *N. acutifolia*, mostró que a una menor concentración ($0,0001 \mu\text{L}/\text{cm}^2$), es posible obtener una actividad atrayente. A las 4 h de exposición, los AEs de *S. guianensis* y *P. marginatum* mostraron actividad atrayente en un -7 y -2%, respectivamente. El AE de *N. acutifolia* evaluado a las 2 y 4 h, mostró valores de -6 y -10%. Sin embargo, el AE más activo como repelente fue obtenido con el AE de *S. conica* evaluado a la concentración de $1 \mu\text{L}/\text{cm}^2$, en el cual se obtuvieron relaciones porcentuales de 84 y 80% a las 2 y 4 h de exposición. Bajo las condiciones experimentales mencionadas, el AE de *N. acutifolia* mostró un 74% de repelencia en los dos tiempos de exposición evaluados, mientras que *P. marginatum* registró repelencia de 74 y 72%. De los cuatro AEs evaluados, *S. guianensis* mostró la menor actividad, induciendo un 70 y 66% de repelencia a la concentración más elevada ($1 \mu\text{L}/\text{cm}^2$). La actividad repelente del AE de *S. conica* evaluada a las diferentes concentraciones, fue ligeramente superior a la observada con el control positivo (IR3535). Finalmente, el AE de *P. marginatum* evaluado en el rango de $0,1 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ a $0,0001 \mu\text{L}/\text{cm}^2$, mostró actividad repelente superior a los obtenidos para el IR3535. Estos resultados indican que estos AEs son más eficaces que el control positivo (Tabla N° 1).

En la evaluación de la actividad insecticida se observó una letalidad incrementada que fue directamente proporcional a la concentración y el

tiempo de exposición. El AE de *P. marginatum* registró la mayor toxicidad a la concentración de $500 \mu\text{g}/\text{mL}$ y se obtuvo un 82, 98 y 100% de letalidad a las 24, 48 y 72 h de exposición, respectivamente. El AE de la especie *N. acutifolia* se ubicó en el segundo lugar con un 32 y 38% de toxicidad a las 48 y 72 h de exposición. El AE de *S. conica*, registró una repelencia significativa; sin embargo, la toxicidad sobre *T. castaneum* fue considerablemente baja a la concentración de $500 \mu\text{g}/\text{mL}$, siendo la mortalidad del 25% a las 72 h. Por otra parte, el AE de *S. guianensis* evaluado a la mayor concentración, indujo una actividad insecticida considerablemente baja del 11 y 15% a las 48 y 72 h de exposición, respectivamente.

Los datos obtenidos muestran una relación entre las dosis mínimas utilizada en los ensayos ($50-500 \mu\text{g}/\text{mL}$) con la baja toxicidad observada en estos extractos líquidos, lo que evidencia la necesidad de emplear concentraciones más elevadas del AE para inducir un mayor efecto letal en *T. castaneum* (Tabla N° 2).

En general, existe una toxicidad disminuida de los AEs en estudio en comparación con el insecticida comercial (Malatión), excepto para el AE de *P. marginatum*, el cual alcanzó a las 72 h una mortalidad igual a la obtenida para el control positivo empleando la concentración de $500 \mu\text{g}/\text{mL}$. Debido a la baja toxicidad de los AEs con respecto al Malatión, podemos deducir que estos se encuentran alejados de la efectividad del producto comercial. Por lo tanto, se requieren mayores concentraciones para inducir una acción letal más eficaz.

DISCUSIÓN

Los AEs son mezclas altamente complejas de PNs, a menudo terpenos y fenilpropanos, generados por el metabolismo secundario de las plantas aromáticas, con un papel importante en la polinización y en su sistema de defensa, siendo esta última una de las principales propiedades que determinan que las especies de plantas sean potencialmente bioactivas (De Groot & Schmidt, 2016). La bioactividad de los AEs es el resultado de la interacción entre los fitoconstituyentes, particularmente de los componentes principales. No obstante, las propiedades biológicas de estos extractos pueden variar con los quimiotipos de las plantas (Melo et al., 2018). Desde épocas milenarias, los AEs han sido un recurso valioso para el humano debido a sus propiedades antimicrobianas (Aljaafari et al., 2021) y a los beneficios en aromaterapia (Ali et al., 2015). Estos extractos han sido ampliamente estudiados

como repelentes contra artrópodos (Lee 2018) y son una alternativa para el control de insectos ya que son biodegradables y amigables con el ambiente, siendo adecuados para los programas de control integrado, en especial, contra plagas de insectos de productos almacenados como *T. castaneum* (Li, 2023).

