

# Efectos tóxicos de bioplaguicidas botánicos sobre especies del orden Hymenoptera

## Toxic effects of botanical biopesticides on species of the order Hymenoptera

Recibido: noviembre 06 de 2022 | Revisado: noviembre 12 de 2022 | Aceptado: noviembre 25 de 2022

LUIS ALONSO ANGULO-OLAZÁBAL<sup>1</sup>  
JOSÉ IANNAONE<sup>1,2,3</sup>

### RESUMEN

El uso de plaguicidas sintéticos sigue siendo intensivo a pesar de los efectos probados sobre salud, ambiente y animales. Especialmente la afectación a insectos con roles biológicos fundamentales (polinización y control biológico, por ejemplo) como los del orden Hymenoptera es preocupante. Por ello, el uso de bioplaguicidas, en especial los de origen botánico, resultan una alternativa interesante de reemplazo de los plaguicidas clásicos por su efectividad y origen natural. Sin embargo, existe la posibilidad de que, igualmente, afecten a insectos de alto valor ecológico. Por ello, este artículo recopila y analiza literatura científica con el objetivo de examinar los efectos tóxicos de bioplaguicidas botánicos (BPB) sobre especies del orden Hymenoptera y examinar el origen vegetal de los BPB aplicados. Los resultados confirman la existencia de efectos letales y subletales de BPB sobre himenópteros. Se obtuvo que la familia vegetal Lamiaceae y las partes aéreas fueron las que más se utilizaron para la fabricación de BPB. Asimismo, la familia himenóptera más estudiada fue Formicidae y se evaluaron efectos letales, mediante porcentaje de mortalidad registrado mayoritariamente, en mayor medida que los subletales, con el indicador de reducción de emergencia en individuos en su mayoría. La información puede ser útil para la elección de métodos de control de especies no deseadas considerando los efectos sobre especies no objetivo.

**Palabras clave:** bioplaguicidas botánicos, control biológico, Hymenoptera, manejo integrado de plagas

### ABSTRACT

The use of synthetic pesticides continues to be intensive despite the proven effects on health, environment and animals. Especially, the impact on insects with fundamental biological roles (pollination and biological control, for example), such as those of the Hymenoptera order, is concerning. For this reason, the use of biopesticides, especially those of botanical origin, are an interesting alternative to replace classic pesticides due to their effectiveness and natural origin. However, there is the possibility that they could affect high ecological value insects. For this reason, this article compiles and analyzes scientific literature with the aim of examining the toxic effects of botanical biopesticides (BBP) on Hymenoptera order species and examining the vegetal origin of the applied BBP. The results confirm the existence of lethal and sublethal effects of BBP on Hymenopterans. It was obtained that Lamiaceae and aerial parts were the most used for the manufacture of BBP. Likewise, the most studied hymenoptera family was Formicidae and lethal effects were evaluated, by percentage of mortality registered mostly, to a greater extent than sublethal effects, with the indicator of emergency reduction in its majority. The information can be useful for choosing control methods for unwanted species considering the effects on non-target species.

**Keywords:** Botanical biopesticide, Biological control, Hymenoptera, Integrated pest management

- 1 Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ciencias Ambientales. Grupo de Investigación COEPERU, Universidad Científica del Sur, Lima-Perú
- 2 Escuela Universitaria de Posgrado (EUPG). Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima-Perú

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: [revistacampus@usmp.pe](mailto:revistacampus@usmp.pe).

<https://doi.org/10.24265/campus.2022.v27n34.09>

## Introducción

La agricultura es de alta importancia para el desarrollo económico de los países y humanidad al punto que cerca del 42% de la población mundial depende ella, o de actividades relacionadas y, para un grupo de este porcentaje, constituye una vía de subsistencia al únicamente contar con acceso a alimentos si es que provienen de producción propia (FAO, 2005). Además, influye en otros sectores de la economía, en la disminución de la pobreza y es base de la seguridad alimentaria mundial (FAO, 2006; Bula, 2020). Sin embargo, esta actividad puede ser perjudicial para el ambiente, sus componentes bióticos y salud humana (FAO, 2021).

Lo anterior se explica, parcialmente, por el uso de plaguicidas que son sustancias con el objetivo de repeler, eliminar o controlar alguna plaga que ponga en riesgo la producción agrícola (FAO - OMS, 2014; USEPA, 2014). Comúnmente, son de origen sintético químico y su fabricación también se asocia a la emisión de gases de efecto invernadero (Balafoutis et al., 2017; FAO, 2018; Ramírez & Lacasaña, 2001). A la par, su uso inadecuado puede poner en riesgo la producción agrícola y la seguridad alimentaria, porque ocasiona la contaminación de cultivos, lo que deviene en pérdidas y desperdicios de alimentos y pone en riesgo la supervivencia de especies polinizadoras (FAO, 2017; Firake et al., 2017).

El uso de estos también se asocia con la pérdida de biodiversidad de especies animales y vegetales (Geiger et al., 2010). Esta pérdida, ocasionada por los componentes tóxicos de plaguicidas,

también afecta a especies beneficiosas con roles fundamentales para la cadena alimenticia (Isenring, 2010). Se debe prestar especial atención a la afectación hacia los insectos, ya que estos brindan distintos servicios ecosistémicos de provisión, culturales (ligados a la actividad turística y académica) y de soporte, por lo que su conservación es de alta importancia para la humanidad (Schowalter et al., 2018). Dentro de los insectos, las especies del género Hymenoptera destacan por su importancia como polinizadores, bioindicadores y controladores de plagas (Fernández & Pujade-Villar, 2015; Membere et al., 2021). Esto le confiere a este orden no solo una importancia en el aspecto ecológico, sino también en el económico por el rol crucial para el ambiente, sistemas de producción y seguridad alimentaria (Michell et al., 2021; Nicholls & Altieri, 2013; Viertel et al., 2022). Sin embargo, se encuentran amenazados por diversos factores, entre los que se encuentra el uso de plaguicidas como uno de los más importantes (Dudley & Alexander, 2017). Se puede afirmar que la pérdida de algunas especies de este género tendría efectos devastadores en la estabilidad y balance ecológico (La Salle y Gauld, 1992). Por lo anterior, y considerando que la riqueza de algunas especies de insectos viene disminuyendo durante la última década en Sudamérica, resulta necesario controlar factores que amenacen su supervivencia (Elias, 2021).

Por otro lado, los bioplaguicidas se caracterizan porque provienen de materiales naturales como plantas o microorganismos y buscan cumplir la misma función que los plaguicidas clásicos, pero con bajos riesgos a la salud y ambiente por lo que su aplicación promovería el desarrollo de una

agricultura sostenible (Nava-Perez et al., 2012; Salgado-Garciglia et al., 2019). Específicamente, los bioplaguicidas de origen botánico (en adelante BPB) se caracterizan por estar conformados por extractos, aceites, mezclas o compuestos de especies vegetales que contengan principios activos tales como alcaloides, saponinas, esteroides, terpenos y otros (Acheuk et al., 2022).

La posible baja toxicidad, inocuidad a la salud y alta efectividad de los bioplaguicidas puede estar explicada en su origen, en la ocurrencia de este proceso de control de manera natural en los ecosistemas, en su no persistencia en medios no específicos y en su bajo historial de reportes toxicidad hacia humanos y vida silvestre (Leahy et al., 2014; USEPA, 1996; Wiwattanawanichakun et al., 2022). Lo anterior puede posicionar a algunos bioplaguicidas como una mejor alternativa ante sus pares sintéticos químicos (Firake et al., 2017). A pesar de ello, no se descarta que ciertos efectos, letales o subletales, generados por mecanismos de acción de los bioplaguicidas pueda extenderse a especies no objetivas (Liu et al., 2021; Lu et al., 2022; Nguyen et al., 2022). Asimismo, se debe considerar que la simple exposición ante estímulos puede generar efectos basados en activación de respuestas inmunológicas (Borges et al., 2021) generando en algunas especies, por ejemplo, variación en la actividad de forrajeo gasto de energía, comportamiento agresivos y otros (Alaux et al., 2012; Mallon et al., 2003; Richard et al., 2008).

Por lo anterior, es necesario sistematizar y difundir el conocimiento en esta materia si es que busca consolidarse como

un mecanismo que aporte sostenibilidad en la agricultura. Para tener claridad del tema, será necesario conocer las especies y/o géneros incluidos en la fabricación y aplicación de BPB y comprender cómo estas sustancias pueden afectar a especies de alta importancia ecológica. En ese sentido, esta revisión busca examinar el origen vegetal de bioplaguicidas botánicos y sus efectos tóxicos sobre especies del orden Hymenoptera. Lo anterior se logrará mediante la identificación de especies vegetales utilizadas para la fabricación de BPB y la determinación de los efectos tóxicos de BPB en especies del orden Hymenoptera.

## Método

Se realizó una revisión a partir del planteamiento de la pregunta de investigación. Esta fue formulada tomando como base el enfoque PECO (población, exposición, comparador, resultado), sugerido para estudios que abordan efectos toxicológicos (Morgan et al., 2018). La pregunta que orientó la presente revisión fue: ¿qué efectos tiene la exposición a bioplaguicidas botánicos en especies del orden Hymenoptera y de qué especies vegetales provienen los bioplaguicidas?

## Identificación de estudios

Para identificar estudios relevantes, se empleó la base de datos *Scopus*. Para realizar la búsqueda, se determinó el alcance a artículos de investigación publicados desde el 2010 hasta la junio 2022. Los estudios se seleccionaron utilizando combinaciones de términos de búsqueda como “bioplaguicidas botánicos”, “extractos botánicos”, “extractos de plantas”, “aceites esenciales”

e “Hymenoptera” y se determinaron los parámetros de búsqueda a título, resumen y palabras claves. Los artículos fueron codificados y organizados para eliminar duplicados. Se incluyó la búsqueda de aceites esenciales y extractos de plantas por ser los productos botánicos más utilizados como bioplaguicidas (Acheuk et al., 2022).

### **Cribado de estudios**

El cribado de estudios se realizó posterior a la eliminación de duplicados. Se revisó el título, resumen y palabras clave de cada artículo para verificar su coherencia con la temática del estudio, a partir de la identificación de los términos de búsqueda. Se consideraron estudios que evaluaran los efectos directos o indirectos de sustancias consideradas como BPB sobre cualquier especie del orden Hymenoptera.

### **Inclusión de estudios**

Para identificar las especies utilizadas para la fabricación de BPB, se consideró como criterio de inclusión la mención de la especie de la cual se extraen compuestos botánicos para evaluar sus efectos en himenópteros. Posteriormente, se clasificaron las especies botánicas en familias y se menciona la parte vegetal utilizada para la obtención del compuesto plaguicida (en caso de que existiera la información dentro de los artículos).

