

Capacidad repelente de nanopartículas de extractos etanólicos de propóleos de abejas nativas contra *Colaspis hypochlora*

Lizbeth Figueroa-Constantino¹, José Alfonso López-García¹, Víctor Albores-Flores¹, María Guadalupe de Gyves-Córdova¹, Julieta Grajales-Conesa¹, Betsabé Rodríguez-Pérez², Claudia Ivette Albores-Flores^{3*}

¹Instituto de Biociencias. Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas, México.
²Laboratorio de Servicio de Análisis de Propóleos (LASAP®). FES Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México.
³El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chiapas, México.

Resumen

Colaspis hypochlora se considera una de las principales plagas del fruto del banano debido a que genera daños visibles, como manchas negras, impactando negativamente la presentación y calidad de los frutos destinados a la exportación. Para contrarrestar este problema, se han explorado alternativas amigables con el medio ambiente. El objetivo de este proyecto fue determinar la capacidad repelente de los extractos etanólicos de propóleos (EEP) de abejas nativas del Soconusco contra *C. hypochlora*. De acuerdo con la NOM-003-SAG/GAN-2017 se obtuvieron los propóleos de las especies *Melipona beecheii* y *Apis mellifera*. Se cuantificó el contenido total de fenoles y flavonoides. Las nanopartículas se elaboraron mediante gelación iónica y la actividad repelente de los extractos etanólicos de propóleos se evaluó de acuerdo a la metodología de caja de arena con sensidiscos. El contenido de fenoles y flavonoides para *A. mellifera* fue de 35.13±0.53 mg mL⁻¹ y 5.92±0.19 mg mL⁻¹, respectivamente; mientras que para *M. beecheii* fueron de 17.69±0.05 mg mL⁻¹ y 10.37±0.35 mg mL⁻¹. Se demostró la actividad repente de las nanopartículas de EEP de ambas especies de abejas, la actividad repelente más elevada, en el caso de las nanopartículas de *M. beecheii* a concentraciones de 60 ng mL⁻¹ durante 30 y 45 min, en cuanto a las nanopartículas de *A. mellifera*, a una concentración de 40 ng mL⁻¹ durante 30 y 60 min, se obtuvo un 86.67% de repelencia.

Palabras clave:

Abejas
 Extractos etanólicos
 Nanopartículas
 Propóleos
 Repelencia

Keywords:

Bees
 Ethanolic extracts
 Nanoparticles
 Propolis
 Repellency

Repellent capacity of nanoparticles of ethanolic extracts of native bee propolis against *Colaspis hypochlora*

Abstract

Colaspis hypochlora is considered one of the main pests of banana fruit because it causes visible damage, such as black spots, negatively impacting the presentation and quality of these fruits destined for export. To counteract this problem, more environmentally friendly alternatives have been explored, therefore, the objective of this project is to determine the repellent capacity of ethanolic extracts of propolis from native Soconusco bees against *C. hypochlora*. In accordance with NOM-003-SAG/GAN-2017, propolis was obtained from the species *Melipona beecheii* and *Apis mellifera*. The total content of phenols and flavonoids was determined. The nanoparticles were prepared with the ionic gelation methodology, and the repellent activity of the ethanolic extracts of propolis, according to the sandbox with sensidisks procedure. The content of phenols and flavonoids for *A. mellifera* was 35.13±0.53 mg mL⁻¹ and 5.92±0.19 mg mL⁻¹, while for *M. beecheii* they were 17.69±0.05 mg mL⁻¹ and 10.37±0.35 mg mL⁻¹. The sudden activity of EEP nanoparticles from both species of bees was demonstrated, the highest repellent activity, in the case of *M. beecheii* nanoparticles at concentrations of 60 ng mL⁻¹ for a time of 30 and 45 min, as To the *A. mellifera* nanoparticles, at a concentration of 40 ng mL⁻¹ for 30 and 60 min, 86.67% repellency was obtained.