En el presente estudio, la actividad repelente e insecticida de AEs de cuatro especies cultivadas en el departamento del Chocó (*S. guianensis*, *S. conica*, *P. marginatum* y *N. acutifolia*) fueron evaluadas contra *T. castaneum* (conocido como el escarabajo rojo de la harina). Los resultados obtenidos demostraron que estos AEs tienen propiedades prometedoras para el desarrollo de productos repelentes e insecticidas y sirven como una alternativa natural a los productos sintéticos.

S. guianensis, también llamado limoncillo, árbol de chucha, ajicillo, gallinazo panga y limón hediondo, es una especie utilizada en la medicina popular, principalmente para el tratamiento de molestias gastrointestinales (Santana de Oliveira et al., 2020). Sus propiedades medicinales han sido atribuidas a la composición química de sus AEs, siendo las más destacadas la actividad acaricida (Diniz et al., 2022) y antimicrobiana (De Melo et al., 2017). La actividad del AE de esta especie se extiende a las prácticas de control y manejo de lepidópteros (Lourenço et al., 2018), mosquitos (Aguiar et al., 2015) y polilla de la cera (Ferreira et al., 2017). La literatura reporta que el extracto etanólico de *S. guianensis* resulta ser eficaz sobre *T. castaneum*, por lo que se ha registrado actividad repelente del 74 y 73% evaluado a las 2 y 4 h de exposición, empleando una dosis de 300 µg/mL (Pino-Benítez et al., 2016). Sin embargo, no existen reportes sobre los efectos repelentes e insecticidas del AE de *S. guianensis* de la flora chochoana en Colombia contra *T. castaneum*.

Para demostrar el potencial repelente de este género, se evaluaron las propiedades repelentes del AE de *S. conica* demostrando actividad moderada a alta contra *T. castaneum* (Caballero-Gallardo et al., 2014). Los reportes de bioactividades para el AE de esta especie son pocos. Sin embargo, se conoce su potencial inhibidor contra las bacterias *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) y *Bacillus subtilis* (ATCC 6633) a la concentración de 10 mg/mL (Pino et al., 2008). De acuerdo con estos resultados, el AE de *S. conica* fue el extracto líquido más promisorio por sus propiedades repelentes contra el escarabajo rojo de la harina, registrando resultados superiores a los obtenidos para el control positivo (IR3535).

El género *Siparuna* pertenece a la familia Siparunaceae (del orden Laurales). Esta familia se conoce desde la antigüedad por sus usos en la medicina tradicional y es una fuente rica de moléculas con potencial terapéutico emergente (El Mahdi et al., 2022). Se ha demostrado que los extractos crudos y los AEs de las Siparunáceas tienen propiedades biológicas notorias sobre microorganismos, en especial contra las bacterias. En este sentido, el extracto de *S. sessiliflora* (limoncillo) registra actividad antibacteriana contra *B. subtilis*, *S. aureus*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, cuatro especies responsables de cuadros clínicos infecciosos en seres humanos (Padilla y Gil, 2012). Recientemente, se reportó la actividad antifúngica del AE de las hojas de *S. muricata* contra *Aspergillus niger* (ATTC 10231) y antibacteriana contra *Enterococcus faecium* (ATCC 27270) (Morocho et al., 2023). También se ha evaluado la actividad antimicrobiana de los AEs obtenidos de las hojas de *S. macrotepala* y *S. aspera* (Noriega et al., 2019). Los componentes mayoritarios identificados en el aceite esencial de *S. guianensis* son γ -muuroleno (13.99 a 35.97%, curzereno (7.22 a 19.15%, curzerenona (7.3 a 18.13%) y 2-undecanona (3.99 a 10.63% (De souza et al., 2022); destacándose entre estos la 2-undecanona conocida por poseer propiedades repelentes sobre mosquitos vectores de enfermedades (Andrade-Ochoa et al., 2017).

