



Actividad repelente e insecticida de dos aceites esenciales de *Piper* del Nor-Occidente del Pacífico Colombiano

Repellent and insecticidal activity of two *Piper* essential oils from the Nor-West Colombian Pacific

Yuris Patricia Torralbo Cabrera^{1,2}, Nayive Pino Benítez^{1,2*}, Elena E. Stashenko²

^{1.} Grupo de Productos Naturales, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, Chocó- Colombia

^{2.} Bio-Reto XXI 15:50, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga

Recibido: Mayo 7 de 2022

Aceptado: Julio 30 de 2022

*Correspondencia del autor: Yuris Patricia Torralbo Cabrera

E-mail: yuritortalbo@hotmail.com

<https://doi.org/10.47499/revistaaccb.v1i34.263>

Resumen

Introducción: El uso inapropiado de plaguicidas en alimentos y la resistencia que las plagas han adquirido frente a estos, han traído consigo problemas de salud pública; con el objetivo de disminuir el empleo de estas sustancias nocivas, se han realizado estudios biológicos con productos vegetales (aceites esenciales) los cuales han demostrado ser eficaces para controlar diferentes organismos. **Objetivos:** Esta investigación tiene como objetivo determinar la actividad repelente e insécticida de dos aceites esenciales del género *Piper*, procedentes del nor-occidente del Pacífico colombiano, sobre insectos que atacan productos almacenados. **Materiales y métodos:** Los aceites esenciales fueron extraídos por hidrodestilación convencional, la actividad repelente se trabajó aplicando el método de área de preferencia para la actividad insecticida por dispersión de gas, donde se obtuvieron los porcentajes de repelencia y mortalidad. **Resultados:** Se encontró a *Piper obrutum* como el aceite esencial más activo, presentando a la concentración de 1µL/cm² porcentaje de repelencia de 85% y registrando una mortalidad del 25% a la concentración de 500µL/mL y 72h de exposición; mientras que, *Piper littorale* a este tiempo de exposición, produce una tasa de mortalidad mayor, con un porcentaje de 40%, pero la repelencia para esta especie fue menor con el 70% de los insectos repelidos. **Conclusiones:** Se infiere de esta investigación, que los aceites esenciales de *Piper obrutum* y *Piper littorale* poseen mejores propiedades repelentes que insecticidas y pueden emplearse en el desarrollo de repelentes, que se apliquen en el control integrado de plagas de productos almacenados.

Palabras clave: plantas aromáticas, plagas, biorrepelentes, mortalidad.

Abstract

Introduction: The inappropriate use of pesticides in food and the resistance that pests have acquired against them, have brought about public health problems; in order to reduce the use of these harmful substances, biological studies have been carried out with plant products (essential oils) which have proven to be effective in controlling different organisms. **Objectives:** The objective of this research is to determine the repellent and insecticidal activity of two essential oils of the Piper genus, from the northwest of the Colombian Pacific, on insects that attack stored products. **Materials and methods:** The essential oils were extracted by conventional hydrodistillation, the repellent activity was worked by applying the area of preference method and the insecticidal activity by gas dispersion, where the percentages of repellency and mortality were obtained. **Results:** Piper obrutum was found to be the most active essential oil, presenting at a concentration of $1\mu\text{L}/\text{cm}^2$ a repellency percentage of 85% and registering a mortality of 25% at a concentration of $500\mu\text{L}/\text{mL}$ and 72h of exposure; whereas, Piper littorale at this exposure time, produces a higher mortality rate, with a percentage of 40%, but the repellency for this species was lower with 70% of the repelled insects. **Conclusions:** It is inferred from this research, that the essential oils of Piper obrutum and Piper littorale have better repellent properties than insecticidal and can be used in the development of repellents, which are applied in the integrated pest control of stored products.

Keywords: Aromatic plants, pests, bio-repellents, mortality.

Introducción

El crecimiento en la producción de alimentos obliga a las grandes industrias a implementar técnicas de almacenamiento y conservación, pero esto acarrea consigo cierto tipo de problemáticas, como la infesta por plagas, hongos, bacterias y otro tipo de microorganismos. Las plagas de mayor relevancia para la industria alimentaria, son los gorgojos, entre los que se encuentran el *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus granarius* (1). Para el control de plagas se han empleado desde muchos años plaguicidas de origen sintético y su uso indiscriminado en países como Colombia, ha generado un sin número de problemas ambientales, especialmente a largo plazo, donde las personas, que se exponen diariamente a dosis desconocidas de estas sustancias nocivas, ponen en riesgo su salud. Al encontrarse altas dosis de plaguicidas organofosforados en diversos alimentos y ser ingeridos por los consumidores, producen graves afectaciones en algunos sistemas importantes del cuerpo humano (sistema nervioso), sobre todo en la población infantil, que es la más vulnerable ante este hecho; con esto se evidencia la enorme magnitud de esta problemática (2).