* Autor para correspondencia:

El Colegio de la Frontera Sur. Km 2.5 carretera Antiguo Aeropuerto, C.P. 30700. Tapachula, Chiapas, México.
 Teléfono: + 52 962149 9659.
 Correo-electrónico: claudia.albores@posgrado.ecosur.mx

1. Introducción

Colaspis hypochlora se considera una de las principales plagas del fruto del banano debido a que genera daños visibles, como manchas negras, impactando negativamente la presentación y calidad de estos frutos destinados a la exportación (FAO, 2005). Para contrarrestar este problema, se han explorado alternativas más amigables con el medio ambiente, como las nanopartículas cargadas de extractos etanólicos de propóleos, los cuales pueden brindar efectos repelentes contra esta plaga (Castresana y Puhl, 2018).

En el contexto de la producción mundial de banano (*Musa paradisiaca*) México ocupa el 12° lugar, contribuyendo con 2 millones 127 mil toneladas (FAO, 2023). El cultivo del banano en México se extiende a 16 estados, siendo Chiapas y Tabasco los principales productores. Chiapas destaca con un aporte del 29.64%, seguido por Tabasco con el 25.83% (SADER, 2021). En Chiapas, los municipios con mayor actividad productora son Suchiate, con una superficie sembrada de 5,503.1 hectáreas, Las Margaritas con 3,355.0 hectáreas, y Tapachula con 2,558.5 hectáreas (Pronatura, 2012).

Los principales agentes patógenos de los bananos son la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), el moko del plátano (*Ralstonia solanacearum*) y algunos insectos plaga, como el picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*), los trips del plátano (*Franckliniella cubensis* Hood), la oruga barrenadora (*Leucocastnia licus*) y el escarabajo cicatrizante (*Colaspis hypochlora*) (SENASICA, 2019).

Colaspis hypochlora pertenece a la clase Insecta, a la orden Coleóptera, a la familia Chrysomelidae y al género Colaspis. Se le conoce comúnmente como tortuguilla, morrocoyita del fruto o escarabajo cicatrizante, y está presente en los estados de Morelos, Chihuahua, Colima, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Es considerada la principal plaga del fruto del banano, ya que al alimentarse de los frutos produce daños que afectan la presentación y la calidad de la fruta destinada a la exportación (SENASICA, 2019). Lo anterior ha provocado el uso indiscriminado de plaguicidas para controlar las plagas y mejorar el rendimiento y la calidad. Sin embargo, el uso excesivo y descontrolado de estos plaguicidas puede ocasionar problemas ambientales, afectar la salud humana y otros organismos vivos, así como los microorganismos del suelo. La resistencia de las plagas provoca un aumento de las dosis o a la mezcla de varios plaguicidas con mayor toxicidad, lo que agrava la situación. Por lo tanto, es importante buscar y desarrollar otras estrategias de control que sean amigables con el medio ambiente, y el control biológico se presenta como una buena alternativa (Vinchira-Villarraga y Moreno-Sarmiento, 2019).

El control biológico o biocontrol es el uso de diferentes organismos, compuestos o extractos obtenidos de ellos que son capaces de disminuir o controlar una población patógena que causa pérdidas en un cultivo. Dentro del control biológico, existen los plaguicidas botánicos, que consisten en el uso de aceites esenciales. Su composición química consiste

principalmente en alcaloides, glucósidos, ésteres, ácidos grasos y flavonoides (SENASICA, 2020).

La nanotecnología es una alternativa en la agricultura moderna y se espera que revolucione el campo del manejo de plagas en un futuro próximo (Lira-Saldivar et al., 2018). Las nanopartículas (de 1 a 100 nm de diámetro) pueden usarse como pesticidas eficaces contra malezas, patógenos de plantas y plagas de insectos y también pueden incorporarse en nuevas formulaciones de insecticidas y repelentes de insectos sin los peligros que plantean los pesticidas químicos tradicionales (Thabet et al., 2021).