Debido a las numerosas aplicaciones terapéuticas reportadas para el género *Piper*, actualmente se registra un número importante de estudios que emplean los AEs extraídos de las diferentes especies de este género para inducir repelencia y mortalidad sobre plagas de productos almacenados, especialmente contra *Sitophilus zea mais* (De Lira et al., 2022). El estudio del potencial biológico de AE de *P. marginatum* para el control de plagas de productos almacenados ha sido evaluado contra especies de ácaros que afectan los cultivos, entre ellos, *Tetranychus urticae* y *Neoseiulus californicus*, mostrando actividad significativa (Ribeiro et al., 2016). Además, se ha demostrado la acción larvicida y el efecto disuasivo de la oviposición de *Aedes aegypti* del AE de inflorescencias de esta especie (Autran et al., 2009). En este estudio, el AE de *P. marginatum* (cordoncillo) mostró una actividad repelente del 74 y 72% a las 2 y 4 h, respectivamente, empleando una concentración de 1,0 µg/cm². Estos resultados permiten deducir que esta especie ejerce alta toxicidad sobre *T. castaneum*. De manera similar, el AE de la especie *P. gorgollinense* (1 µg/cm²) mostró

ser efectivo como repelente (78% de actividad) y fumigante (90%) sobre *T. castaneum*, mientras que la actividad insecticida de este aceite fue del 100% empleando una concentración de 350 µg/mL (Jaramillo et al., 2020). Adicionalmente, la evaluación de la actividad antialimentaria de los extractos crudos de los frutos de *P. nigrum* ha mostrado una actividad importante frente a plagas que afectan los cereales almacenados como: *Sitophilus zeamais* (66%) y *Tribolium castaneum* (52%) (Rodríguez et al., 2022). Se reconocen el eugenol, enatol y safrol como constituyentes mayoritarios del aceite esencial extraído de *Piper marginatum* de Acandí-Chocó, cuyos compuestos han demostrado propiedades repelentes y fitotóxicas (Jaramillo-Colorado et al., 2015).

La bioactividad de género *Nectandra* (familia Lauraceae) está asociado frecuentemente con la actividad antifúngica, en especial, contra hongos fitopatógenos. En este sentido, los extractos crudos de *N. membranacea*, *N. reticulata*, *N. lineata* y *Nectandra sp.* mostraron un efecto antifúngico frente a *Phytophthora cinnamomi*, un moho responsable de la podredumbre de la raíz, que produce enfermedades de cultivos en frutos tropicales (Murillo et al., 2019) y el extracto crudo de *N. acutifolia* redujo el estrés oxidativo inducido con rotenona en *Drosophila melanogaster* (González y Mosquera, 2019). Diferentes especies de *Nectandra* han mostrado ser activos contra amastigotes de *Leishmania infantum* y *L. amazonensis* (e.g., *N. amazonum* y *N. gardneri*) (Bosquiroli et al., 2017) y actividad antibacteriana notable contra *E. coli*, *B. cereus*, *S. aureus* y *S. epidermidis* (e.g., *N. cuspidata*) (Da Silva et al., 2017). Las investigaciones sobre las actividades repelentes e insecticidas de los AEs de especies del

género *Nectandra* son limitados. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio revelan una actividad repelente notable contra *T. castaneum*, lo que sugiere la necesidad de explorar a profundidad el potencial bioactivo de este género.

CONCLUSIONES

Los AEs son una fuente de mezclas de metabolitos secundarios con propiedades repelentes e insecticidas que varían en función de la especie evaluada. En este estudio, los resultados obtenidos demostraron el potencial repelente contra *T. castaneum* de los AEs analizados (*S. conica* > *P. marginatum* = *N. acutifolia* > *S. guianensis*). En relación con la mortalidad, los AEs no ejercieron una actividad importante, excepto el AE de *P. marginatum*, el cual mostró la mayor actividad insecticida. A partir de estos resultados se deduce que los AEs obtenidos a partir de estas especies vegetales poseen mayor actividad repelente que insecticida. Por lo tanto, se confirma que la flora chocoana es rica en especies de plantas que actúan como una fuente promisoriosa para el desarrollo de biorepelentes que podrían servir de alternativa al uso de los productos sintéticos empleados para el control y mitigación de *T. castaneum*.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a la Universidad Tecnológica del Chocó, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ministerio de Educación Nacional, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo e ICETEX. Convocatoria Ecosistema Científico - Colombia Científica. Fondo Francisco José de Caldas, Contrato RC-FP44842-212-2018. Programa Bio-Reto XXI-15:50.