Las plantas han sido siempre una fuente indispensable para la obtención de productos beneficiosos en la historia de la humanidad. El constante desarrollo tecnológico favoreció no solo una mejor utilización de estos recursos, sino también un mayor conocimiento de sus virtudes y posibilidades (3). Actualmente estamos inmersos en un resurgimiento de todo lo relacionado con los productos naturales y los aceites esenciales (AEs) no son la

excepción. Ya sea independiente o como componentes mayoritarios o minoritarios de otros productos, los aceites esenciales están presentes en cosméticos, jabones, champú, lociones, perfumes, ambientadores, refrescos, dulces, licores, condimentos...; estos son mezclas de sustancias obtenidas de plantas, que presentan como características principales su compleja composición química y su carácter fuertemente aromático (refiriéndonos al término aroma y no al concepto químico de aromaticidad). De los millones de plantas existentes en nuestro planeta se conocen 4000 aceites esenciales distintos, aunque evidentemente, no todas las plantas contienen estas sustancias y las hay que presentan una concentración tan baja que es imposible su obtención práctica (4). Respecto a su distribución, un aceite esencial puede localizarse en un determinado órgano vegetal: flores, hojas, frutos y hasta en las raíces. Estas esencias se producen en glándulas especiales formadas por células secretoras arregladas para formar una bolsa donde se acumula el aceite esencial. El rendimiento de esencia obtenido de una planta varía de unas cuantas milésimas por ciento del peso del vegetal hasta valores que van desde el 1% al 3%, la composición de una esencia puede cambiar con la época de recolección, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos (5). Los AEs están constituidos por la fracción volátil y semivolátiles, producto del metabolismo secundario de las plantas. Estos compuestos pueden aislarse mediante numerosos métodos de extracción, dando lugar habitualmente a composiciones de elevada complejidad, sus componentes químicos son principal mezclas de monoterpenos (aproximadamente el 90% de las mezclas), sesquiterpenos y una va-

riedad de fenoles aromáticos, óxidos, éteres, alcoholes, ésteres, aldehídos y cetonas que determinan su aroma y bioactividad característicos de la planta a la cual provienen (6). Los AEs han sido ampliamente usados en la medicina tradicional, perfumería y cosmetología (7, 8); y recientemente han sido objeto de estudio por su creciente atención, como consecuencia de su amplio espectro de actividades biológicas. Las plantas del género *Piper* se encuentran ampliamente distribuidas en el territorio colombiano, se calcula que en el departamento del Chocó cuenta con 183 especies de la familia Piperaceae, de las cuales 122 pertenecen al género *Piper*, con respecto a otras regiones de Colombia que registran menor cantidad de especies biológicas de este tipo (9). Las especies de la familia Piperaceae, han sido consideradas de importancia porque se ha demostrado como fuente de insecticidas naturales (10), larvicidas (11), biocontroladores (12), antimicrobianos, antioxidantes (13), antifúngicos (14) y otras investigaciones muestran que estos aceites y sus componentes son usados como repelentes, contra insectos de productos almacenados (15).

La presente investigación tiene como objetivo el estudio de la actividad repelente e insecticida de los aceites esenciales de *Piper littorale* y *Piper obrutum*, especies tropicales procedentes del nor-occidente del Pacífico colombiano y pertenecientes al género *Piper*, como alternativa natural para el control plagas primarias de productos almacenados del tipo *Tribolium castaneum* y el *Sitophilus granarius*, que disminuyen el valor comercial de estos productos, que aportan un valor nutricional importante a los seres humanos. Los aceites esenciales fueron extraídos por el método de hidrodestilación convencional y fueron analizados por bioensayos de repelencia siguiendo el método de área de preferencia y actividad insecticida por dispersión de gas con impregnación en papel filtro.