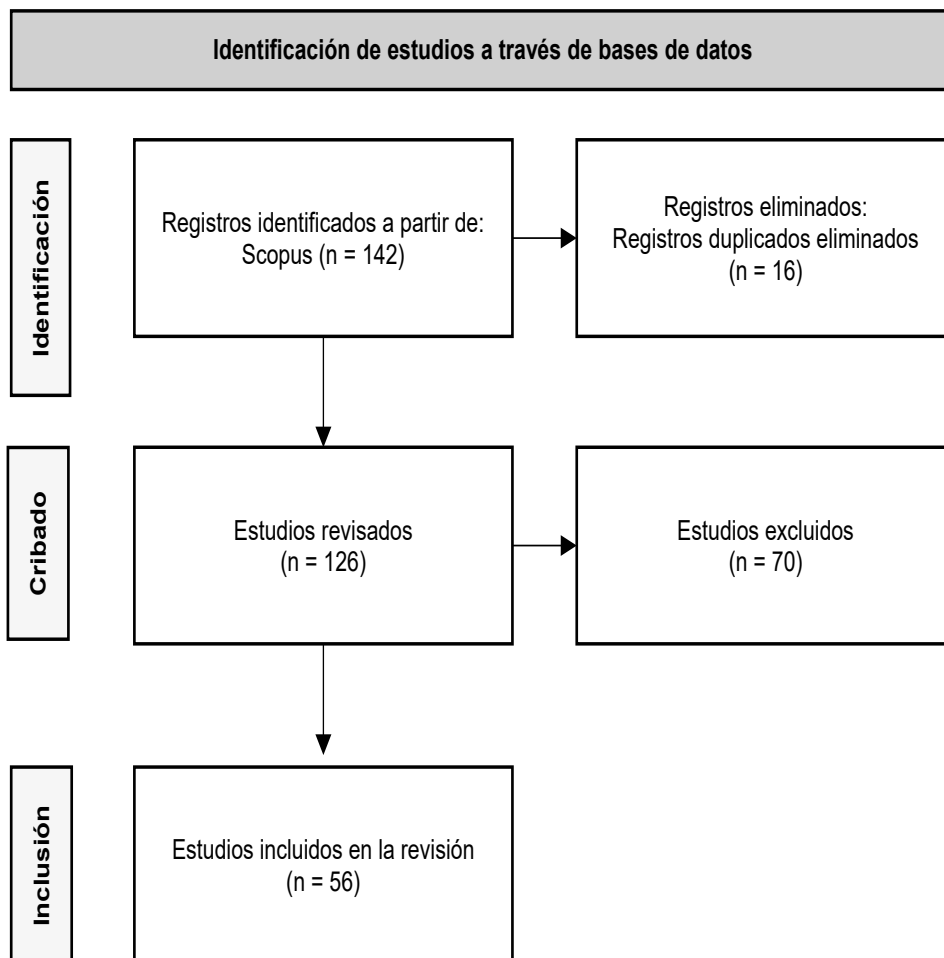
Finalmente, para la evaluación de efectos letales o subletales sobre himenópteros, se consideró como criterio de inclusión los artículos de investigación que evalúen cuantitativa o cualitativamente los efectos de BPB en himenópteros. Los efectos se clasifican en

subletales (si no hay efectos con resultados mortales) y letales. Con respecto a los efectos letales, se sistematizará la medida de toxicidad y valor obtenido en el artículo. En el caso de los efectos subletales, se sistematizarán las respuestas biológicas obtenidas. Adicionalmente, se compila la apreciación de los autores sobre el rol biológico que cumple la o las especies evaluadas. En todos los casos anteriores, se excluyeron todos los tipos de publicaciones que no correspondieran a un estudio experimental, siendo estos últimos artículos de revisión, libros, opiniones, informes y perspectivas científicas. No se aplicó criterios de limitación geográfica.

La inclusión de estudios fue determinada a partir de la valoración de criterios anteriores a partir de una revisión a detalle de cada artículo. Los hallazgos se informaron en forma de Tablas para facilitar la interpretación y la comprensión. Asimismo, se discutieron los resultados obtenidos con información bibliográfica. Esta revisión no contempla la ejecución de metaanálisis, análisis de confiabilidad ni de riesgo por sesgo.

### **Resultados**

Se identificaron 56 artículos para el análisis. El flujograma en la Figura 1 muestra los resultados obtenidos por etapas hasta la obtención del número final de estudios incluidos. Estos brindan información respecto a la especie vegetal utilizada para la fabricación de BPB, partes utilizadas en algunos casos, especies himenópteras evaluadas y resultados obtenidos en términos de toxicidad letal o subletal.

**Figura 1***Diagrama de flujo de las fases de búsqueda con resultados por etapa*

La exclusión de estudios fue por diversos motivos. Entre ellos: no se evaluaban efectos tóxicos sobre las especies del orden Hymenoptera, no se indicaba la especie vegetal utilizada en la fabricación de BPB, se utilizaba solo un compuesto específico del extracto botánico o barreras de idioma (se usaron únicamente estudios en inglés o español).

### **Especies y partes vegetales utilizadas en la fabricación de BPB**

La Tabla 1 resume la cantidad de veces que se utilizó algún individuo según

familia. De las 34 familias vegetales halladas, se observa que Lamiaceae destaca por ser la que más números de veces se utilizó en los ensayos de bioplaguicidas botánicos, seguido por Rutaceae, Myrtaceae, Piperaceae y Melicaceae. En total, los individuos de estas familias componen el 55,1% de experiencias registradas respecto al uso de bioplaguicidas botánicos y su posible influencia sobre especies del orden Hymenoptera.

**Tabla 1**  
*Número de experiencias registradas por familia vegetal*

Familia	Número de experiencias registradas	Porcentaje de experiencias registradas (%)
Lamiaceae	35	19,9
Rutaceae	19	10,8
Myrtaceae	16	9,1
Piperaceae	14	8,0
Meliaceae	13	7,4
Asteraceae	10	5,7
Apocynaceae	6	3,4
Poaceae	6	3,4
Apiaceae	5	2,8
Euphorbiaceae	5	2,8
Zingiberaceae	5	2,8
Amaryllidaceae	4	2,3
Annonaceae	4	2,3
Lauraceae	4	2,3
Salicaceae	4	2,3
Solanaceae	4	2,3
Fabaceae	3	1,7
Pinaceae	2	1,1
Verbenaceae	2	1,1
Otras con 1 sola experiencia registrada	15	8,5
<b>TOTAL</b>	<b>176</b>	<b>100</b>

Además, se registraron 34 géneros utilizados en los distintos estudios recopilados. La familia con mayor diversidad de especies y/o géneros utilizados fue Lamiaceae (ocho géneros), seguido por Asteraceae, Myrtaceae,

Rutaceae, Apiaceae, Apocynaceae y Meliaceae. En total estas familias contienen cerca del 52% de géneros utilizados en las 176 experiencias. La Tabla 2 muestra el detalle de esta información.

**Tabla 2***Número de géneros registrados por familia vegetal*

Familia	Número de géneros registrados	Porcentaje de géneros registrados (%)
Lamiaceae	8	10,4
Asteraceae	7	9,1
Myrtaceae	6	7,8
Rutaceae	6	7,8
Apiaceae	5	6,5
Apocynaceae	4	5,2
Meliaceae	4	5,2
Euphorbiaceae	3	3,9
Fabaceae	3	3,9
Lauraceae	3	3,9
Annonaceae	2	2,6
Pinaceae	2	2,6
Solanaceae	2	2,6
Zingiberaceae	2	2,6
Otras familias con 1 solo género registrado	20	26,0
<b>TOTAL</b>	<b>77</b>	<b>100</b>

Por otro lado, la Tabla 3 resume de manera general las partes vegetales utilizadas en la obtención de sustancias utilizadas como bioplaguicidas botánicos. Se debe considerar que, en los casos que existan combinaciones de partes vegetales, estas fueron utilizadas para la fabricación de un único producto y no de diferentes extractos, por lo que una separación para fines del análisis no es posible. Asimismo, en algunos casos se menciona que se utilizó la especie vegetal en su totalidad, por lo que se considera el uso de las partes aéreas y subterráneas.

Adicionalmente, se muestra una clasificación general dependiendo de la ubicación de las partes vegetales utilizadas (aérea y subterránea) según aplique. Vale mencionar que en algunos casos se menciona únicamente partes aéreas, por lo que no es posible indicar de manera específica qué parte vegetal fue utilizada. Asimismo, en otros casos, el producto botánico se compra ya preparado, por lo que se desconoce la parte vegetal de la cual fue extraído. El detalle de la parte vegetal utilizada, según especie vegetal se encuentra en la Tabla 4.

**Tabla 3***Número de experiencias por parte vegetal utilizada*

Clasificación general	Parte vegetal	Número de experiencias	Porcentaje de experiencias registradas (%)
Parte aérea (n= 102 experiencias)	Hojas	52	29.5
	Semillas	14	8.0
	Partes aéreas	9	5.1
	Hojas y tallo	7	4.0
	Ramas	5	2.8
	Tronco	4	2.3
	Hojas y flores	3	1.7
	Fruto	3	1.7
	Tallo	3	1.7
	Flores	2	1.1
Parte subterránea (n= 9 experiencias)	Raíz	9	5.1
Parte aérea y subterránea (n= 1 experiencias)	Partes aéreas y subterráneas	1	0.6
No aplica (n= 64 experiencias)	No aplica, comprado preparado	61	34.7
	No mencionado	3	1.7

Cerca del 30% de experiencias utilizó las hojas de especies vegetales para la fabricación de bioplaguicidas botánicos, mientras que el 8,0% optó por el uso de semillas y el 5,1% de raíz. Asimismo, cerca del 52,3% de experiencias utilizaron solo una de las partes vegetales (hojas, semillas, raíz u otros); mientras que el 5,7% opta por la combinación de dos partes vegetales.

No se puede determinar esta información del 42,0% restante por indicar de manera general que se obtuvieron de partes aéreas y subterráneas, porque se obtuvieron los compuestos botánicos ya fabricados o porque no se menciona esta información. Por otro lado, destaca que cerca del 58,0% de experiencias utilizan partes aéreas,

mientras que el 5,1% utiliza subterráneas y solo un 0,6% utiliza ambas partes.

### **Efectos letales y subletales en himenópteros**

Para el análisis de las 56 fuentes identificadas, se presenta en la Tabla 4 la organización de los resultados considerando la especie y familia vegetal y animal utilizadas, la clasificación del efecto o efectos evaluados (letal y/o subletal) y los indicadores de letalidad o subletalidad utilizados y los resultados. Se registraron un total de 187 experiencias. El detalle de los efectos obtenidos por cada una de las 187 experiencias se puede solicitar a los autores de la presente investigación.