REFERENCIAS

- Aguiar RW, dos Santos SF, Morgado FS, Ascencio SD, Lopes MM, Viana KF, Didonet J, Ribeiro BM. 2015. Insecticidal and repellent activity of *Siparuna guianensis* Aubl. (Negramina) against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. **Plos One** 10: e0116765. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116765>
- Ali B, Al-Wabel NA, Shams S, Ahamad A, Khan SA, Anwar F. 2015. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. **Asian Pac J Trop Biomed** 5: 601 - 611. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>
- Aljaafari MN, AlAli AO, Baqais L, Alqubaisy M, AlAli M, Molouki A, Ong-Abdullah J, Abushelaibi A, Lai KS, Lim SHE. 2021. An overview of the potential therapeutic applications of essential oils. **Molecules** 26: 628. <https://doi.org/10.3390/molecules26030628>
- Andrade-Ochoa S, Sánchez-Torres LE, Nevárez-Moorillón GV, Camacho AD, Noguera-Torres, B. 2017. Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades. **Biomédica** 37: 224 - 243. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3475>
- Autran ES, Neves IA, Da Silva CSB, Santos GKN, da Câmara CAG, Navarro DMAF. 2009. Chemical composition, oviposition deterrent and larvicidal activities against *Aedes aegypti* of essential oils from *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). **Bioresour Technol** 100: 2284 - 2288. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.055>