Los propóleos son una mezcla de saliva y cera de abeja con resinas vegetales obtenidas de diversas fuentes. La composición final es un 50% resina, 30% ceras, 10% aceites esenciales, 5% polen y 5% restos vegetales (Bogdanov y Bankova, 2016). El color del propóleo varía desde un tono amarillo verdoso y marrón rojizo hasta el negro (Passos et al., 2016). Las abejas lo utilizan para la construcción de nidos esenciales y panales de cría, así como estructura de almacenamiento de polen, miel y estructuras protectoras (Shanahan y Spivak, 2021). Los componentes del propóleo se obtienen de las resinas de las plantas, incluyendo los compuestos fenólicos y terpenoides volátiles y no volátiles, siendo los flavonoides los componentes bioactivos más importantes dentro de los compuestos fenólicos. Por esta razón, los propóleos son una buena alternativa para sustituir los agroquímicos, ya que tienen actividad repelente, toxicidad por contacto o ingestión, y efectos anti alimentarios o inhiben la actividad celulasa (Mahmood et al., 2021).

Se ha comprobado la capacidad repelente de los propóleos y los métodos para potenciar sus metabolitos. Zakeri et al. (2021) utilizaron los extractos etanólicos de propóleos de *Heterotrigna itama* contra la termita *Coptotermes curvignathus* comprobando su actividad repelente. Por otra parte, Duangphakdee et al. (2009) utilizaron el extracto etanólico de propóleo de *Apis mellifera* en distintas concentraciones contra *Oecophylla smaragdina*, y reportaron tener capacidad repelente en concentraciones mayores a 35 $\mu\text{g mL}^{-1}$.

Sin embargo, hasta la fecha no se ha reportado si las nanopartículas de extractos etanólicos de propóleos de abejas del Soconusco, Chiapas, México puedan tener capacidad repelente. Por lo tanto, el objetivo de la investigación es determinar la capacidad repelente de los extractos etanólicos de propóleos de abejas nativas del Soconusco contra *Colaspis hypochlora*.

2. Materiales y métodos

2.1. Obtención de material biológico

Los propóleos empleados en el estudio se recolectaron de las colmenas de abejas de la especie *Melipona beecheii* localizadas en el municipio de Tuzantán, Chiapas (15° 09' 232'' N, 92° 25' 05'' O), y de la especie *Apis mellifera* encontradas en el municipio de Tapachula, Chiapas (14° 48' 24.3'' N, 92° 20' 23.9'' O). La recolección de los propóleos

se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en la NOM-003-SAG/GAN-2017.

En el caso de *C. hypochlora*, fue colectado en el rancho El Progreso, ubicado en el municipio de Mazatán, Chiapas (14° 56' 16" N, 92° 28' 53" O). Se empleó el método de aspiración descrito por Morón y Terrón (1988), con ciertas adaptaciones; los especímenes fueron capturados y depositados en frascos de plástico. Los insectos colectados se resguardaron en frascos de plástico limpios cubiertos con malla mosquitera.

2.2. Preparación de los propóleos

Los propóleos fueron sometidos a limpieza manual para remover impurezas, tales como restos de madera, abejas muertas y fragmentos de hojas. Posteriormente, se congelaron 100 g de propóleos de ambas especies de abejas a 6 °C durante 24 h. Una vez congelados, los propóleos se trituraron con un mortero hasta obtener trozos de entre 3 y 5 cm de acuerdo con la NOM-003-SAG/GAN-2017.

2.3. Obtención del extracto etanólico de propóleo (EEP)

Se siguió la metodología de la NOM-003-SAG/GAN-2017 con adaptaciones; para la especie *M. beecheii* se emplearon 100 g de propóleos, y para *A. mellifera* 60 g de propóleos los cuales fueron macerados y colocado en etanol. La maceración se mantuvo durante 20 días sin agitación. La evaporación del alcohol se llevó a cabo durante 12 h. Después de la evaporación se obtuvo el EEP, el cual fue colocado en un frasco ámbar para evitar el contacto con la luz, y se conservó en el refrigerador a 15 °C hasta su uso.

2.4. Determinación de fenoles totales y flavonoides totales contenidos en el EEP

El contenido total de fenoles en los extractos fue determinado de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu descrito en la NOM-003-SAG/GAN-2017. Se midió la absorbancia a 760 nm en un espectrofotómetro de absorción UV-VIS (VELAB VE-5600UV). El contenido total de compuestos fenólicos se determinó mediante la comparación de la absorbancia con la curva estándar de ácido gálico (Meyer). El contenido de compuestos fenólicos fue expresado en mg ácido gálico mL⁻¹ de propóleos.