Materiales y métodos

Reactivos

Acetona se adquirió de Mallinckrodt Chemicals (New Jersey, United States), el Papel filtro se adquirió de Merck (Darmstadt, Germany), el repelente comercial (IR3535) se obtuvo en supermercados Olímpica (Quibdó, Chocó) y el insecticida comercial (Malatión) de una casa comercial agroquímica (Medellín, Antioquia).

Material Vegetal

Para la realización de los ensayos de actividad repelente e insecticida se utilizaron los aceites esenciales de las especies de *Piper littorale* C. DC. Tonduz y *Piper*

obrutum Trel & Yunck, obtenidos en el laboratorio del Grupo de Productos Naturales, Universidad Tecnológica del Chocó, Quibdó, ubicado en el departamento del Chocó. Dichos aceites fueron obtenidos por el método de hidrodestilación convencional, esta fue realizada en un equipo de destilación tipo Clevenger, según los procedimientos descritos por (16). Se usaron 500 g de material vegetal, finamente picados y sumergidos en agua, recolectados en el departamento del Chocó. La duración de la hidrodestilación fue de aproximadamente 4 horas. Los aceites esenciales se mantuvieron almacenados bajo temperatura de refrigeración hasta su respectiva utilización.

Bioensayos

Recolección y cultivo de la muestra de insecto

Para los bioensayos fue utilizadas las especies *Tribolium castaneum* Herbst la cual se obtuvo de alimentos infestados por estos gorgojos en locales mayoristas localizados en el mercado de Bazurto de la ciudad de Cartagena, Bolívar y *Sitophilus granarius* Linnaeus, la cual se obtuvo de alimentos infestados en hogares pertenecientes a la ciudad de Quibdó, Chocó. Estas muestras de insectos fueron adecuadas en el laboratorio de productos naturales de la Universidad Tecnológica del Chocó, en primera estancia se depositaron los gorgojos en recipientes herméticos con alimentos no contaminados, de una manera frecuente eran separados los gorgojos adultos de las larvas y depositados en recipientes distintos con alimentos en buen estado, se observó el desarrollo de la especie de insecto desde la etapa de larva hasta llegar a gorgojo adulto. Los gorgojos se conservaron bajo las siguientes condiciones:

Temperatura ambiental de 26 ± 2 °C, Humedad relativa de 86%, Régimen de 10 horas de luz: oscuridad.

Actividad repelente

La actividad repelente se realiza mediante el método de área de preferencia por contacto (10), donde inicialmente se tomaron discos de papel filtro 90mm de diámetro, los cuales fueron cortados a la mitad, luego se tomaron 20 gorgojos de *Sitophilus granarius* Linnaeus y *Tribolium castaneum* Herbst adultos colocándolos en viales limpios y secos. Seguidamente se prepararon las soluciones necesarias para cada bioensayo.

De los aceites esenciales extraídos mediante hidrodestilación convencional, se tomaron 35 μ L y fueron disueltos en acetona, realizando disoluciones a las concentraciones de 1, 0.1, 0.01, 0.001, 0.0001 μ L/cm². Para la determinación de la actividad repelente, se realiza

aplicando en una de las mitades del papel filtro la solución del aceite de forma uniforme, la otra mitad del papel filtro es tratada con la solvente acetona, para ser usada como método de control. Tanto las áreas tratadas con aceite como las de control (Solvente) son secadas a temperatura ambiente durante 5 minutos y posterior a esto son introducidas en las cajas de Petri, y agregados dentro de cada caja 20 gorgojos, de igual forma se procede para cada concentración y cada réplica de la misma de las soluciones de los aceites; se toman lecturas a 2 y 4 horas de exposición. Como control positivo fue utilizado una formulación repelente comercial de baja toxicidad, que contiene como ingrediente activo etil-butyl-acetil-aminopropianato (IR3535) al 20%, el cual fue evaluado de igual forma que los aceites esenciales, generando 5 concentraciones de ingrediente activo por unidad de área, el testigo solo se trata con el disolvente. Para la determinación del porcentaje de repelencia (PR) se utilizó la siguiente ecuación siguiendo los parámetros descritos por [10]:

$$PR = [(Nc - Nt) / (Nc + Nt)] \times 100$$

Dónde:

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

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

En caso de que sea encontrado mayor número de organismos en el área tratada ($Nt > Nc$), el porcentaje de repelencia se considera negativo, e interpretado como actividad atrayente.