**Tabla 4**  
*Resultados de efectos letales o subletales según BPB y especie himenóptera*

Autor y año	Especie himenóptera evaluada	Familia himenóptera evaluada	Especie vegetal utilizada	Familia de especie vegetal	Parte Vegetal Utilizada	Clasificación de Efecto	Indicador de efecto letal	Indicador de efecto subletal
(Sombra et al., 2022)	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Cymbopogon winterianus</i>	Poaceae	N.A.C.P.*	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Reducción en parasitismo y emergencia de individuos
	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Cymbopogon citratus</i>	Poaceae	N.A.C.P.*	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Reducción en parasitismo y emergencia de individuos
	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Lippia organoides</i>	Verbenaceae	N.A.C.P.*	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Reducción en parasitismo y emergencia de individuos
(Ali et al., 2022)	<i>Solenopsis spp.</i>	Formicidae	<i>Magnolia grandiflora</i>	Magnoliaceae	Semillas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Reducción en remoción de arena
(Stenger et al., 2021)	<i>Cleruchoides noackae</i>	Mymaridae	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	Hojas	Subletal	-	Reducción en parasitismo y emergencia de individuos
(Melo et al., 2021)	<i>Acromyrmex balzani</i>	Formicidae	<i>Myrcia lundiana</i>	Myrtaceae	Hojas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y tiempo de descanso
(Kaur et al., 2021)	<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Inula racemosa</i>	Asteraceae	Raíz	Subletal	-	Reducción en parasitismo, emergencia de individuos y disminución de peso.
(Ahmadpour et al., 2021)	<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiaceae	Semillas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Reducción en longevidad y reducción en fecundidad
	<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Partes aéreas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Reducción en longevidad y reducción en fecundidad
	<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Zataria multiflora</i>	Lamiaceae	Partes aéreas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Reducción en longevidad y reducción en fecundidad
	<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Achillea millefolium</i>	Asteraceae	Partes aéreas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Reducción en longevidad y reducción en fecundidad
(Moreira Da Silva et al., 2020)	<i>Trichospilus pupivorus</i>	Eulophidae	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	Hojas y flores	Letal	CL <sub>50</sub>	-
	<i>Trichospilus pupivorus</i>	Eulophidae	<i>Mentha x piperita</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal	CL <sub>50</sub>	-
	<i>Trichospilus pupivorus</i>	Eulophidae	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal	CL <sub>50</sub>	-
	<i>Trichospilus pupivorus</i>	Eulophidae	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	Raíz	Letal	CL <sub>50</sub>	-
(Melo et al., 2020)	<i>Acromyrmex balzani</i>	Formicidae	<i>Aristolochia trilobata</i>	Aristolochiaceae	Tallo	Letal	CL <sub>50</sub>	-
	<i>Acromyrmex balzani</i>	Formicidae	<i>Myrcia lundiana</i>	Myrtaceae	Hojas	Letal	CL <sub>50</sub>	-

	<i>Trichopria anastrephae</i>	Diapriidae	<i>Piper malacophyllum</i>	Piperaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Trichopria anastrephae</i>	Diapriidae	<i>Piper marginatum</i>	Piperaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
(de Souza et al., 2020)	<i>Trichopria anastrephae</i>	Diapriidae	<i>Piper gaudichaudianum</i>	Piperaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Trichopria anastrephae</i>	Diapriidae	<i>Piper actuncum</i>	Piperaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Trichopria anastrephae</i>	Diapriidae	<i>Piper crassinervium</i>	Piperaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y número de paradas
	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Mentha x piperita</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y número de paradas
	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	Hojas y flores	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y número de paradas
(da Silva et al., 2020)	<i>Trigona hyalinata</i>	Apidae	<i>Mentha x piperita</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y número de paradas
	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	Raíz	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y número de paradas
	<i>Trigona hyalinata</i>	Apidae	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	Raíz	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y número de paradas
	<i>Trigona hyalinata</i>	Apidae	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y número de paradas
	<i>Trigona hyalinata</i>	Apidae	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	Hojas y flores	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento y número de paradas
(Bernard et al., 2020)	<i>Myrmica rubra</i>	Formicidae	<i>Mentha balsamea</i>	Lamiaceae	Hojas	Subletal	-	Colonización
	<i>Myrmica rubra</i>	Formicidae	<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae	Hojas	Subletal	-	Colonización
	<i>Myrmica rubra</i>	Formicidae	<i>Citrus x Paradise</i>	Rutaceae	Semillas	Subletal	-	Colonización
	<i>Myrmica rubra</i>	Formicidae	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Semillas	Subletal	-	Colonización
(Xie et al., 2019)	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Seriphidium brevifolium</i>	Asteraceae	Hojas y flores	Letal	CL <sub>50</sub>	-
(Rezaei & Moharrampour, 2019)	<i>Aphidius matricariae</i>	Braconidae	<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	Semillas	Letal	CL <sub>50</sub>	-
(Ramos et al., 2019)	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Asclepias curassavica</i>	Apocynaceae	Hojas y tallo	Letal y subletal	% supervivientes	Reducción en carga de hojas
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae	Hojas y tallo	Letal y subletal	% supervivientes	Reducción en carga de hojas
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Equisetum</i> spp.	Equisetaceae	Hojas y tallo	Letal y subletal	% supervivientes	Reducción en carga de hojas

<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Syzygium aromaticum</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Allium sativum</i>	Amaryllidaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en longevidad, reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos

(Pareira et al., 2019)

<i>Tapinoma indicum</i>	Formicidae	<i>Citrus hystrix</i>	Rutaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Monomorium pharaonis</i>	Formicidae	<i>Citrus hystrix</i>	Rutaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Pheidole megacephala</i>	Formicidae	<i>Citrus hystrix</i>	Rutaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Monomorium pharaonis</i>	Formicidae	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Monomorium pharaonis</i>	Formicidae	<i>Mentha x piperita</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Pheidole megacephala</i>	Formicidae	<i>Mentha x piperita</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Pheidole megacephala</i>	Formicidae	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Tapinoma indicum</i>	Formicidae	<i>Mentha x piperita</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Tapinoma indicum</i>	Formicidae	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Cleruchoides noackae</i>	Myrmaridae	<i>Maytenus ilicifolia</i>	Celastraceae	Hojas	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos
<i>Cleruchoides noackae</i>	Myrmaridae	<i>Matricaria chamomilla</i>	Asteraceae	Flores	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos
<i>Cleruchoides noackae</i>	Myrmaridae	<i>Echinodorus grandiflorus</i>	Alismataceae	Hojas	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos
<i>Dieretiella rapae</i>	Braconidae	<i>Acmella oleracea</i>	Asteraceae	Partes aéreas	Letal	% mortalidad	-
<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Allium sativum</i>	Amariyllidaceae	Raíz	Subletal	-	Reducción en longevidad y reducción en fecundidad
<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	Semillas	Subletal	-	Reducción en longevidad y reducción en fecundidad
<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Fabaceae	Hojas	Subletal	-	Reducción en longevidad y reducción en fecundidad
<i>Solenopsis saevissima</i>	Formicidae	<i>Artemisia annua</i>	Asteraceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Cymbopogon martinii</i>	Poaceae	N.A.C.P.*	Letal y subletal	D <sub>L30</sub>	Reducción en distancia recorrida y cambios en compartimento colectivo
<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Carum carvi</i>	Apiaceae	No mencionado	Letal y subletal	CL <sub>30</sub>	Reducción en huecos puestos, reducción en huecos eclionados y reducción en longevidad
<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae	No mencionado	Letal y subletal	CL <sub>30</sub>	Reducción en huecos puestos, reducción en huecos eclionados y reducción en longevidad
<i>Habrobracon hebetor</i>	Braconidae	<i>Heracleum persicum</i>	Apiaceae	No mencionado	Letal y subletal	CL <sub>30</sub>	Reducción en huecos puestos, reducción en huecos eclionados y reducción en longevidad

<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Allium sativum</i>	Amaryllidaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Syzygium aromaticum</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma galloi</i>	Trichogrammatidae	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad

(Parreira et al., 2018)

<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Allium sativum</i>	Amaryllidaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Syzygium aromaticum</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Origanum vulgare</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
(Mina et al., 2018)	Formicidae	<i>Euphorbia corollifolia</i>	Euphorbiaceae	Hojas	Subletal	-	Reducción en alimentación
(Bernardi et al., 2017)	Diapriidae	<i>Annona mucosa</i>	Annonaceae	Semillas	Letal y subletal	% mortalidad	Reducción en parasitismo
(Badshah et al., 2017)	Encyrtidae	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Semillas	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos y reducción en longevidad
(Addesso et al., 2017)	Formicidae	<i>Cupressus nootkatensis</i>	Cupressaceae	N.A.C.P.*	Letal y subletal	% mortalidad	Reducción en remoción de arena
(Wagan et al., 2016)	Formicidae	<i>Litsea cubeba</i>	Lauraceae	Fruto	Subletal	-	Repelencia
	Formicidae	<i>Curcuma longa</i>	Zingiberaceae	Raiz	Subletal	-	Repelencia

(Ullah et al., 2016)	<i>Cotesia glomerata</i>	Braconidae	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Cotesia glomerata</i>	Braconidae	<i>Guaiea</i> spp.	Vitaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Cotesia glomerata</i>	Braconidae	<i>Mentha</i> spp.	Lamiaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
(Mehmood et al., 2016)	<i>Lasius niger</i>	Formicidae	<i>Skimmia lauroleola</i>	Rutaceae	Raíz	Letal y subletal	% mortalidad	Velocidad de desplazamiento
	<i>Lasius niger</i>	Formicidae	<i>Skimmia lauroleola</i>	Rutaceae	Tallo	Letal y subletal	% mortalidad	Velocidad de desplazamiento
	<i>Lasius niger</i>	Formicidae	<i>Skimmia lauroleola</i>	Rutaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Velocidad de desplazamiento
(Lobo-Echeverri et al., 2016)	<i>Atta cephalotes</i>	Formicidae	<i>Capsicum frutescens</i>	Solanaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta cephalotes</i>	Formicidae	<i>Capsicum baccatum</i>	Solanaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
(Huang et al., 2016)	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Pronephrum megacuspis</i>	Thelypteridaceae	Partes aéreas y subterráneas	Letal	CL <sub>50</sub>	-
(Gomes et al., 2016)	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Aspidosperma spruceanum</i>	Apocynaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Casearia sylvestris</i>	Salicaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Erythroxylum affine</i>	Erythroxylaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Esenbeckia grandiflora</i>	Rutaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Tabernaemontana bracteolans</i>	Apocynaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Casearia arborea</i>	Salicaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Ocotea brasiliensis</i>	Lauraceae	Ramas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Tabernaemontana bracteolans</i>	Apocynaceae	Ramas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Casearia sylvestris</i>	Salicaceae	Tronco	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Esenbeckia grandiflora</i>	Rutaceae	Tronco	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Ocotea brasiliensis</i>	Lauraceae	Tronco	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Casearia arborea</i>	Salicaceae	Ramas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	Tronco	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Aspidosperma spruceanum</i>	Apocynaceae	Ramas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	Ramas	Letal	% mortalidad	-
<i>Atta sexdens</i>	Formicidae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	Raíz	Letal	% mortalidad	-	

	<i>Vespula germanica</i>	Vespidae	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
	<i>Vespula germanica</i>	Vespidae	<i>Cymbopogon citratus</i>	Poaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
(Butler et al., 2016)	<i>Vespula germanica</i>	Vespidae	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
	<i>Vespula germanica</i>	Vespidae	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
	<i>Vespula germanica</i>	Vespidae	<i>Myrocarpus frondosus</i>	Fabaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
(Ribeiro et al., 2015)	<i>Tamarix radiata</i>	Eulophidae	<i>Annona mucosa</i>	Annonaceae	Semillas	Subletal	-	Reducción en emergencia de individuos
(Zhang et al., 2014)	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Artemisia annua</i>	Asteraceae	N.A.C.P.*	Letal	TL <sub>50</sub>	-
(Wang et al., 2014)	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Artemisia carvifolia</i>	Asteraceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en remoción de arena y reducción en ratio de ataque
	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Reducción en remoción de arena y reducción en ratio de ataque
	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Mentha longifolia</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Tiempo de forrajeo
	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Cedrus deodara</i>	Pinaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Tiempo de forrajeo
	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Capsicum annuum</i>	Solanaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Tiempo de forrajeo
(Wang et al., 2014)	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Salvia sclarea</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Tiempo de forrajeo
	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Mentha canadensis</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Tiempo de forrajeo
	<i>Solenopsis invicta</i>	Formicidae	<i>Pinus spp.</i>	Pinaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Tiempo de forrajeo
(Naik et al., 2014)	<i>Apis florea</i>	Apidae	<i>Swerita densifolia</i>	Genitaneaceae	Flores	Subletal	-	Repelencia
	<i>Lasius niger</i>	Formicidae	<i>Boemninghausenia albiflora</i>	Rutaceae	Raiz	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento
(Mehmood & Shahzadi, 2014)	<i>Lasius niger</i>	Formicidae	<i>Boemninghausenia albiflora</i>	Rutaceae	Tallo	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento
	<i>Lasius niger</i>	Formicidae	<i>Boemninghausenia albiflora</i>	Rutaceae	Hojas	Letal y subletal	CL <sub>50</sub>	Velocidad de desplazamiento
(Sümer Ercan et al., 2013)	<i>Trichogramma embryophagum</i>	Trichogrammatidae	<i>Prangos ferulacea</i>	Apiaceae	Partes aéreas	Letal	CL <sub>50</sub>	-
(Castañó-Quintana et al., 2013)	<i>Atta cephalotes</i>	Formicidae	<i>Tithonia diversifolia</i>	Asteraceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
(Benelli et al., 2013)	<i>Psylla concolor</i>	Braconidae	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Myrtaceae	Partes aéreas	Letal	CL <sub>50</sub> y DL <sub>50</sub>	-
	<i>Solenopsis saevissima</i>	Formicidae	<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae	Hojas y tallo	Letal	CL <sub>50</sub>	-
(Souto et al., 2012)	<i>Solenopsis saevissima</i>	Formicidae	<i>Piper marginatum</i>	Piperaceae	Hojas y tallo	Letal	CL <sub>50</sub>	-
	<i>Solenopsis saevissima</i>	Formicidae	<i>Piper divaricatum</i>	Piperaceae	Hojas y tallo	Letal	CL <sub>50</sub>	-
	<i>Solenopsis saevissima</i>	Formicidae	<i>Piper callosum</i>	Piperaceae	Hojas y tallo	Letal	CL <sub>50</sub>	-