El contenido total de flavonoides se determinó de acuerdo a la NOM-003-SAG/GAN-2017. La absorbancia se midió a 415 nm mediante espectrofotometría de absorción UV-VIS (VELAB VE-5600UV). El contenido total de compuestos fenólicos se determinó mediante la comparación de la absorbancia con la curva estándar de quercetina (Meyer). El contenido total de flavonoides se expresó como mg quercetina mL⁻¹ de propóleos.

2.5. Elaboración de nano partículas de extractos etanólicos de propóleos

Para la elaboración de las nanopartículas se siguió la metodología de Barros et al. (2016) con algunas modificaciones. Las nano partículas fueron cargadas con los EEP de *A. mellifera* y *M. beecheii*, siguiendo las concentraciones mostradas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Concentraciones para cada tratamiento de extracto etanólico de propóleo de *Melipona beecheii* y *Apis mellifera*

Especie	Testigo	T1 20 ng mL ⁻¹	T2 40 ng mL ⁻¹	T3 60 ng mL ⁻¹	T4 80 ng mL ⁻¹
<i>Melipona beecheii</i> (BM)	Aceite de oliva	MB*T1	MB*T2	MB*T3	MB*T4
<i>Apis mellifera</i> (AM)	Aceite de oliva	AM*T1	AM*T2	AM*T3	AM*T4

2.6. Actividad repelente de las nanopartículas cargadas con EEP contra *C. hypochlora*

Para determinar si las nanopartículas de EEP son repelentes, se llevó a cabo un ensayo de actividad repelente de acuerdo con Zakeri et al. (2021) con algunas modificaciones. Se utilizaron las concentraciones del Cuadro 1 y como testigo se utilizó aceite de oliva. Se utilizaron placas Petri de 100 x 15 mm estériles (SYM) como recipientes para contener los sensidiscos de papel filtro Whatman número 1 porosidad de 11 µm, los cuales fueron previamente cortados en dos partes iguales. Con ayuda de una micropipeta (MILAB), se distribuyeron 200 µL de cada tratamiento, incluyendo el control, en cada mitad del sensidisco. Se dejaron secar los sensidiscos a temperatura ambiente (24-25 °C) durante 3 min, y se colocó en la placa Petri una mitad impregnada con el tratamiento correspondiente y la otra mitad con el testigo. En el centro de cada placa con los sensidiscos se añadieron 5 insectos vivos sin sexar. Las placas se mantuvieron en

oscuridad, y cada 15 min durante 1 hora se contó el número de insectos presentes en cada mitad de los sensidiscos. El porcentaje de repelencia (PR) se determinó utilizando la fórmula (Ojianwuna y Enwemiwe, 2022), $PR = [(C - T) / (C + T)] * 100$, donde C es el número de insectos observados en la mitad de los sensidiscos impregnados con aceite de oliva (testigo) y T es el número de insectos observados en la mitad de los sensidiscos impregnados con nanopartículas de extractos etanólicos de propóleos.

El índice de preferencia de los propóleos (PI) se calculó usando la fórmula (Chaubey, 2016), $PI = (\%T - \%C) / (\%T + \%C)$, donde %T es el porcentaje de los insectos observados en la mitad del sensidisco impregnado con nanopartículas de propóleos y %C es el porcentaje de los insectos en la mitad del sensidisco impregnado de aceite de oliva (testigo). Si el valor de PI esta entre -1.0 al -0.1 indica un extracto con propiedades repelente, si varió entre -0.1 al

+0.1 indica un extracto neutro y si oscila entre +0.1 al 1.0 indica un extracto con propiedades atrayentes.

2.7. Análisis estadístico

Para determinar las diferencias entre los valores medios de cada muestra, los datos fueron sometidos a ANOVA y se realizó una prueba Tukey. Los análisis se llevaron a cabo en el paquete estadístico InfoStat.