Los bioensayos de actividad repelente se trabajaron bajo las siguientes condiciones:

Iluminación: Oscuridad Temperatura: 26 ± 2 °C Humedad relativa: 86-88% Duración de la prueba: 4 horas

Disolvente y control negativo: Acetona

Actividad insecticida

En la determinación de los porcentajes de mortalidad se valoran los aceites esenciales de *Piper littorale* y *Piper obrutum* frente a las plagas que atacan productos almacenados.

La actividad insecticida se evaluó mediante el método de dispersión de gas con impregnación de papel, teniendo en cuenta el método reportado por (10), con modificación. En el cual se emplearon viales de 22 mL, dentro de los viales se introdujeron cortes de papel filtro de 20mm de diámetro; estos fueron impregnado de aceite esencial en las siguientes cantidades 11 μ L, 7.7 μ L, 5.5 μ L, 2.2 μ L, 1.1 μ L para las concentraciones de

500, 350, 250, 100, 50 μ L de aceites /mL de aire respectivamente y posterior a esto se introducen 10 gorgojos de las especies *Tribolium castaneum* y *Sitophilus granarius*, posteriormente se taparon, se realizaron 3 tratamientos para cada aceite esencial. Como control fue utilizado una formulación insecticida comercial (organofosforado) de moderada toxicidad, que contiene como ingrediente activo Dietil (dimetoxitiofosforiltio) succinato al 20%, el cual fue evaluado de igual forma que los aceites esenciales.

Con los resultados obtenidos se calcula el % de mortalidad para cada concentración a 24, 48 y 72 horas de exposición. En caso de que se presente mortalidad en el control se emplea la fórmula de Abbott para corregir el % de mortalidad.

$$PM = [(Nm) / (Nm + Nv)] \times 100$$

Donde:

Nm: número de insectos Muertos

Nv: número de insectos vivos

los valores de CL50 (Concentración letal media) y los intervalos de confianza fueron obtenidos del análisis de supervivencia (probit)

Análisis estadístico.

Para la actividad repelente de cada aceite esencial los resultados se presentan como el promedio del porcentaje de repelencia (PR) \pm error estándar (ES). 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 el porcentaje de mortalidad (PM) \pm error estándar (ES). Las diferencias estadísticas entre los controles positivos y los aceites esenciales son determinadas empleando la prueba t-student ($p < 0.05$).

Resultados

Los resultados de repelencia de los aceites esenciales extraídos de las especies *Piper littorale* y *Piper obrutum*, acompañados del repelente comercial estudiado, están contenidos, en la tabla 1; observamos que a la concentración de 0,0001 μ L/cm², los aceites esenciales presentan actividad atrayente y repelencia neutra (el AEs de *Piper littorale* a las 2 horas presenta porcentaje de -2% y el de *Piper obrutum* presenta porcentajes de 0% a 2 horas de exposición). La repelencia más promisoría la muestra, el aceite esencial de *Piper obrutum*, alcanzando a la concentración más alta (1 μ L/cm²), porcentajes de 84 y 85% en los dos tiempos de exposición

estudiados, el aceite esencial de *Piper littorale* mostró una ligera variación con respecto al anterior mencionado, con el 70 y 68% de las plagas repelidas a la concentración más alta aplicada. El aceite esencial de *Piper obrutum*, muestran una repelencia mayor a la del control positivo con IR3535, esto evidencia la eficacia del AEs con respecto al repelente comercial. Los resultados muestran que el aceite esencial de *Piper littorale* pierde efectividad con el transcurrir del tiempo, mientras que el de *Piper obrutum*, poseen mayor acción repelente a mayor tiempo de exposición. Los AEs de *Piper obrutum* y *Piper littorale* presentan una actividad repelente significativa frente plagas de productos almacenados con porcentajes de repelencia superior al 60%, siendo más activo el aceite esencial de *Piper obrutum*, alcanzando una repelencia superior a la registrada para el control positivo, *Piper littorale* presento una repelencia moderada, debido a que su repelencia a la concentración de 1 $\mu\text{L}/\text{cm}^2$, no mostró un gran número de insectos repelidos, no obstante, a las concentraciones menores alcanza mayor repelencia que *Piper obrutum*, como se muestra en las figuras 1 y 2.