<i>Linepithema Humile</i>	Formicidae	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
<i>Linepithema Humile</i>	Formicidae	<i>Cinnamomum spp.</i>	Lauraceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
(C. M. Scocco et al., 2012)	Formicidae	<i>Syzygium aromaticum</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
<i>Linepithema Humile</i>	Formicidae	<i>Gaultheria spp.</i>	Ericaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
<i>Linepithema Humile</i>	Formicidae	<i>Mentha spicata</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Subletal	-	Repelencia
(Moreno et al., 2012)	Formicidae	<i>Acmella oleracea</i>	Asteraceae	Partes aéreas	Letal	DL <sub>50</sub>	-
<i>Trigona spinipes</i>	Apidae	<i>Corimbia citriodora</i>	Myrtaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
<i>Trigona spinipes</i>	Apidae	<i>Jatropha curcas</i>	Euphorbiaceae	Semillas	Letal	% mortalidad	-
<i>Trigona spinipes</i>	Apidae	<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
<i>Trigona spinipes</i>	Apidae	<i>Annona squamosa</i>	Annonaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
(Correia-Oliveira et al., 2012)	Apidae	<i>Lippia sidoides</i>	Verbenaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
<i>Trigona spinipes</i>	Apidae	<i>Cymbopogon winterianum</i>	Poaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
<i>Trigona spinipes</i>	Apidae	<i>Sapindus saponaria</i>	Sapindaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
<i>Trigona spinipes</i>	Apidae	<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	Semillas	Letal	% mortalidad	-
<i>Trigona spinipes</i>	Apidae	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
<i>Acromyrmex octospinosus</i>	Formicidae	<i>Trichillia pallida</i>	Meliaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Acromyrmex octospinosus</i>	Formicidae	<i>Rollinia mucosa</i>	Annonaceae	Semillas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
(Boulogne et al., 2012)	Formicidae	<i>Mammea americana</i>	Calophyllaceae	Semillas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Acromyrmex octospinosus</i>	Formicidae	<i>Nerium oleander</i>	Apocynaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Acromyrmex octospinosus</i>	Formicidae	<i>Nicotiana tabacum</i>	Solanaceae	Hojas	Letal y subletal	% mortalidad	Repelencia
<i>Dinarmus basalis</i>	Pteromalidae	<i>Hyptis suaveolens</i>	Lamiaceae	Partes aéreas	Letal y subletal	% mortalidad	Reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos
(Sanon et al., 2011)	Pteromalidae	<i>Hyptis spicigera</i>	Lamiaceae	Partes aéreas	Letal y subletal	% mortalidad	Reducción en parasitismo y reducción en emergencia de individuos

	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Syzygium aromaticum</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
(Guerra et al., 2011)	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Mentha piperita</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Thymus vulgaris</i>	Lamiaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Cymbopogon nardus</i>	Poaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	Formicidae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	N.A.C.P.*	Letal	% mortalidad	-
	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Ferula asafoetida</i>	Apiaceae	Raíz	Letal	CL <sub>30</sub>	-
(Ghasemi et al., 2011)	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae	Hoja	Letal	CL <sub>30</sub>	-
(Defagó et al., 2011)	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	<i>Thymus kotschyanus</i>	Lamiaceae	Hoja	Letal	CL <sub>30</sub>	-
	<i>Cotesia ayeza</i>	Braconidae	<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae	Fruto	Letal	% mortalidad	-
	<i>Trichogramma spp.</i>	Trichogrammatidae	<i>Ruta graveolens</i>	Rutaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
(Barbosa et al., 2011)	<i>Trichogramma spp.</i>	Trichogrammatidae	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Fabaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
	<i>Trichogramma spp.</i>	Trichogrammatidae	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Amaranthaceae	Hojas	Letal	% mortalidad	-
(Hohmann et al., 2010)	<i>Trichogramma pretiosum</i>	Trichogrammatidae	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Semillas	Subletal	-	Reducción en parasitismo
	<i>Trichogramma annulata</i>	Trichogrammatidae	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Semillas	Subletal	-	Reducción en parasitismo
(Abou-Fakhr & McAulane, 2010)	<i>Diglyphus isaea</i>	Eulophidae	<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae	Fruto	Subletal	-	Reducción en parasitismo

\*N.A.C.P.: No aplica, comprado preparado.

Dentro de las experiencias obtenidas y analizadas se registraron 10 familias de himenópteros: Formicidae (n=86 experiencias), Trichogrammatidae (n=37 experiencias), Apidae (n=22 experiencias), Braconidae (n=18 experiencias), Diapriidae (n=6 experiencias), Eulophidae (n=6 experiencias), Vespidae (n=5 experiencias), Mymaridae (n=4 experiencias), Pteromalidae (n=2

experiencias) y Encyrtidae (n=1 experiencia). De esto destaca que con excepción de Formicidae, Apidae y Vespidae (n=113 experiencias en conjunto) el resto de las familias evaluadas (n=74 experiencias) corresponden a especies parasitoides. El detalle de los roles o importancia ecológica de las familias evaluadas, descritas por los autores se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5**  
*Roles ecológicos registrados según familia*

Familia	Rol ecológico registrado	Número de registros
Formicidae (n= 86 registros)	Plaga	62
	Afecta cultivos agrícolas, bosques, animales y/o humanos	15
	Afectan cimientos de edificios	3
	No mencionado	3
	Control biológico (predador)	2
Trichogrammatidae (n= 37 registros)	Especie invasora	1
	Control biológico (parasitoide)	37
Apidae (n= 22 registros)	Polinizador	19
	No mencionado	3
Braconidae (n= 18 registros)	Control biológico (parasitoide)	12
	Control biológico (predador)	3
	Enemigo natural (parasitoide)	3
Diapriidae (n= 6 registros)	Control biológico (parasitoide)	6
Eulophidae (n= 6 registros)	Control biológico (parasitoide)	6
Vespidae (n= 5 registros)	Especie invasora	5
Mymaridae (n= 4 registros)	Control biológico (parasitoide)	4
Pteromalidae (n= 2 registros)	Control biológico (parasitoide)	2
Encyrtidae (n= 1 registro)	Control biológico (parasitoide)	1
<b>TOTAL</b>		<b>187</b>

El rol ecológico mayoritario, descrito por los autores, para Formicidae fue de plaga, pero los otros registros para esta familia también son negativos con

excepción del rol de control biológico. Para Trichogrammatidae, Diapriidae, Eulophidae, Mymaridae, Pteromalidae y Encyrtidae los roles obtenidos fueron de

agente de control biológico. Por su parte, el rol mencionado para Apidae responde al de polinizador. Finalmente, Vespidae fue descrita como especie invasora.

En resumen, Formicidae y Vespidae son descritas como familias con un rol negativo (plagas, especies invasoras u otros) que merecerían algún tipo de control por las consecuencias que pueden tener para el ambiente o actividad humana. Por su parte, Apidae, es descrita de manera positiva por los beneficios de su rol como polinizador; mientras que las otras familias son descritas de manera positiva por los beneficios que se obtienen al usar como agentes de control biológico.

La mayoría de las experiencias (n=72) evaluó únicamente efectos letales, mientras que una parte (n=67) consideró únicamente efectos subletales. Un menor número de experiencias (n=48) estimó una combinación de ambas. Los efectos letales fueron medidos en su mayoría haciendo uso del indicador de porcentaje de mortalidad registrado (n=73). El resto de los indicadores componen menos de la mitad de las experiencias registradas: CL<sub>50</sub> (n=41), DL<sub>50</sub> (n=3), porcentaje de supervivientes (n=3) y TL<sub>50</sub> (n=1). La familia vegetal con mayor número de evaluaciones para el indicador de mortalidad fue Lamiaceae (n=13 experiencias), seguida por Rutaceae (n=8 experiencias) y Piperaceae (n=5 experiencias). Para la primera se obtuvieron porcentajes de mortalidad de hasta 44,4% en *Pheidole megacephala* (Formicidae) para un bioplaguicida basado en *Mentha piperita* en concentración de 5x10<sup>5</sup> ppm luego de 24 h.

Para la segunda familia se registró mortalidad de hasta 83,3% en *Pheidole*

*megacephala* (Formicidae) por la aplicación de un bioplaguicida basado en *Citrus hystrix* en una concentración 5x10<sup>5</sup> ppm luego de 24 h. Finalmente, en Piperaceae ninguna evaluación de mortalidad tuvo resultados significativos para las concentraciones utilizadas.

Para el indicador de CL<sub>50</sub>, la familia vegetal con mayor número de evaluaciones fue Lamiaceae (n=12 experiencias), seguida por Apiaceae (n=5 experiencias), Myrtaceae (n=5 experiencias) y Piperaceae (n=4 experiencias). Para la primera familia se obtuvieron valores de CL<sub>50</sub> variables entre 0,84 µL/L (BPB basado en *Ocimum basilicum*) y 1,04 µL/L (BPB basado en *Zataria multiflora*) en *Habrobracon hebetor* (Braconidae) y de 5,08 µL/L (BPB basado en *Thymus kotschyanus*) para *Apis mellifera* (Apidae).

Asimismo, se obtuvieron CL<sub>50</sub> entre 1% en solución de acetona (BPB basado en *Origanum vulgare*) en *Apis mellifera* y 16,4% en solución de acetona (BPB basado en *Mentha piperita*) en *Trigona hyalinata* (Apidae). En Apiaceae se obtuvieron valores de CL<sub>50</sub> entre 0,14 µL/L (BPB basado en *Prangos ferulacea*) en *Trichogramma embryophagum* (Braconidae) y 3,42 µL/L (BPB basado en *Heracleum persicum*) en *Habrobracon hebetor*. Finalmente, en Myrtaceae se obtuvieron valores de CL<sub>50</sub> entre 1,12 µL/L (BPB basado en *Eucalyptus camaldulensis*) en *H. hebetor* y 3,05 µL/L (BPB basado en *E. camaldulensis*) en *A. mellifera*.

Los efectos subletales con mayor número de experiencias registradas fueron reducción en emergencia de individuos (n=40), reducción en longevidad (n=39) y repelencia (n=27). El resto de los efectos

subletales registrados componen menos de la mitad de las experiencias registradas (n=80). Las familias vegetales con mayor número de experiencias registradas para reducción en emergencia de individuos fueron Lamiaceae (n=11 experiencias) y Meliaceae (n=6 experiencias). Para la primera se obtuvo reducción de emergencia de individuos de hasta 60% en *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) para un BPB basado en *Hyptis suaveolens* en concentración de 1,25 µl/cm<sup>2</sup> y para la segunda de hasta 26,1% en *Trichogramma pretiosum* (Trichogrammatidae) para un BPB basado en *Carapa guianensis* en concentración de 16,3 µL/mL.