- Benítez NP, Valencia CM. 2016. Evaluación de extractos totales como repelente para el control de *Tribolium castaneum* Herbst, 1799 (Coleoptera: Tenebrionidae). **Rev Biodivers Neotrop** 6: 22 - 26.
- Bosquiroli LSS, Ferreira ACS, Farias KS, da Costa EC, Matos MFC, Kadri MCT, Rizk YS, Alves FM, Perdomo RT, Carollo CA, Arruda CCP. 2017. *In vitro* antileishmania activity of sesquiterpene-rich essential oils from *Nectandra* species. **Pharm Biol** 55: 2285 - 2291. <https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1407803>
- Caballero-Gallardo K, Pino-Benitez N, Pajaro-Castro N, Stashenko E, Olivero-Verbel J. 2014. Plants cultivated in Choco, Colombia, as source of repellents against *Tribolium castaneum* (Herbst). **J Asia Pac Entomol** 17: 753 - 759. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2014.06.011>
- Caballero-Gallardo K, Quintero-Rincón P, Stashenko EE, Olivero-Verbel J. 2022. Photoprotective agents obtained from aromatic plants grown in Colombia: Total phenolic content, antioxidant activity, and assessment of cytotoxic potential in cancer cell lines of *Cymbopogon flexuosus* L. and *Tagetes lucida* Cav. essential oils. **Plants** 11: 1693. <https://doi.org/10.3390/plants11131693>
- Da Silva BD, Bernardes PC, Pinheiro PF, Fantuzzi E, Roberto CD. 2021. Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. **Meat Sci** 176: 108463. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108463>
- Da Silva JKR, Andrade EHA, Mourão RHV, Maia JGS, Dosoky NS, Setzer WN. 2017. Chemical profile and *in vitro* biological activities of essential oils of *Nectandra puberula* and *N. cuspidata* from the Amazon. **Nat Prod Commun** 12: 131 - 134.
- De Groot AC, Schmidt E. 2016. Essential oils, Part III: Chemical composition. **Dermatitis** 27: 161 - 169. <https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000193>
- Pimentel CSL, Albuquerque BNL, Rocha SKL, Silva AS, Silva ABV, Bellon R, Agra-Neto AC, de Aguiar JCROF, Paiva PMG, Princival JL, Napoleão TH, Navarro DMAF. 2022. Insecticidal activity of the essential oil of *Piper corcovadensis* leaves and its major compound (1-butyl-3,4-methylenedioxybenzene) against the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Pest Manag Sci** 78: 1008 - 1017. <https://doi.org/10.1002/ps.6712>
- De Melo DC, Miranda MLD, Júnior WGF, Andrade PM, Alcoba AET, Silva TS, Casal CM, Martins CHG. 2017. Anticariogenic and antimycobacterial activities of the essential oil of *Siparuna guianensis* Aublet (Siparunaceae). **Orbital Electron J Chem** 55 - 60. doi: <https://doi.org/10.17807/orbital.v0i0.930>
- de Souza JA, Silva LS, Romano CA., Cunha LC, Neto JR, Borges LL, Sousa TF, de Paula JR. 2022. Chemical composition and seasonal variation of the volatile oils from *Siparuna guianensis* Aubl. leaves collected from Monte do Carmo, Tocantins. **Res Soc Dev** 11: e30011124908 - e30011124908. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24908>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). 2016. **Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia**. <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombianos-botan-9,76-millones-de-toneladas-de-comida-al-a%C3%B1o.aspx>
- Diniz JA, Marchesini P, Zeringóta V, Matos RDS, Novato TPL, Melo D, Vale L, Lopes WDZ, Gomes GA, Monteiro C. 2022. Chemical composition of essential oils of different *Siparuna guianensis* chemotypes and their acaricidal activity against *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae): influence of α -bisabolol. **Int J Acarol** 48: 36 - 42. <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.2009910>
- El Mahdi O, Ouakil A, Lachkar M. 2022. Non-volatile constituents from Monimiaceae, Siparunaceae and Atherospermataceae plant species and their bioactivities: An up-date covering 2000-2021. **Phytochemistry** 202: 113291. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113291>
- Ferreira TP, Oliveira EE, Tschoeke PH, Pinheiro RG, Maia AMS, Aguiar RWS. 2017. Potential use of *Negramina* (*Siparuna guianensis* Aubl.) essential oil to control wax moths and its selectivity in relation to honey bees. **Ind Crops Prod** 109: 151 - 157. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.023>
- González LM, Mosquera OM. 2019. *Nectandra acutifolia* (Ruiz & Pav.) Mez (Lauraceae) reduces oxidative stress induced with Rotenone in *Drosophila melanogaster*. **J Pharm Pharmacol** 7: 599 - 610. <https://doi.org/10.17265/2328-2150/2019.12.001>
- Jaramillo-Colorado B, Julio-Torres J, Duarte-Restrepo E, Gonzalez-Coloma A, Julio-Torres LF. 2015. Estudio comparativo de la composición volátil y las actividades biológicas del aceite esencial de *Piper marginatum* Jacq. Colombiano. **Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat** 14: 343 - 354.
- Jaramillo BE, Palacio FM, Pino CN. 2020. Volatile chemical composition of Colombian *Piper gorgonillense* Trel. & Yunck. essential oil and its repellent and fumigant activity against *Tribolium castaneum* Herbst. **Rev Colomb Cienc Hortíc** 14: 424 - 433. <https://doi.org/10.17584/rcch.2020v14i3.11061>