Los resultados de la actividad insecticida evidencian que los aceites esenciales estudiados alcanzan mayor letalidad a mayor concentración y tiempo de exposición, mostrando esto la relación directamente proporcional existente entre estas variables; inicialmente el aceite de *Piper littorale*, causó una mortalidad media, debido a

que, al aplicarse 50 $\mu\text{L}/\text{mL}$ de la muestra, las mortalidades fueron considerablemente bajas con valores de 2, 5 y 8% a a 24, 48 y 72 horas de exposición, respectivamente, pero a la concentración de 500 $\mu\text{L}/\text{mL}$, logro causar mortalidades de 33 y 40% a las 48 y 72 horas de exposición; por otro lado, el AEs de *Piper obrutum*, a pesar, de registrar una repelencia significativa, su toxicidad sobre las plagas estudiadas fue considerablemente baja, los porcentajes de mortalidad fueron de 12, 17 y 25% a la concentración más alta estudiada, habiendo transcurrido 24,48 y 72 horas respectivamente. Con los anteriores resultados observamos que la toxicidad de los aceites esenciales de *Piper littorale* y *Piper obrutum* se encuentra por debajo de la presentada por el insecticida comercial (Dietil (dimetoxitiofosforiltio)succinato) y por tanto no son viables, debido a que se requieren concentraciones mayores para causar una fuerte acción letal (Tabla 2). En la tabla 5, están contenidos los valores de CL_{50} , para los dos aceites esenciales, se analizan dosis mayores a las ensayas, para causar un mayor efecto toxico sobre la mitad de la población expuesta, esto debido, a la mortalidad baja que causaron los aceites esenciales a estas concentraciones. Con lo anterior constatamos que los aceites esenciales de *Piper littorale* y *Piper obrutum*, al presentar una promisoría acción repelente, son una fuente importante para el desarrollo de repelentes, que ayuden a manejar y controlar plagas que atacan productos almacenados.

Tabla 1. Repelencia producida por los aceites esenciales de *Piper littorale*, *Piper obrutum* y el repelente comercial (IR3535) sobre plagas de productos almacenados

Aceite esencial	Concentración ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$)	(% Porcentajes de Repelencia \pm ES ^a)	
		2horas	4horas
<i>Piper littorale</i>	0.0001	-2 \pm 3 ^b	6 \pm 3 ^b
	0.001	18 \pm 2 ^b	22 \pm 3 ^b
	0.01	51 \pm 4 ^b	50 \pm 3 ^b
	0.1	68 \pm 1	62 \pm 2
	1.0	70 \pm 3 ^b	68 \pm 1 ^b
<i>Piper obrutum</i>	0.0001	0 \pm 5	1 \pm 4
	0.001	20 \pm 4	20 \pm 3
	0.01	40 \pm 3	24 \pm 4 ^b
	0.1	62 \pm 3	61 \pm 4
Repelente comercial (IR3535)	0.0001	84 \pm 3	85 \pm 3
	0.001	1 \pm 5	-2 \pm 3
	0.01	8 \pm 4	6 \pm 4
	0.1	42 \pm 3	36 \pm 5
	1.0	62 \pm 2	64 \pm 4
		84 \pm 5	82 \pm 4

^aPromedio de los porcentajes de repelencia a 2 y 4 horas de exposición; los valores son PR \pm SE de 15 réplicas

^bExiste diferencia significativa entre el aceite esencial y el repelente comercial (P<0,05)

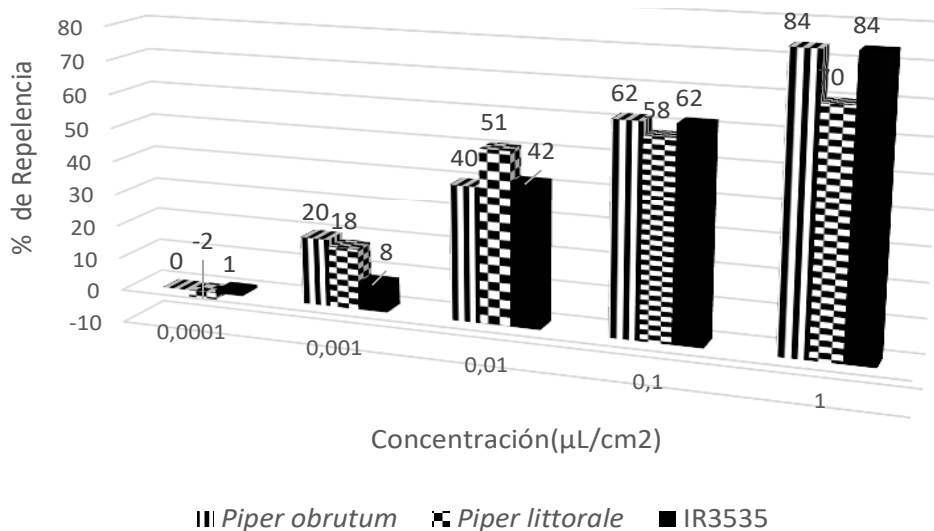


Figura 1: Efecto repelente producido por los AEs (aceites esenciales) Vs el IR3535 (Repelente comercial) sobre plagas de productos almacenados a 2 horas de exposición