3. Resultados y Discusión

El contenido promedio (\pm desviación estándar) de compuestos fenólicos y flavonoides en los EEP de *M. beecheii* fue de 17.69 ± 0.05 mg mL⁻¹ y de 10.37 ± 0.31 mg mL⁻¹, respectivamente, mientras que para *A. mellifera* fue de 35.13 ± 0.53 mg mL⁻¹ y 5.92 ± 0.19 mg mL⁻¹, respectivamente. El contenido de fenoles y flavonoides en ambas especies de abejas se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la NOM-003-SAG/GAN-2017, que establece un valor mínimo de 0.5 mg mL⁻¹ para compuestos fenólicos y flavonoides. Sin embargo, se observó una concentración significativamente mayor ($F_{1,5}=3192.12$, $P<0.001$) de compuestos fenólicos en *A. mellifera* (35.13 ± 0.22 mg mL⁻¹) que en *M. beecheii* (17.69 ± 0.22 mg mL⁻¹). Esto concuerda con Tabart et al. (2009), quienes encontraron concentraciones significativamente mayores en *A. mellifera* que en diversas especies de abejas sin aguijón. Por otra parte, para los EEP de *A. mellifera*, Soto-Vásquez (2015) reportó valores de compuestos fenólicos de 78.6 ± 0.20 mg mL⁻¹, y flavonoides de 42.5 ± 0.10 mg mL⁻¹ de diversas localidades en Perú. Estos valores son superiores en comparación a los obtenidos en este proyecto. En cuanto a los EEP de *M. beecheii*, Ruíz et al. (2023) obtuvieron resultados similares en el contenido de compuesto fenólicos, con valores de 18.65

mg mL⁻¹, y flavonoides, con valores de 39.26 mg mL⁻¹, en Bacalar, Quintana Roo. En Veracruz, Jiménez et al. (2020) trabajaron con propóleos de *M. beecheii* y obtuvieron valores menores en las concentraciones de fenoles, con un valor de 5.34 mg mL⁻¹, y de flavonoides, con una concentración de 3.5 mg mL⁻¹. Se ha reportado que la composición química de los EEP dependerá de la especie de abeja, de la flora y fauna de donde obtengan las resinas, del origen geográfico, y también de factores climáticos (Zhang et al., 2016).

En la Figura 1, se observa el efecto repelente de las nanopartículas sobre *C. hypochlora* (número de insectos que permanecieron en el tratamiento con nanopartículas con EEP). La actividad repelente más elevada, en el caso de las nanopartículas de *M. beecheii* a concentraciones de 60 ng mL⁻¹ durante un tiempo de 30 y 45 min, mostró repelencia del 86.67%. Le siguen el 73.33% de repelencia en concentraciones de 40 ng mL⁻¹ y 60 ng mL⁻¹ durante un tiempo de 60 min, y a una concentración de 80 ng mL⁻¹ durante tiempos de 30 y 45 min. En cuanto a las nanopartículas de *A. mellifera*, a una concentración de 40 ng mL⁻¹ durante 30 y 60 min, se obtuvo un 86.67% de repelencia. A 40 ng mL⁻¹ durante 45 min, se obtuvo un 73.33% de repelencia. Estos resultados concuerdan con Zakeri et al. (2021), quienes demostraron que los EEP de abejas sin aguijón tienen un porcentaje de repelencia contra las termitas de más del 70%, utilizando concentraciones de propóleo al 30 μ g mL⁻¹. Naik et al. (2009) demostraron que los EEP de la India tienen una repelencia del 80% contra *Apis florea*, en concentraciones de 3 μ g mL⁻¹. En este trabajo las pruebas fueron *in vitro*, sin embargo, Barrera et al., (2018) utilizaron el extracto de ajo (*Allium sativum*) impregnado en las bolsas de polietileno contra *Colaspis* sp., demostrando que el extracto de ajo tiene una capacidad repelente del 98%.