Por otro lado, las familias vegetales con mayor número de experiencias registradas para la evaluación en reducción de longevidad fueron Lamiaceae (n=11 experiencias) y Meliaceae (n=6 experiencias). Para Lamiaceae se obtuvo reducción de longevidad de hasta 52,9% en *Trichogramma pretiosum* (Trichogrammatidae) para un BPB basado en *Mentha piperita* en concentración de 4,2 µL/mL y para Meliaceae se obtuvo reducción de longevidad de hasta 62,5% en *Aenasius bambawalei* (Encyrtidae) para un BPB basado en *Azadirachta indica* en concentración de 4,2 µL/mL.

Finalmente, las familias vegetales con mayor número de experiencias registradas para la evaluación para repelencia fueron Lamiaceae (n=8 experiencias) y Rutaceae (n=4 experiencias). Para la primera familia se obtuvo porcentajes de repelencia de hasta 95,6% en *Monomorium pharaonis* (Formicidae) para un BPB basado en *Mentha piperita* en concentración de 5x10<sup>5</sup> ppm y para Rutaceae se obtuvo porcentajes de repelencia de hasta 93,3% en *Tapinoma indicum* (Formicidae) para

un BPB basado en *Citrus hystrix* en concentración de 5x10<sup>5</sup> ppm.

Por tanto, las familias vegetales con mayor número de experiencias registradas para efectos letales fueron Lamiaceae (n=26), Rutaceae (n=11), Myrtaceae (n=9), Piperaceae (n=9) y Asteraceae (n=3). El resto de las familias en conjunto componen menos de la mitad de las experiencias (n=58) registradas para letalidad. Para la evaluación de subletalidad las familias vegetales con mayor número de experiencias registradas fueron Lamiaceae (n=33), Rutaceae (n=14), Meliaceae (n=11) y Myrtaceae (n=9). El resto de las familias en conjunto componen menos de la mitad de las experiencias (n=48) registradas para efectos subletales.

## Discusión

### Especies y partes vegetales utilizadas en BPB

Los BPB basan su acción en ingredientes activos presentes en las plantas, los cuales son metabolitos o compuestos extraídos directamente de una fuente vegetal (Laxmishree & Nandita, 2017). Algunos de los compuestos activos con mayor incidencia alcaloides, polifenoles, fitoesteroles, terpenoides y organosulfurados de origen vegetal (Acheuk et al., 2022). Sin embargo, la presencia y cantidad de compuestos activos variará entre familias e inclusive especies. Para las cinco familias con mayor número de experiencias registradas (Lamiaceae, Rutaceae, Myrtaceae, Piperaceae y Meliaceae que conforman el 55,1% de experiencias registradas) se describió la presencia de terpenos, en su mayoría, seguido por alcaloides, fenoles, y cetonas

(Barbosa et al., 2011; Cardoso et al., 2017; Correia-Oliveira et al., 2012; de Souza et al., 2020; Melo et al., 2020, 2021; Moreira Da Silva et al., 2020; Parreira et al., 2018; Stenger et al., 2021).

La variedad de compuestos bioactivos coincide con resultados previos que indican que Lamiaceae contiene una variedad de terpenos, fenoles (Ramos Da Silva et al., 2021), alcaloides (Hamdi et al., 2021) al igual que en Meliaceae. Para Rutaceae se indica la presencia de diversos compuestos fenólicos (entre ellos flavonoides) y terpenos (Rauf et al., 2014) en especies del género *Citrus* y de alcaloides a lo largo de distintos géneros de la familia (Waterman, 1975). En Myrtaceae se menciona la presencia común de terpenos y fenoles en distintos géneros de la familia (Shah et al., 2021). Finalmente, en Piperaceae se pueden encontrar alcaloides, terpenos y fenoles (Nahak & Sahu, 2011; Sequeda-Castañeda et al., 2015).

Como se mencionó, el efecto plaguicida de los BPB se explica en la actividad de los compuestos bioactivos. Los terpenos, el grupo más diverso de metabolitos en la naturaleza, son investigados arduamente por su uso como ingrediente activo en plaguicidas por sus posibles efectos en letalidad, repelencia e inhibición de desarrollo en insectos (Ninkuu et al., 2021). Por lo anterior, su uso resulta prometedor para el desarrollo de nuevos métodos de control sobre insectos (Yadav & Kant-Upadhyay, 2022). Por otro lado, el uso de alcaloides para control de insectos también resulta atractivo por los efectos letales y subletales demostrados como disminución de apetito, repelencia, pérdida de peso, inhibición de crecimiento, afectación en

materia reproductiva, malformaciones, entre otros (Chowański et al., 2016; Muñoz et al., 2020; Shields et al., 2008). Los fenoles también han sido un grupo tóxico para insectos de relevancia con efectos demostrados en inhibición de crecimiento de insectos (Al-Murmidhi & Anoun Al, 2019; Wu et al., 2015).

Respecto a las partes vegetales utilizadas destacó el uso de partes aéreas, en especial, hojas. La lógica detrás de esto se puede explicar en que las partes aéreas son las más sencillas de recolectar y procesar; además, algunas partes como las hojas están presentes la mayor parte del año (Cardoso-Furlanetto et al., 2012). También, debe reconocerse que los tejidos blandos de plantas, como hojas y flores, contienen mayor riqueza de componentes volátiles y compuestos bioactivos (Pereira et al., 2009), posiblemente por la mayor exposición a ataques de insectos y otros predadores. Adicionalmente, vale mencionar que las semillas destacaron en el número de experiencias en partes aéreas utilizadas. Esto se explica en que algunos compuestos botánicos suelen concentrarse en tejidos con alto contenido nutritivo, tales como semillas y hojas (Shields et al., 2008).

### **Familias himenópteras evaluadas y efectos obtenidos**

Formicidae fue la familia con mayor número de evaluaciones. Esta es posiblemente la familia más importante de insectos en el suelo por su influencia en sus procesos y estructura, además pueden llegar a ser el grupo de insectos más abundantes en bosques tropicales de diversas regiones del mundo (Coleman et al., 2018; Holldobler & Wilson, 1990; Wilson, 1987). Modifican la

estructura del suelo porque generan movimiento de tierras y pueden llegar a ser los principales responsables de esta actividad en zonas desérticas, donde hay baja densidad de otro tipo de fauna de suelo como lombrices (Coleman et al., 2018; Whitford, 2000). Sin embargo, algunos géneros pueden considerarse como plagas, por su naturaleza fitófaga, que causan problemas y pérdidas en la agricultura (Melo et al., 2021; Ribeiro et al., 2012; Zanetti et al., 2008).

Por ello, el uso de bioplaguicidas estaría enfocado a repelerlos o eliminarlos como se observó en los resultados obtenidos para evitar consecuencias negativas de su actividad. El uso de BPB se configura como una nueva alternativa de control que busca reemplazar el uso de plaguicidas sintéticos y ser más efectivos que los agentes de control biológico disponible para esta familia (Castaño-Quintana et al., 2013; Gomes et al., 2016; Lobo-Echeverri et al., 2016). En menor medida se menciona su rol como predador de otros invertebrados y fitófagos como algunas especies de coleópteros, ácaros, lepidópteros y dípteros (J Capinera, 2001; Coleman et al., 2018; Edde, 2021; Forsythe, 1982; Wilson, 1987).

Respecto a la familia Apidae, su rol más conocido y de mayor beneficio para la humanidad, de polinizador, coincide con la apreciación de los autores de los estudios evaluados (Bağ-Badowska et al., 2019; Vrabcová & Hájek, 2020). Su capacidad de polinizar un gran número de especies vuelve a los individuos de esta familia el grupo más importante económicamente y efectivo, de polinizadores (Kremen et al., 2007; Matias et al., 2017). Por otro lado, y en menor medida, su importancia económica y cultural también recae

en sus productos derivados (como miel, propóleo, otros) y actividades de recreación, como el apiturismo (Vrabcová & Hájek, 2020). También, algunas especies pueden ser utilizadas como indicadores de calidad de ecosistemas por poseer una alta sensibilidad ante cambios y perturbaciones ambientales (Chilito-Rodríguez et al., 2021). La evaluación de mortalidad y repelencia se explica en que son consideradas especies no objetivos en el uso de plaguicidas y el uso de BPB podría tener efectos no deseados sobre esta familia (Moreira Da Silva et al., 2020; Santos et al., 2018), pero, también podría buscarse causar repelencia, de manera controlada, con BPB para mantenerlas alejadas de zonas tratadas con insecticidas clásicos (Naik et al., 2014).

Por el lado de Vespidae todas las evaluaciones indicaron que son especies invasoras por lo que pueden afectar ecosistemas naturales e interferir actividades económicas, por lo que se evalúa el uso de métodos de control que superen las desventajas del uso de plaguicidas sintéticos (Buteler et al., 2016). Además, esta familia puede incidir negativamente en el desarrollo de polinizadores, como los ápidos, teniendo repercusiones negativas ecológica y económicamente (Alaniz et al., 2021). Sin embargo, de igual manera debe mencionarse que en algunas ocasiones los vespídeos pueden ser predadores de especies consideradas plagas y, además, polinizadores de algunas especies vegetales de importancia alimenticia (Dingha et al., 2021; Griffin et al., 2022; Saleh et al., 2021; Scherr & Jamieson, 2021; Souza et al., 2013; Teixeira et al., 2022)

Finalmente, el gran número de evaluaciones en las especies consideradas

como controladores biológicos (parasitoides) del orden Hymenóptera se explicaría en que estas juegan un rol importante como agentes de control biológico ayudando a regular las poblaciones de insectos herbívoros tales como los de especies de Lepidóptera, Coleóptera, Díptera y Symphyta (Campos, 2001; Capinera, 2005; Ruiz-Guerra et al., 2015). Asimismo, son bioindicadores de presencia de poblaciones de insectos fitófagos (Peris-Felipo & Jimenez-Peydro, 2011). Se menciona que su importancia ha aumentado hace unos años por los beneficios que mostrarían en el control de plagas para una transición hacia una agricultura sostenible, que se basa en el uso no intensivo de plaguicidas químicos (Garí et al., 2006; Ghahari et al., 2010). Pero estos agentes por si solos son insuficientes (Anjum et al., 2015) por lo que normalmente se usan en combinación con plaguicidas.

Sin embargo, el uso de plaguicidas sintéticos puede afectarlos, inclusive letalmente, y siendo estos unos de los grupos más importantes ecológicamente y su pérdida tendría efectos devastadores en la estabilidad y balance ecológico (La Salle & Gauld, 1992). Por ello se indica que el uso de BPB puede ser una mejor opción, sobre plaguicidas convencionales, para realizar un manejo integrado de plagas, por lo que se necesita conocer sus efectos en agentes de control biológico (Parreira et al., 2018). Esto explicaría la recurrencia de evaluar efectos subletales tales como reducción en parasitismo sobre otras especies, en emergencia de individuos, en fecundidad y en longevidad.