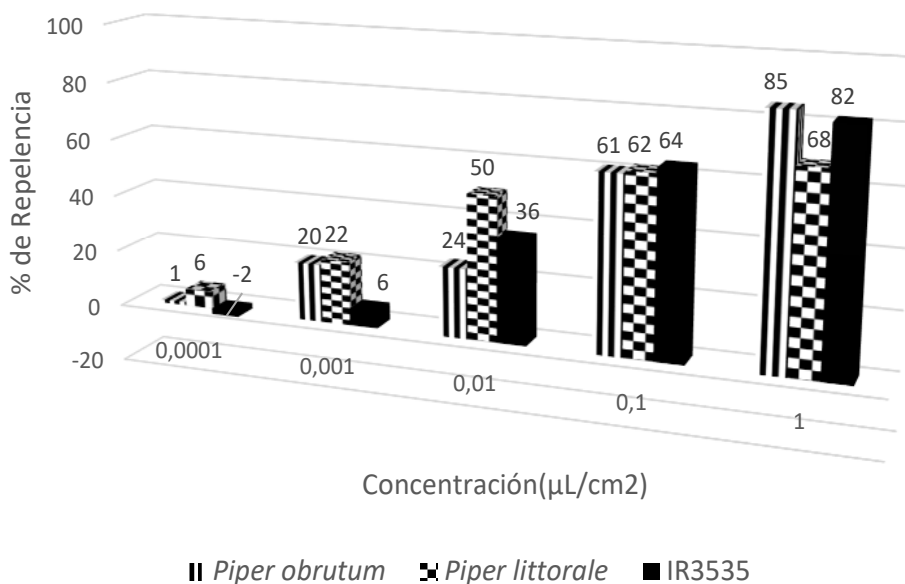


Figura 2: Efecto repelente producido por los AEs (aceites esenciales) Vs el IR3535 (Repelente comercial) sobre plagas de productos almacenados a 4 horas de exposición

Tabla 2. Toxicidad producida por los aceites esenciales de *Piper littorale* y *Piper obrutum* sobre plagas de productos almacenados

Aceite esencial	Concentración (µL aceite/mL aire)	Porcentaje de mortalidad (%) ±ES ^a		
		24 horas	48 horas	72 horas
<i>Piper littorale</i>	50	2±2 ^b	5±2 ^b	8±3 ^b
	100	5±3 ^b	10±2 ^b	13±2 ^b
	250	7±2 ^b	17±5 ^b	24±5 ^b
	350	12±4 ^b	25±4 ^b	31±6 ^b
	500	12±4 ^b	33±5 ^b	40±7 ^b

	50	0±0 ^b	6±2 ^b	7±3 ^b
	100	2±2 ^b	6±1 ^b	10±1 ^b
<i>Piper obrutum</i>	250	5±2 ^b	11±3 ^b	12±1 ^b
	350	5±2 ^b	13±3 ^b	20±3 ^b
	500	12±2 ^b	17±3 ^b	25±4 ^b
Insecticida comercial (Dietil (dimetoxitio- fosforiltio)succinato)	50	47±4	57±8	87±7
	100	70±10	87±6	91±5
	250	72±2	90±4	95±2
	350	75±8	92±4	97±2
	500	100±0	100±0	100±0

^aPromedio de los porcentajes de mortalidad a 24, 48 y 72 horas de exposición; los valores son PM ± SE de 12 réplicas

^bExiste diferencia significativa entre el aceite esencial y el insecticida comercial (P<0,05)

Table 3. Concentración letal media (CL₅₀) e intervalos de confianza de los aceites esenciales de *Piper littorale* y *Piper obrutum* sobre plagas de productos almacenados.