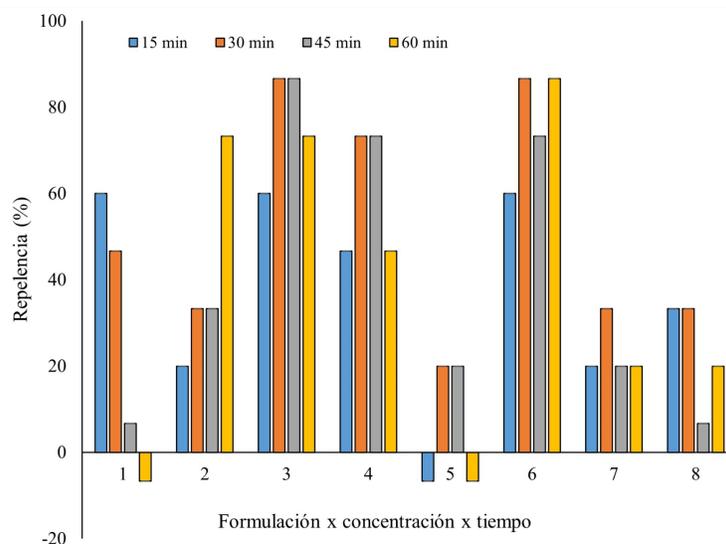


Figura 1. Actividad repelente de las nanopartículas. 1= nanopartículas de *M. beecheii* a 20 ng mL⁻¹, 2= nanopartículas de *M. beecheii* a 40 ng mL⁻¹, 3= nanopartículas de *M. beecheii* a 60 ng mL⁻¹, 4= nanopartículas de *M. beecheii* a 80 ng mL⁻¹, 5= nanopartículas de *A. mellifera* a 20 ng mL⁻¹, 6= nanopartículas de *A. mellifera* a 40 ng mL⁻¹, 7= nanopartículas de *A. mellifera* a 60 ng mL⁻¹, 8= nanopartículas de *A. mellifera* a 80 ng mL⁻¹.

En el Cuadro 2 se puede observar la relación especie de abeja por concentración. Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre *A. mellifera* a una concentración de 20 ng mL⁻¹ y la concentración de 40 ng mL⁻¹ y con *M. beecheii* a una concentración de 60 ng mL⁻¹, esto se debe que cada especie de abejas tiene diferente contenido de componentes bioactivos (Barrera et al. 2018), y proporcionándole una mayor concentración del contenido de compuestos volátiles por lo tanto una mayor repelencia. La presencia de fenoles y flavonoides en las nanopartículas de extractos etanólicos de propóleos causó el desplazamiento de los insectos hacia los sensidiscos impregnados con aceite de oliva (control).

Cuadro 2. Repelencia por especie de abejas y concentración

Especie	Concentración			
	20 ng mL ⁻¹	40 ng mL ⁻¹	60 ng mL ⁻¹	80 ng mL ⁻¹
1	26.67 ^A	40.00 ^A	76.67 ^B	60.00 ^A
2	6.67 ^A	76.67 ^B	23.33 ^A	23.33 ^A

Medias con letras distintas significan diferencia significativa ($P < 0.05$). 1= *M. beecheii*, 2= *A. mellifera*.

Según el índice de preferencia (Cuadro 3) se observan que todos los tratamientos usados son repelentes contra *C. hypochlora*, teniendo los IP más altos para la especie de *M. beecheii* a 60 ng mL⁻¹, y en *A. mellifera* 40 ng mL⁻¹, esto se debe a que los repelentes pueden causar un bloqueo en los receptores olfativos o generar estímulos desagradables; por lo cual los insectos evitan el área impregnada con las nanopartículas de extractos etanólicos de propóleos.

Cuadro 3. Índice de preferencia por especie de abejas y concentración

Especie	Concentración			
	20 ng mL ⁻¹	40 ng mL ⁻¹	60 ng mL ⁻¹	80 ng mL ⁻¹
1	-0.27 ^A	-0.40 ^A	-0.77 ^B	-0.60 ^A
2	-0.07 ^A	-0.77 ^B	-0.23 ^A	-0.23 ^A

Medias con letras distintas significan diferencia significativa ($P < 0.05$). 1= *M. beecheii*, 2= *A. mellifera*.