Los efectos letales de BPB han sido reportados en estudios de revisión

previos (Mtei & Ndakidemi, 2016) demostrando que a pesar de su naturaleza vegetal pueden tener efectos tóxicos sobre distintas especies de insectos. Además, de manera específica, existen experiencias que reportan efectos sobre la mortalidad de hormigas cuando se usan distintos BPB basados en especies de Euphorbiaceae en concentraciones de hasta 2,5 mg/ml (Bigi et al., 2004). También existe evidencia, en ensayos de ingesta de BPB basados en una especie de la familia Meliaceae, respecto a la disminución en probabilidad de supervivencia en abejas llegando hasta 25% en concentración de 480 mg/L de BPB (Lopes-Amaral et al., 2016) y en otros BPB basados en otras familias vegetales (Xavier et al., 2015). No se encontraron estudios que evalúen mortalidad para véspidos, coincidiendo con los resultados obtenidos en el presente estudio donde solo se registraron efectos subletales para esta familia. Asimismo, para especies parasitoides existe evidencia sólida de mortalidad causada por BPB obtenidos de Meliaceae, Solanaceae (Rezaei et al., 2019), Asteraceae (Tunca et al., 2014) y Myrtaceae (Benelli et al., 2013) en braconidos; de Piperaceae en especies de Pteromalidae (Gowton et al., 2020); de Lamiaceae en especies de la familia Diapriidae (Trombin de Souza et al., 2021), entre otros, confirmando la posibilidad de tener efectos letales en esta población por el uso de BPB. De manera similar, se reportan efectos letales para otros insectos por el uso de BPB (Mollah et al., 2013; Simmonds et al., 2002).

Respecto a los efectos subletales, la importancia de medirlos, se explica en que influyen y son indicadores de la medida en que se afecta la capacidad de especies de establecer poblaciones, reproducirse, expandir poblaciones,



de ejercer control biológico sobre enemigos naturales, entre otros (Mtei & Ndakidemi, 2016). Esto sirve para conocer los efectos no deseados, como reducción en emergencia y parasitismo, que pudieran tener sobre ciertas especies de himenópteros, en especial parasitoides, donde se busca la mayor disponibilidad y funcionamiento de estos para asegurar un correcto manejo integrado de plagas. De igual manera, sirve para tener medida de que efectivo es algún efecto subletal, como repelencia, en el control de especies no deseadas de himenópteros, como hormigas.

Existe evidencia (Tunca et al., 2014), alineada a los resultados obtenidos en esta investigación de que BPB basados en especies de la familia Meliaceae y Asteraceae pueden afectar negativamente la emergencia de individuos reduciéndola hasta en 20% aproximadamente (en comparación con controles). Asimismo, se ha reportado en estudios previos, en otros insectos, efectos negativos sobre la longevidad de individuos (Lazarević et al., 2020). Estos efectos pueden incidir en la continuidad generacional de especies utilizadas para control biológico y en la duración, y por ende aprovechamiento del trabajo, de distintas generaciones. De igual manera, estudios previos han reportado, de manera alineada a los resultados de esta investigación, la reducción de parasitismo en especies de Trichogrammatidae por el uso de BPB basado en una especie de Meliaceae (El-Wakeil et al., 2007), en especies de Aphelinidae por el uso de BPB basados en Asteraceae (Simmonds et al., 2002) y otros. Lo anterior influye directamente en los resultados respecto a la función de parasitoides cuando se usan estas especies para control biológico de plagas.

Finalmente, los resultados de la investigación indican la existencia de efectos repelentes de BPB sobre himenópteros. Esto se alinea a investigaciones previas, de BPB basados en especies de Meliaceae, sobre especies del género Hymenoptera (Tunca et al., 2014). De manera específica, existe evidencia del poder repelente sobre hormigas (Formicidae) de BPB basados en Lamiaceae (Appel et al., 2004), Myrtaceae (Kafle & Shih, 2013) y otras familias (Chen et al., 2008; Scocco et al., 2011; Scocco et al., 2012).

### Conclusiones

Los BPB son una opción atractiva para el control de especies no deseadas o para su uso en manejo integrado de plagas junto al control biológico. Su acción está basada en la presencia de metabolitos secundarios con efectos, letales y subletales, probados sobre insectos. De la diversidad de familias vegetales utilizadas para la fabricación de BPB halladas en el presente estudio algunas pueden tener mayor concentración de un metabolito de interés, justificando de esta manera la elección de una u otra familia vegetal. Asimismo, la preferencia de uso de familias podría explicarse en la presencia y distribución de estas en las regiones de estudios.

Además, la mayoría de las experiencias utilizaron partes aéreas, en especial hojas, para la fabricación de BPB, posiblemente por la facilidad de obtención de estas (en comparación con partes subterráneas) y su presencia casi anual (en comparación con frutos o flores). También, la elección de una parte vegetal podría estar influida por la mayor presencia de metabolitos en zonas de alto contenido

nutritivo como hojas o semillas. Por su parte, la familia animal con mayor número de experiencias registradas fue Formicidae a la cual los autores la calificaron, mayoritariamente, como plaga, lo que demuestra la necesidad de encontrar métodos de control superiores al uso de plaguicidas sintéticos y a sus efectos negativos. Lo mismo aplica para vespidos. De igual manera, destacó la gran variedad de parasitoides evaluados, lo que indica que se buscan nuevos métodos de manejo integrado de plagas que incluya parasitoides y plaguicidas no nocivos hacia ellos.

Adicionalmente, se halló que el enfoque de evaluación en ápidos fue de protección. Finalmente, respecto a los efectos hallados, el indicador de letalidad

más concurrente fue el porcentaje de mortalidad, seguido por  $CL_{50}$ . En base a la importancia observada de las distintas familias, se puede concluir que es importante conocer hasta que nivel se verán afectadas las especies no objetivo y que mortalidad podemos obtener si se desea controlar poblaciones negativas para cultivos. Mientras que, por el lado de efectos subletales, los indicadores más utilizados fueron reducción en emergencia de individuos, reducción en longevidad y repelencia. Esto permite conocer cómo una propuesta de elemento para manejo integrado de plagas podría afectar la continuidad generacional de especies de control biológico, en referencia a los parasitoides. Asimismo, se debe conocer en qué grado pueden repelerse especies objetivas como hormigas, avispas y abejas.

## Referencias

- Abou-Fakhr, E., y McAuslane, H. (2010). Effect of *Melia azedarach* L. extract on *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) and its biocontrol agent *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8(3-4 Part 2), 1247–1252.
- Acheuk, F., Basiouni, S., Shehata, A. A., Dick, K., Hajri, H., Lasram, S., Yilmaz, M., Emekci, M., Tsiamis, G., Spona-Friedl, M., May-Simera, H., Eisenreich, W., & Ntougias, S. (2022). Status and prospects of botanical biopesticides in Europe and Mediterranean Countries. *Biomolecules*, 12(2), 311. <https://doi.org/10.3390/biom12020311>
- Addesso, K. M., Oliver, J. B., O’Neal, P. A., & Youssef, N. (2017). Efficacy of Nootka oil as a biopesticide for management of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(4), 1547–1555. <https://doi.org/10.1093/jee/tox114>
- Ahmadpour, R., Rafiee-Dastjerdi, H., Naseri, B., Hassanpour, M., Ebadollahi, A., & Mahdavi, V. (2021). Lethal and sublethal toxicity of some plant-derived essential oils in ectoparasitoid wasp, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(1), 601–610. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00247-z>

- Al-Murmidhi, M.A.F. & Anoun, A. M. (2019). The toxicity of phenolic compounds to some plants in the cumulative loss of the adult stages of domestic flies. *Musca domestica* (Diptera:Muscidae). *Journal of Physics: Conference Series*, 1294(6). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1294/6/062009>
- Alaniz, A. J., Carvajal, M. A., & Vergara, P. M. (2021). Giants are coming? Predicting the potential spread and impacts of the giant Asian hornet (*Vespa mandarinia*, Hymenoptera:Vespidae) in the USA. *Pest Management Science*, 77(1), 104–112. <https://doi.org/10.1002/PS.6063>
- Alaux, C., Kemper, N., Kretzschmar, A., & Le Conte, Y. (2012). Brain, physiological and behavioral modulation induced by immune stimulation in honeybees (*Apis mellifera*): a potential mediator of social immunity? *Brain, Behavior, and Immunity*, 26(7), 1057–1060. <https://doi.org/10.1016/J.BBI.2012.04.004>
- Ali, A., Chen, J., & Khan, I. (2022). Toxicity and repellency of *Magnolia grandiflora* seed essential oil and selected pure compounds against the workers of hybrid imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 115(2), 412–416. <https://doi.org/10.1093/jee/toab262>
- Anjum, S. I., Ayaz, S., Shah, A. H., Khan, S., & Khan, S. N. (2015). Controlling honeybee pathogen by using neem and Barbaka plant extracts. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 29(5), 901–906. <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1051493>
- Appel, A. G., Gehret, M. J., & Tanley, M. J. (2004). Repellency and toxicity of mint oil granules to red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 575–580. <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.575>
- Asadi, M., Rafiee-Dastjerdi, H., Nouri-Ganbalani, G., Naseri, B., y Hassanpour, M. (2019). Insecticidal activity of isolated essential oils from three medicinal plants on the biological control agent, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *Acta Biologica Szegediensis*, 63(1), 63–68. <https://doi.org/10.14232/abs.2019.1.63-68>
- Badshah, H., Ullah, F., Calatayud, P. A., Ullah, H., & Ahmad, B. (2017). Can toxicants used against cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* be compatible with an encyrtid parasitoid *Aenasius bambawalei* under laboratory conditions? *Environmental Science and Pollution Research*, 24(6), 5857–5867. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8293-6>
- Bąk-Badowska, J., Żeber-Dzikowska, I., Gworek, B., Kacprzyk, W., & Chmielewski, J. (2019). The role and significance of stingless bees (Hymenoptera: Apiformes: Meliponini) in the natural environment. *Environmental*

- Protection and Natural Resources*, 30(2(80)), 1–5. <https://doi.org/10.2478/oszn-2019-0005>
- Balafoutis, A., Beck, B., Fountas, S., Vangeyte, J., Van Der Wal, T., Soto, I., Gómez-Barbero, M., Barnes, A., y Eory, V. (2017). Precision agriculture technologies positively contributing to ghg emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*, 9(8), 1–28. <https://doi.org/10.3390/su9081339>
- Barbosa, F. S., Leite, G. L. D., Alves, S. M., Nascimento, A. F., D'Ávila, V. A., y da Costa, C. A. (2011). Insecticide effects of *Ruta graveolens*, *Copaifera langsdorffii* and *Chenopodium ambrosioides* against pests and natural enemies in commercial tomato plantation. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 33(1), 37–43. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.5900>
- Benelli, G., Canale, A., Flamini, G., Cioni, P. L., Demi, F., Ceccarini, L., Macchia, M., & Conti, B. (2013). Biototoxicity of *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae) essential oil against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae), and its parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Industrial Crops and Products*, 50, 596–603. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.006>
- Bernard, K., Groden, E., y Drummond, F. A. (2020). Evaluation of four plant extract repellents for management of the European Red Ant *Myrmica rubra* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(4), 1609–1617. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa091>
- Bernardi, D., Ribeiro, L., Andreatza, F., Neitzke, C., Oliveira, E. E., Botton, M., Nava, D. E., & Vendramim, J. D. (2017). Potential use of *Annona* by products to control *Drosophila suzukii* and toxicity to its parasitoid *Trichopria anastrephae*. *Industrial Crops and Products*, 110, 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.004>
- Bigi, M. F. M. A., Torkomian, V. L. V., De Groote, S. T. C. S., Hebling, M. J. A., Bueno, O. C., Pagnocca, F. C., Fernandes, J. B., Vieira, P. C., & Da Silva, M. F. G. F. (2004). Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus*. *Pest Management Science*, 60(9), 933–938. <https://doi.org/10.1002/ps.892>
- Borges, S., Alkassab, A. T., Collison, E., Hinarejos, S., Jones, B., McVey, E., Roessink, I., Steeger, T., Sultan, M., & Wassenberg, J. (2021). Overview of the testing and assessment of effects of microbial pesticides on bees: strengths, challenges and perspectives. *Apidologie*, 52(6), 1256–1277. <https://doi.org/10.1007/s13592-021-00900-7>
- Boulogne, I., Germosen-Robineau, L., Ozier-Lafontaine, H., Jacoby-Koaly, C., Aurela, L., & Loranger-Merciris, G. (2012). *Acromyrmex*