Aceite esencial	CL ₅₀ (μL/mL)	χ ²
<i>Piper littorale</i>	552(472-632)	0.160
<i>Piper obrutum</i>	921(792-1.045)	0.254

Discusión

Los aceites esenciales obtenidos de diferentes órganos de plantas *Piper*, han sido objeto de innumerables estudios fitoquímicos y biológicos sobre diferentes organismos, mostrando diversas actividades tales como: antifúngica, antibacteriana, antioxidante e insecticida, (17,18,19). En la actualidad las investigaciones de plantas de este género *Piper* han tomado gran auge, motivadas por sus usos etnobotánicos y numerosas aplicaciones, en especial en la capacidad de estos aceites esenciales para causar repelencia y mortalidad sobre plagas como el *Tribolium castaneum*; en ese sentido son diversas investigaciones las que muestran efectividad de aceites esenciales del género *Piper* para el control de diversos organismos, vectores de enfermedades responsables de grandes pérdidas en el sector alimentario y causales de focos de contaminación, es el caso del aceite esencial de *Piper auritum* que presenta efecto antibacteriano sobre *Xanthomonas albilineans* y *Acidovorax avenae subsp avenae* (20); además, este aceite muestra también ser agente tóxico al causar alta mortalidad sobre larvas de *Aedes aegypti* (11). Otras investigaciones muestran actividad antifúngica del aceite esencial de *Piper marginatum* sobre *Alternaria solani* Sor (21) y efecto acaricida del aceite esencial de *Piper aduncum* frente a *V. destructor* (22). Otro reporte, señala la capacidad de los aceites esenciales de *Piper*

dilatatum y *Piper divaricatum*, procedentes del departamento del Chocó para causar efecto repelente sobre *Tribolium castaneum*, con porcentajes de repelencia de 82 y 76% respectivamente, a la concentración de 1μL/cm² y 2h de exposición (15), así mismo se registra alta repelencia y toxicidad del aceite esencial de *Piper auritum* sobre *Tribolium castaneum* (23), mientras que el aceite esencial de *Piper marginatum* proveniente de Acandí, Chocó muestra repelencia menor y el aceite esencial de esta misma especie recolectada en Turbaco, Bolívar, registra porcentajes de repelencia cercanos a los obtenidos para *Piper obrutum* y *littorale* sobre *Tribolium castaneum* con 85 y 76% de las plagas repelidas a una menor concentración (0.1μL/cm²) (24). Muchos escritos atribuyen la actividad biológica que presentan los aceites esenciales de plantas a sus componentes químicos mayoritarios, debido a que un gran número de constituyentes aislados de estas sustancias muestran propiedades químicas y biológicas; la literatura señala, que los aceites esenciales o sus componentes monoterpenoides producen neurotoxicidad, similar a la producida por los compuestos organofosforados y carbamatos, mediante la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (25). En consecuencia, se puede relacionar la actividad biológica que presentan los aceites esenciales en este estudio, con la registrada por especies que también pertenecen al género *Piper*.

Conclusiones

Los aceites esenciales extraídos de plantas *Piper* del nor-occidente del Pacífico colombiano, como *Piper littorale* y *Piper obrutum* son un recurso promisorio y potencialmente viable para el desarrollo de repelentes, que contribuyan en el control de plagas de productos almacenados, con el objetivo principal de sustituir los plaguicidas sintéticos.

Financiación y agradecimientos

Agradecimientos a Universidad Tecnológica del Chocó (UTCH), Min Ciencia, MinEducación, Min 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