La relación entre la especie de abeja, la concentración y el tiempo, no mostraron tener diferencias significativas, sin embargo, Oliveira et al. (2017) demostraron que las nanopartículas de zeína y citronela tienen una mayor actividad repelente a través del tiempo, siendo las actividades repelentes de 57.5±5.4% y 76.3±8.3%, obtenidos después de 8 h. Resultados similares se observaron en este trabajo, donde las nanopartículas de EEP de *M. beechi* a 40 ng mL⁻¹, mostraron aumento en el porcentaje de repelencia a través del tiempo, pasando de 20% a 73%. Esto puede deberse a que las nanopartículas son capaces de promover una volatilización más lenta, haciendo que los efectos repelentes sean más prolongados, así como la fácil difusión en los sitios receptores del insecto.

4. Conclusión

En nuestro trabajo, se demostró la actividad repente de las nanopartículas de EEP de ambas especies de abejas, aunque la de *A. mellifera* resultó con mayor actividad repelente a una concentración de 40 ng mL⁻¹. Este hallazgo es de importancia, ya que enriquece el número de estrategias ecológicamente sostenibles para controlar a *C. hypochlora*.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Politécnica de Tapachula por permitirnos trabajar en sus instalaciones. Al personal de Plásticos Agrícolas del Soconusco, Saúl López y José Figueroa, por el apoyo en las actividades de campo, a José de León Victoria por el apoyo en el laboratorio y en la colecta de propóleos. A Elvis Mota y al rancho El Progreso por proporcionarnos el material biológico para este proyecto. También agradecemos a la facultad de estudios Superiores de Cuatitlán de la UNAM, laboratorio de análisis de propóleos por la colaboración en la presente investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Referencias

Barrera VJL, Fernández HC, Pérez GKD. 2018. Plant extracts: alternative control *Colaspis* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae) in banana cv. Harton. *Temas Agrarios* 23(1): 9-17.

Barros APH, Morantes MTA, Hoyos MIC, Ospino LJM. 2016. Preparación de nanopartículas de quitosano modificadas con alginato de sodio con potencial para la liberación controlada de medicamentos. *Revista EIA*. 12(2): 75-83.

Bogdanov S, Bankova V. 2016. Propolis: origin, production, composition. In: Bogdanov S (ed.). *The propolis book*. Bee Product Science. Pp. 1-20.

Castresana JE, Puhl L. (2018). Eficacia de insecticidas botánicos sobre *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo cubierta. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 12: 136-146.

Chaubey, M. (2016). Fumigant and contact toxicity of *Allium sativum* (Alliaceae) essential oil against *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Dryophthoridae). *Entomology and Applied Science Letters* 3(2): 43-48.

Duangphakdee O, Koeniger N, Deowanish S, Hepburn HR, Wongsiri S. 2009. Ant repellent resins of honeybees and stingless bees. *Insectes Sociaux* 56: 333-339.

FAO. 2005. Cosecha, manejo y poscosecha. Recuperado de <https://www.fao.org/3/a1374s/a1374s07.pdf>. Fecha de consulta 15 de abril de 2023.

FAO. 2023. Banano, análisis de mercado 2022. Recuperado de <https://www.fao.org/3/cc6952es/cc6952es.pdf> Fecha de consulta 18 de junio de 2023.

Jiménez OVD, Pérez BR, Sánchez TAC, Tovar CGG, Bordes JLN, Zárate CIS. 2020. Evaluación de la actividad antiviral del propóleo de abejas nativas (*Plebeia frontalis*) contra el virus del