- Jiménez DH, Quiroga JE. 2016. **Evaluación de seguridad de los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas organofosforados carbamatos y piretroides por el consumo de alimentos en Colombia 2016**. Tesis, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, Colombia.
- Lee MY. 2018. Essential oils as repellents against arthropods. **BioMed Res Int** 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/6860271>
- Li BY, Zhang JW, Zheng Y, Wang D, Wang CF, Du SS. 2023. Insecticidal and repellent effects of the essential oils extract from *Zanthoxylum myriacanthum* against three storage pests. **Chem Biodiver** 2023. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200493>
- Lourenço AM, Haddi K, Ribeiro BM, Corrêia RFT, Tomé HVV, Santos-Amaya O, Pereira JG, Guedes RN, Santos GR, Oliveira EE, Aguiar WS. 2018. Essential oil of *Siparuna guianensis* as an alternative tool for improved lepidopteran control and resistance management practices. **Sci Rep** 8: 7215. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25721-0>
- Melo CR, Picanco MC, Santos AA, Santos IB, Pimentel MF, Santos A, Blank AF, Araujo AP, Cristaldo PF, Bacci L. 2018. Toxicity of essential oils of *Lippia gracilis* chemotypes and their major compounds on *Diaphania hyalinata* and non-target species. **Crop Prot** 104: 47 - 51. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.013>
- Mfarrej MFB, Rara FM. 2019. Competitive, sustainable natural pesticides. **Acta Ecol Sin** 39: 145 - 151. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.08.005>
- Morocho V, Hidalgo-Tapia M, Delgado-Loyola I, Cartuche L, Cumbicus N, Valarezo E. 2023. Chemical composition and biological activity of essential oil from leaves and fruits of Limoncillo [*Siparuna muricata* (Ruiz & Pav.) A. DC.]. **Antibiotics** 12: 82. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12010082>
- Murillo MCÁ, Rodríguez EAP, Ávila WAD, Suarez LEC. 2019. **Gulupa (*Passiflora edulis*), curuba (*Passiflora tripartita*), aguacate (*Persea americana*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*): innovaciones**. Editorial Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <https://doi.org/10.36385/FCBOG-1-0>
- Noriega P, Guerrini A, Sacchetti G, Grandini A, Ankuash E, Manfredini S. 2019. Chemical composition and biological activity of five essential oils from the Ecuadorian Amazon Rain Forest. **Molecules** 24: 1637. <https://doi.org/10.3390/molecules24081637>
- Padilla GF, Gil E. 2012. Actividad antibacteriana de extractos y fracciones de hojas de *Siparuna sessiliflora* Kunth A. DC. (limoncillo). **Rev Cub Plant Med** 17: 65 - 72. <https://doi.org/10.11144/javeriana.10554.823>
- Pino N, Martínez L, Stashenko EE. 2008. Actividad antibacteriana del aceite esencial de *S. conica* y *S. guianensis* especies de la Familia Monimiaceae. **Salud UIS** 40: 140 - 142.
- Ramos JM, Rodríguez YF, Palmero M. 2016. La fauna de insectos y ácaros asociados a almacenes de alimentos en la provincia de Sancti Spiritus. **Fitosanidad** 20: 13 - 19.
- Ribeiro N, Camara C, Ramos C. 2016. Toxicity of essential oils of *Piper marginatum* Jacq. against *Tetranychus urticae* Koch and *Neoseiulus californicus* (McGregor). **Chil J Agric Res** 76: 71 - 76. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000100010>
- Rodríguez DE, Patiño OJ, Prieto JA. 2022. Actividad antialimentaria de frutos de *Piper nigrum* (piperaceae) frente a plagas que afectan cereales almacenados. **J Nat Prod** 5: 86 - 88. <https://doi.org/10.3407/rpn.v5i2.6813>
- Oliveira MS, da Cruz JN, Costa WA, Silva SG, Brito MDP, de Menezes SAF, de Menezes SAF, Chávez NAM, de Aguiar AEH. 2020. Chemical composition, antimicrobial properties of *Siparuna guianensis* essential oil and molecular docking and dynamics molecular study of its major chemical constituent. **Molecules** 25: 3852. <https://doi.org/10.3390/molecules25173852>
- Savary S, Willocquet L, Pethybridge SJ, Esker P, McRoberts N, Nelson A. 2019. The global burden of pathogens and pests on major food crops. **Nat Ecol Evol** 3: 430 - 439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- SIB (Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia). 2013. <http://www.sibcolombia.net>
- Stashenko EE, Martínez RJ. 2019. **Study of essential oils obtained from Tropical plants grown in Colombia**. In: El-Shemy HA, eds. Essential oils-oils of nature. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77673>
- Tapondjou A, Adler C, Fontem D, Bouda H, Reichmuth C. 2005. Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. **J Stored Prod Res** 41: 91 - 102. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.01.004>
- Torralbo Cabrera YP, Pino-Benitez N, Stashenko EE. 2022. Actividad repelente e insecticida de dos aceites esenciales de *Piper* del Nor-Occidente del Pacífico Colombiano. **Rev Asoc Colomb Cienc Biol** 34: 59 - 67. <https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i34.263>

Valoyes Milán DC, Palacios LP. 2020. Patrones de uso de las plantas medicinales en el Chocó y Cauca (Colombia). **Ciencia en Desarrollo** 11: 85 - 96. <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n2.2020.10583>