1. García, S., Espinosa, C., y Bergvinson, D. J. (2007). *Manual de plagas en granos almacenado y tecnologías alternativas para su manejo y control*. México D. F.: CIMMYT.
2. Murcia, A. M., Stashenko, E. (2008). Determinación de plaguicidas organofosforados en vegetales producidos en Colombia. *Agro sur*. 36(2), 71-81.
3. Bandoni, A. L., Retta, D., Lira, P. M. D. L. Van Baren, C. M. (2009). ¿Son realmente útiles los aceites esenciales? *BLACPMA*. 8(5), 317-322.
4. Ortuño, M. F. (2006). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. España: Aiyana ediciones
5. Rivera, P. N. (2009). Extracción, química, actividad biológica, control de calidad y potencial económico de los aceites esenciales. *LA GRANJA, Revista de Ciencias de la Vida*. 10(2), 3-15.
6. Molina, J. A. L. (2021) Los aceites esenciales y su actividad biológica: Una propuesta didáctica. *An Quím*. 117(2), 165-170.
7. Batish, D.R.; Singh, H.P.; Kohli, R.K.; Kaur, S. (2008). "Eucalyptus essential oil as a natural pesticida". *For Ecol Manag*. 256(12), 2166-2174.
8. Bastar, C. (2021). *Aromaterapia en el Universo de los Aceites Esenciales: Cuidado y salud para tu cuerpo, balance para tu vida, plenitud para tu ser*. España: Editorial Botello.
9. Rangel, J. O., Rivera, O. (2004). Diversidad y riqueza de espermatófitos en el Chocó biogeográfico. *Colombia Diversidad Biótica IV: el Chocó Biogeográfico/Costa pacífica*. Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá.
10. 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.
11. Leyva, M., Marquetti, M., Tacoronte, J. E., Scull, R., Tiomno, O., Mesa, A., Montada, D. (2009). Actividad larvívica de aceites esenciales de plantas contra *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Rev Biomed*. 20(1), 5-13.
12. Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agron Colomb*. 26(1), 97-106.
13. Noriega, P. F., Mosquera, T., Abad, J., Cabezas, D., Piedra, S., Coronel, I., Maldonado, M. E., Bardiserotto, A., Vertuani, S. Manfredini, S. (2016). Composición química, actividad antioxidante y antimicrobiana del aceite esencial proveniente de las hojas de *Piper pubinervulum* C. DC Piperaceae. *LA GRANJA, Revista de Ciencias de la Vida*. 24(2), 111-123.
14. Scalvenzi, L., Yaguache-Camacho, B., Cabrera-Martínez, P., Guerrini, A. (2016). Actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. y *Piper aduncum* L. *Bioagro*. 28(1), 39-46.
15. Jaramillo, B.E; Duarte, E; Pino-Benítez, N. (2015). Evaluación de la actividad repelente de aceites esenciales de plantas Piperáceas del departamento de Chocó, Colombia. *Rev Toxicol*. 32(2), 112-116.

16. Stashenko, E. E., Jaramillo, B. E. & Martínez, J. R. (2003). Comparación de la composición química y de la actividad antioxidante in vitro de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia Verbenaceae. *Rev Acad Colomb Cienc.* 27(105), 579-597.
17. Pino, N., Bueno, J. G., Zapata, B., Stashenko, E. E., Mesa, A., Montiel, J., & Martínez, C. (2007). Actividad in vitro anti-candida y anti-aspergillus de aceites esenciales de plantas de la familia Piperaceae. *Scientia et Technica.* 1(33), 247-249.
18. Oliveira, L.H.W, Ehringhausm, Ch., Yoshio, P.K. (2004). Genetic diversity of *Pimenta longa* genotypes (*Piper* spp., Piperaceae) of the Embrapa Acre germplasm collection. *Genet. Mol. Biol.* 27(1), 74-82.
19. Delgado, A.W., Cuca, S.L., (2007). Composición química del aceite esencial de *Piper hispidum*. *Rev Prod Nat.* 1(1),5-8.
20. Sánchez, Y., Pino, O., Correa, T. M., Naranjo, E., Iglesia, A. (2009). Estudio químico y microbiológico del aceite esencial de *Piper auritum* Kunth (caisimón de anís). *Rev Protección Veg.* 24(1), 39-46.
21. Sánchez, Y., Correa, T. M., Abreu, Y., Martínez, B., Duarte, Y., Pino, O. (2011). Caracterización química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Piper marginatum* Jacq. *Rev Protección Veg.* 26(3), 170-176.
22. Pino, O., Sánchez, Y., Rodríguez, H., Correa, T. M., Demedio, J., & Sanabria, J. L. (2011). Caracterización química y actividad acaricida del aceite esencial de *Piper aduncum* subsp. *ossanum* frente a *Varroa destructor*. *Rev Protección Veg.* 26(1), 52-61.
23. Caballero, K.; Olivero, J.; Pino, N.; Stashenko, E. (2014). Chemical composition and bioactivity of *Piper auritum* and *P. multiplinervium* essential oils against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst). *BLACPMA.* 13(1),10-19.
24. Jaramillo, B., Julio, J., Duarte, E., Gonzalez, A., & Julio-Torres, L. F. (2015). Estudio comparativo de la composición volátil y las actividades biológicas del aceite esencial de *Piper marginatum* Jacq colombiano. *BLACPMA.* 14(5), 343-354.
25. Zarrad K, Hamouda AB, Chaieb I, Laarif A, Jemâa JM. (2015). Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. *Ind Crops Prod.* 2015; 76:121-7.