- moquillo canino. *Revista Abierta de Medicina Veterinaria* 10(12): 207-218.
- Lira-Saldivar HL, Méndez-Argüello B, Vera-Reyes I, De los Santos-Villarreal G. 2018. Agronanotecnología: una nueva herramienta para la agricultura moderna. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUIYO* 50(2): 395-411.
- Mahmood A, Lani MN, Hassan Z, Razak SBA, Ahmad F. 2021. Antioxidant and antimicrobial properties of Indo-Malayan stingless bee (*Heterotrigona itama*) honey from different seasons and distribution of flowers. *Food Research* 5(2): 498-507.
- Morón-Ríos MA, Terrón RA. 1988. *Entomología práctica: una guía para el estudio de los insectos con importancia agropecuaria, médica, forestal y ecología de México*. 1a ed. Instituto de Ecología, A.C.
- Naik D, Vaidya H, y Behera B. (2009). Antioxidant properties of Indian propolis. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science* 1(4): 110-120.
- NOM-003-SAG/GAN-2017. NORMA Oficial Mexicana NOM-003-SAG/GAN-2017, Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento. *Diario Oficial de la Federación* 6 de octubre de 2017.
- Ojianwuna C, Enwemiwe V. 2022. Insecticidal effectiveness of naphthalene and its combination with kerosene against the emergence of *Aedes aegypti* in Ika North East, LGA, Delta State, Nigeria. *Parasite Epidemiology and Control* 18: 1-11.
- Oliveira AP, Santana AS, Santana EDR, Lima APS, Faro RRN, Nunes RS, Bacci L. 2017. Nanoformulation prototype of the essential oil of *Lippia sidoides* and thymol to population management of *Strophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Industrial Crops and Products* 107: 198-205.
- Passos FR, Mendes FQ, Da Cunha MC, Pigozzi MT, De Carvalho AMX. 2016. Propolis extract in postharvest conservation banana "Prata". *Revista Brasileira de Fruticultura* 38(2): 1-11.
- Pronatura. 2012. Análisis de la producción de plátano, su mercado y las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en Chiapas. Recuperado de https://www.pronatura-sur.org/web/docs/ANALISIS_DE_LA_PRODUCCION_DE_PLATANO.pdf. Fecha de consulta 12 de mayo de 2023.
- Ruiz JR, Pacheco N, Méndez EGR, López FAS, Medina-Medina LA, Quezada-Euán JGG. 2023. Phenolic content and bioactivity as geographical classifiers of propolis from stingless bees in southeastern Mexico. *Foods* 12(7): 1434.
- SADER. 2021. Aumentó 2.9 por ciento producción de plátano mexicano en 2020. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aumento-2-9-por-ciento-produccion-de-platano-mexicano-en-2020?idiom=es>. Fecha de consulta 20 de marzo de 2023.
- SENASICA. 2020. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico (CNRCB). Introducción al CNRCB. Recuperado de <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/centro-nacional-de-referencia-de-control-biologico-103097>. Fecha de consulta 24 de noviembre de 2022.
- SENASICA. 2019. Guías de identificación de plagas del plátano. [gob.mx](https://www.gob.mx). Recuperado de <https://www.gob.mx/senasica/documentos/guias-de-identificacion-de-plagas-del-platano?state=published>. Fecha de consulta 15 de marzo de 2023.
- Shanahan M, Spivak M. 2021. Resin use by Stingless Bees: A review. *Insects* 12(8): 719.
- Soto-Vásquez MR. 2015. Metabolitos secundarios, cuantificación de fenoles y flavonoides totales de extractos etanólicos de propóleos de tres localidades del Perú. In *Crescendo* 6(2): 37-47.
- Tabart J, Kevers C, Pincemail J, Defraigne J, Dommès J. 2009. Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food Chemistry*, 113(4): 1226-1233.
- Thabet FA, Boraei HA, Galal OA, El-Samahy M, Mousa KM, Zhang YZ, Tuda M, Helmy EA, Wen J, Nozaki T. 2021. Silica nanoparticles as pesticide against insects of different feeding types and their non-target attraction of predators. *Scientific Reports* 11(1): 14484.
- Vinchira-Villarraga DM, Moreno-Sarmiento N. 2019. Control biológico: camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología* 21(1): 2-5.
- Zakeri HA, Kannan M, Kumar NM, Azmi WA. 2021. Prospect of propolis from stingless bee, *Heterotrigona itama* as biological control of the subterranean termite, *Coptotermes curvignathus*. *IOP Conference Series Earth Environmental Science* 711(1): 012018.
- Zhang J, Xiao-Ge S, Wang K, Cao X, Zhang C, Zheng H, Hu F. 2016. Antioxidant activities and molecular mechanisms of the ethanol extracts of *Baccharis* propolis and *Eucalyptus* propolis in RAW64.7 cells. *Pharmaceutical Biology* 54(10): 2220-2235.