- octospinosus* (Hymenoptera: Formicidae) management. Part 1: Effects of TRAMIL's insecticidal plant extracts. *Pest Management Science*, 68(2), 313–320. <https://doi.org/10.1002/ps.2267>
- Bula, A. (2020). *Importancia de la agricultura en el desarrollo socio-económico*. <https://observatorio.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/08/Importancia-de-la-agricultura-en-el-desarrollo-socio-económico.pdf>
- Buteler, M., Lozada, M., D'Adamo, P., Melo, R. A. L., & Stadler, T. (2016). Behavioural responses of *Vespula germanica* (Hymenoptera: Vespidae) wasps exposed to essential oils. *Austral Entomology*, 55(3), 308–315. <https://doi.org/10.1111/aen.12187>
- Campos, D. (2001). Lista de los géneros de avispas parasitoides Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) de la región neotropical. *Biota Colombiana*, 2(3), 193–232. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/100>
- Capinera, J. (2001). Handbook of Vegetable Pests. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-158861-8.X5000-5>
- Capinera, J. (2005). Encyclopedia of entomology - Volume 4 (S - Z). In John Capinera y University of Florida (Eds.), *Choice Reviews Online* (2<sup>nd</sup> ed., Vol. 42, Issue 08). Springer. <https://doi.org/10.5860/choice.42-4375>
- Cardoso, D. N., Silva, A. R. R., Cruz, A., Lourenço, J., Neves, J., Malheiro, C., Mendo, S., Soares, A. M. V. M., & Loureiro, S. (2017). The comet assay in *Folsomia candida*: A suitable approach to assess genotoxicity in collembolans. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(9), 2514–2520. <https://doi.org/10.1002/etc.3795>
- Cardoso-Furlanetto, P., Caroline Novakowski, G., & Antonio Correa, E. (2012). Folk medicine in Mandaguaçu municipality, Paraná State: an ethnobotanical approach. *Acta Scientiarum. Biological Sciences Maringá*, 34(4), 463–471. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v34i4.9306>
- Castaño-Quintana, K., Montoya-Lerma, J., y Giraldo-Echeverri, C. (2013). Toxicity of foliage extracts of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) on *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) workers. *Industrial Crops and Products*, 44, 391–395. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.039>
- Chen, J., Cantrell, C., Duke, S., & Allen, M. (2008). Repellency of callicarpal and intermedeol against workers of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 101(2), 265–271. <https://doi.org/10.1093/JEE/101.2.265>
- Chilito-Rodríguez, E. P., Henao-Bañol, E., Velasquez-Valencia, A., & Parra-Olarte, M. (2021). Abejas Euglossinas (Apidae: Euglossini):

- un enfoque de conservación e importancia ecológica. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 6224–6245. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-110>
- Chowański, S., Adamski, Z., Marciniak, P., Rosiński, G., Büyükgüzel, E., Büyükgüzel, K., Falabella, P., Scrano, L., Ventrella, E., Lelario, F., & Bufo, S. A. (2016). A Review of bioinsecticidal activity of solanaceae alkaloids. *Toxins*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/TOXINS8030060>
- Coleman, D., Callaham, M., & Crossley, D. (2018). *Fundamentals of Soil Ecology* (3<sup>rd</sup> ed.). Elsevier.
- Correia-Oliveira, M. E., Poderoso, J. C. M., Ferreira, A. F., De Olinda, R. A., & Ribeiro, G. T. (2012). Impact of aqueous plant extracts on *Trigona spinipes* (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology*, 59(3), 849–858.
- da Silva, I. M., Zanuncio, J. C., Brügger, B. P., Soares, M. A., Zanuncio, A. J. V., Wilcken, C. F., Tavares, W. S., Serrão, J. E., & Sedyama, C. S. (2020). Selectivity of the botanical compounds to the pollinators *Apis mellifera* and *Trigona hyalinata* (Hymenoptera: Apidae). *Scientific Reports*, 10(1), 4820. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61469-2>
- de Souza, M., de Souza, M., Bernardi, D., Krinski, D., de Melo, D., da Costa Oliveira, D., Rakes, M., Zarbin, P., de Noronha Sales Maia, B., & Zawadneak, M. (2020). Chemical composition of essential oils of selected species of *Piper* and their insecticidal activity against *Drosophila suzukii* and *Trichopria anastrephae*. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13056–13065. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07871-9>
- Defagó, M. T., Dumón, A., Avalos, D. S., Palacios, S. M., & Valladares, G. (2011). Effects of *Melia azedarach* extract on *Cotesia ayerza*, parasitoid of the alfalfa defoliator *Colias lesbia*. *Biological Control*, 57(2), 75–78. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.01.002>
- Dingha, B. N., Omaliko, P. C., Amoah, B. A., Jackai, L. E., & Shrestha, D. (2021). Evaluation of cowpea (*Vigna unguiculata*) in an intercropping system as pollinator enhancer for increased crop yield. *Sustainability*, 13(17), 9612. <https://doi.org/10.3390/SU13179612>
- Dudley, N., & Alexander, S. (2017). Agriculture and biodiversity: a review. *Biodiversity*, 18(2–3), 45–49. <https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892>
- Edde, P. A. (2021). *Field crop arthropod pests of economic importance*. Academic Press.
- El-Wakeil, N., Gaafar, N., & Vidal, S. (2007). Side effect of some Neem products on natural enemies of *Helicoverpa* (*Trichogramma* spp.) and *Chrysoperla carnea*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 39(6), 445–455. <https://doi.org/10.1080/03235400500356160>

- Elias, S.A. (2021). Imperiled Invertebrates: Introduction and Overview. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. In DellaSala, D. y Goldstein, M. (eds.) *Imperiled: The Encyclopedia of Conservation*. (pp. 339-354). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821139-7.00075-1>
- FAO. (2005). *Agricultura y dialogo de culturas. Nuestro patrimonio comun*. [https://agris.fao.org/agris-search/search.ojsessionid=5BB63D98BDF600AF304C13C88DD634E5?request\\_locale=esyrecordI-D=XF2006426359ysourceQuery=yquery=ysortField=ysoryOrder=yagrovocString=yadvQuery=ycentStrins=yenableField=](https://agris.fao.org/agris-search/search.ojsessionid=5BB63D98BDF600AF304C13C88DD634E5?request_locale=esyrecordI-D=XF2006426359ysourceQuery=yquery=ysortField=ysoryOrder=yagrovocString=yadvQuery=ycentStrins=yenableField=)
- FAO. (2006). *Agricultura, expansión del comercio y equidad de género*. <https://www.fao.org/3/a0493s/a0493s00.htm#Contents>
- FAO. (2017). *The future of food and agriculture and challenges*.
- FAO. (2018). *The future of food and agriculture*.
- FAO. (2021). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2021. Lograr que los sistemas agroalimentarios sean más resilientes a las perturbaciones y tensiones*. <https://www.fao.org/3/cb4476es/cb4476es.pdf>
- FAO - OMS. (2014). *The international code of conduct on pesticide management: guidelines on highly hazardous pesticides*. [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)
- Fernández, S., & Pujade-Villar, J. (2015). Orden Hymenoptera. *IDE@-SEA*, 59, 1–36. [www.sea-entomologia.org/IDE@](http://www.sea-entomologia.org/IDE@)
- Firake, D., Thubru, D., & Behere, G. (2017). Eco-toxicological risk and impact of pesticides on important parasitoids of cabbage butterflies in cruciferous ecosystem. *Chemosphere*, 168, 372–383. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2016.10.071>
- Forsythe, T. (1982). Feeding Mechanisms of Certain Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *The Coleopterists Bulletin*, 36(1), 26–73. <https://www.jstor.org/stable/4007976>
- Garí, J. V. F., Moscardó, M. T. O., Marí, J. M., Pujade-Villar, J., & Peydró, R. J. (2006). Fenología de los braconidos (Hymenoptera Ichneumonoidea, Braconidae) del Pirineo andorrano. *Pirineos*, 161, 111–132. <https://doi.org/10.3989/PIRINEOS.2006.V161.5>
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., Ceryngier, P., Liira, J., Tscharncke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L. W., Dennis, C., Palmer, C., Oñate, J. J., ... Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>

- Ghahari, H., Fischer, M., Cetin Erdoöan, O., Beyarslan, A., & Ostovan, H. (2010). A contribution to the braconid wasps (Hymenoptera: Braconidae) from the forests of northern Iran. *Linzer Biologische Beiträge*, 41(1), 621–634. [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)
- Ghasemi, V., Moharramipour, S., & Tahmasbi, G. (2011). Biological activity of some plant essential oils against *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), an ectoparasitic mite of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Experimental and Applied Acarology*, 55(2), 147–154. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9457-1>
- Gomes, M. C. A. R., Paula, V. F., Moreira, A. A., Castellani, M. A., & Macedo, G. E. L. (2016). Toxicity of plant extracts from Bahia, Brazil, to *Atta sexdens sexdens* (Hymenoptera: Formicidae) workers. *Sociobiology*, 63(2), 770–776. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i2.936>
- Gouvêa, S. M., Carvalho, G. A., Fidelis, E. G., Ribeiro, A. V., Farias, E. S., & Picanço, M. C. (2019). Effects of paracress (*Acmella oleracea*) extracts on the aphids *Myzus persicae* and *Lipaphis erysimi* and two natural enemies. *Industrial Crops and Products*, 128, 399–404. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.040>
- Gowton, C., Reut, M., yCarrillo, J. (2020). Peppermint essential oil inhibits *Drosophila suzukii* emergence but reduces *Pachycrepoideus vindemmiae* parasitism rates. *Scientific Reports*, 10(1), 9090. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65189-5>
- Griffin, B., Latora, A., Bhattarai, U., & Braman, S. (2022). Knowledge gleaned from the first great Georgia pollinator census. *Journal of Entomological Science*, 57(1), 39–63. <https://doi.org/10.18474/JES21-05>
- Guerra, M. D., Suiter, D. R., & Scocco, C. M. (2011). Topical toxicity of nine essential oils to *Camponotus pennsylvanicus* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 58(2), 419–426.
- Haas, J., Barbosa, L. R., Potrich, M., Lozano, E. R., Vismara, E. S., Baungratz, A. R., & Mazaro, S. M. (2019). Toxicity assessment of plant extracts to *Cleruchoidea noackae* Lin and Huber (Hymenoptera: Mymaridae). *Agroforestry Systems*, 93(4), 1297–1305. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0242-6>
- Hamdi, B., Miri, Y. Ben, Souilah, N., & Amina, B. (2021). Phytochemical constituents of Lamiaceae family. *RHAZES: Green and Applied Chemistry*, 11(2), 71–88.
- Hohmann, C. L., Silva, F. A. C., & de Novaes, T. G. (2010). Selectivity of neem to *Trichogramma pretiosum* riley and *Trichogrammatoidea annulata* De Santis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotropical Entomology*, 39(6), 985–990. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2010000600021>



- Holldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The Ants*. Belknap Press.
- Huang, S., Fu, J. T., Wang, K., Xu, H. H., & Zhang, Z. X. (2016). Insecticidal activity of the methanol extract of *Pronephrium megacuspis* (Thelypteridaceae) and its active component on *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*, 99(4), 634–638. <https://doi.org/10.1653/024.099.0408>
- Isenring, R. (2010). *Pesticides and the loss of biodiversity. How intensive pesticide use affects wildlife populations and species diversity* Written by Richard Isenring. [www.pan-europe.info](http://www.pan-europe.info)
- Kafle, L., & Shih, C. (2013). Toxicity and repellency of compounds from clove (*Syzygium aromaticum*) to red imported fire ants *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Economic Entomology*, 106(1), 131–135. <https://doi.org/10.1603/EC12230>
- Kaur, M., Saraf, I., Kumar, R., Singh, I. P., y Kaur, S. (2021). Biological effects of secondary metabolites of *Inula racemosa* on the parasitoid *Bracon hebetor*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(8), 743–749. <https://doi.org/10.1111/eea.13070>
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D. P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E. E., Greenleaf, S. S., Keitt, T. H., Klein, A. M., Regetz, J., & Ricketts, T. H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4), 299–314. <https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2007.01018.X>
- La Salle, J., & Gauld, I. (1992). Parasitic Hymenoptera and the biodiversity crisis. *REDIA*, 74(3), 315–334. [https://www.researchgate.net/publication/238293079\\_Parasitic\\_Hymenoptera\\_and\\_the\\_biodiversity\\_crisis](https://www.researchgate.net/publication/238293079_Parasitic_Hymenoptera_and_the_biodiversity_crisis)
- Laxmishree, C., & Nandita, S. (2017). Botanical pesticides-a major alternative to chemical pesticides: A review. *International Journal of Life Sciences*, 5(4), 722–729. [www.ijlsci.in](http://www.ijlsci.in)
- Lazarević, J., Jevremović, S., Kostić, I., Kostić, M., Vuleta, A., Jovanović, S. M., & Jovanović, D. Š. (2020). Toxic, oviposition deterrent and oxidative stress effects of *Thymus vulgaris* essential oil against *Acanthoscelides obtectus*. *Insects*, 11(9), 563. <https://doi.org/10.3390/INSECTS11090563>
- Leahy, J., Mendelsohn, M., Kough, J., Jones, R. & Berckes, N. (2014). Chapter 1: Biopesticide Oversight and Registration at the U.S. Environmental Protection Agency. In A. Gross, J. Coats, S. Duke & J. Seiber. *Biopesticides: State of the Art and Future Opportunities* (Vol. 1172, pp. 3–18). American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/bk-2014-1172.ch001>

- Lim, L., & Majid, A. H. A. (2019). Plant derived pesticides (*Citrus hystrix* DC, *Mentha x piperita* L., *Ocimum basilicum* L.) in controlling household ants (*Tapinoma indicum* (f.), *Pheidole megacephala* (f.), *Monomorium pharaonis* (l.)) (Hymenoptera: Formicidae). *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(4), 1321–1342.
- Liu, J., Hua, J., Qu, B., Guo, X., Wang, Y., Shao, M., & Luo, S. (2021). Insecticidal terpenes from the essential oils of *Artemisia nakaii* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase. *Frontiers in Plant Science*, 12, 720816 <https://doi.org/10.3389/FPLS.2021.720816>
- Lobo-Echeverri, T., Salazar, L. C., Hernández, A., & Ortiz-Reyes, A. (2016). Effects of *Capsicum baccatum* and *C. frutescens* against *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus*. *Revista Colombiana de Entomología*, 42(2), 137–145. <https://doi.org/10.25100/socolen.v42i2.6684>
- Lopes Amaral, R., Venzon, M., Martins Filho, S., & Lima, M. A. P. (2016). Does ingestion of neem-contaminated diet cause mortality of honey bee larvae and foragers? *Journal of Apicultural Research*, 54(4), 405–410. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1159821>
- Lu, J., Yang, Y., Zhu, L., Li, M., Xu, W., Zhang, C., Cheng, J., Tao, L., Li, Z., & Zhang, Y. (2022). Exposure to environmental concentrations of natural pyrethrins induces hepatotoxicity: Assessment in HepG2 cell lines and zebrafish models. *Chemosphere*, 288, 132565. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.132565>
- Mallon, E., Brockmann, A., & Schmid-Hempel, P. (2003). Immune response inhibits associative learning in insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1532), 2471. <https://doi.org/10.1098/RSPB.2003.2456>
- Matias, D. M. S., Leventon, J., Rau, A. L., Borgemeister, C., & von Wehrden, H. (2017). A review of ecosystem service benefits from wild bees across social contexts. *Ambio*, 46(4), 456. <https://doi.org/10.1007/S13280-016-0844-Z>
- Mehmood, F., Khan, Z.-U. D., Manzoor, F., & Jamil, M. (2016). Analysis of insect toxicity and repellent activity of phytochemicals from *Skimmia laureola*, Nair against Black garden ant, *Lasius niger* of Pakistan. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 29(3), 789–793.
- Mehmood, F., & Shahzadi, P. (2014). Insect toxicity and repellent activity of phytochemicals from “Flea killer, *Boenninghausenia albiflora*” against “Black garden ant, *Lasius niger*” of Pakistan. *Journal of Bioanalysis and Biomedicine*, 6(1), 6-8.
- Melo, C. R., Blank, A. F., Oliveira, B. M. S., Santos, A. C. C., Cristaldo, P. F., Araújo, A.P.A. & Bacci, L. (2021). Formicidal activity of essential oils of *Myrcia lundiana*

- chemotypes on *Acromyrmex balzani*. *Crop Protection*, 139, 105343. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105343>
- Melo, C. R., Oliveira, B. M. S., Santos, A. C. C., Silva, J. E., Ribeiro, G. T., Blank, A. F., Araújo, A. P. A., & Bacci, L. (2020). Synergistic effect of aromatic plant essential oils on the ant *Acromyrmex balzani* (Hymenoptera: Formicidae) and antifungal activity on its symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus* (Agaricales: Agaricaceae). *Environmental Science and Pollution Research*, 27(14), 17303–17313. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08170-z>
- Membere, O., Bawo, D., Onwuteaka, J., Ugbomeh, A., & Nwosu, O. (2021). Abundance and diversity of insects associated with *Rhizophora mangle* and *Avicennia germinans* in Bundu-Ama mangrove ecosystem of the Niger Delta, Nigeria. *Scientific African*, 14, e01058. <https://doi.org/10.1016/J.SCIAF.2021.E01058>
- Michell, C., Wutke, S., Aranda, M., & Nyman, T. (2021). Genomes of the willow-galling sawflies *Euura lappo* and *Eupontania aestiva* (Hymenoptera: Tenthredinidae): a resource for research on ecological speciation, adaptation, and gall induction. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 11(5), jkab094. <https://doi.org/10.1093/G3JOURNAL/JKAB094>
- Mina, S., Rodríguez, J., & Montoya-Lerma, J. (2018). *Euphorbia cotinifolia* (Euphorbiaceae): a promising alternative for leaf cutting ant *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) control. *Biocontrol Science and Technology*, 28(5), 486–495. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1460315>
- Mollah, M., Rahman, M., y Alam, Z. (2013). Effect of Insecticides on Lady Bird Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in Country Bean Field. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 17(11), 1607–1610. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.17.11.11212>
- Moreira Da Silva, I., Alvarenga Soares, M., De Souza Tavares, W., Dos Santos, A., Serrão, J. E., José Vinha Zanuncio, A., Frederico Wilcken, C., Cola Zanuncio, J., & Sigueyuki-Sediyama, C. (2020). Toxicity of essential oils to *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) and Selectivity to its parasitoid *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(5), 2399–2406. <https://doi.org/10.1093/jee/toaa172>
- Moreno, S.C., Carvalho, G. A., Picanço, M. C., Morais, E. G., & Pereira, R. M. (2012). Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and selectivity to two non-target species. *Pest Management Science*, 68(3), 386–393. <https://doi.org/10.1002/ps.2274>
- Morgan, R. L., Whaley, P., Thayer, K. A., & Schünemann, H. J.

- (2018). Identifying the PECO: A framework for formulating good questions to explore the association of environmental and other exposures with health outcomes. *Environment International*, 121, 1031. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.07.015>
- Mtei, B., & Ndakidemi, K. (2016). Impacts of synthetic and botanical pesticides on beneficial insects. *Agricultural Sciences*, 7, 364–372. <https://doi.org/10.4236/as.2016.76038>
- Muñoz, I., Schilman, P., & Barrozo, R. (2020). Impact of alkaloids in food consumption, metabolism and survival in a blood-sucking insect. *Scientific Reports*, 10, 9443. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65932-y>
- Nahak, G., & Sahu, R. (2011). Phytochemical Evaluation and antioxidant activity of *Piper cubeba* and *Piper nigrum*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(8), 153–157.
- Naik, D. G., Vaidya-Kannur, H., Deshpande, P. V., Dandge, C. N., & Reddy, G. V. P. (2014). Potential use of an essential oil from the flower of *Swertia densifolia* as a repellent for *Apis florea* (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 108(1), 18–25. <https://doi.org/10.1093/aesa/sau005>
- Nava-Perez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Baéz, J., & Vásquez-Montoya, L. (2012). Bioplaguicidas: Una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 17–29.
- Nguyen, B. Van, Hung, N. H., Satyal, P., Dai, D. N., Huong, L. T., Hien, V. T., Hoan, L. C., Vi, L. D. T., & Setzer, W. N. (2022). Chemical composition and pesticidal activity of *Alpinia galanga* (L.) willd. essential oils in Vietnam. *Records of Natural Products*, 16(2), 182–187. <https://doi.org/10.25135/RNP.263.21.05.2074>
- Nicholls, C., & Altieri, M. (2013). Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2), 257–274. <https://doi.org/10.1007/S13593-012-0092-Y>
- Ninkuu, V., Zhang, L., Yan, J., Fu, Z., Yang, T. & Zeng, H. (2021). Biochemistry of terpenes and recent advances in plant protection. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(11), 5710. <https://doi.org/10.3390/IJMS22115710>
- Parreira, D., Alcántara-de la Cruz, R., Leite, G., Ramalho, F., Zanuncio, J., & Serrão, J. (2018). Quantifying the harmful potential of ten essential oils on immature *Trichogramma pretiosum* stages. *Chemosphere*, 199, 670–675. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.083>
- Parreira, D. S., Alcántara-de la Cruz, R., Rodrigues Dimaté, F. A., Batista, L. D., Ribeiro, R. C., Rigueira Ferreira, G. A., & Zanuncio, J. C. (2019). Bioactivity of ten essential

- oils on the biological parameters of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) adults. *Industrial Crops and Products*, 127, 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.063>
- Parreira, D. S., Alcántara-de la Cruz, R., Zanuncio, J. C., Lemes, P. G., da Silva Rolim, G., Barbosa, L. R., Leite, G. L. D., & Serrão, J. E. (2018). Essential oils cause detrimental effects on biological parameters of *Trichogramma galloi* immatures. *Journal of Pest Science*, 91(2), 887–895. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0945-x>
- Pereira, Z. V., Mussury, R. M., de Almeida, A. B., & Sangalli, A. (2009). Medicinal plants used by Ponta Porã community, Mato Grosso do Sul State. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, 31(3), 293–299. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v31i3.3206>
- Peris-Felipo, F., y Jimenez-Peydro, R. (2011). Biodiversity within the subfamily Alyssinae (Hymenoptera, Braconidae) in the Natural Park Peñas de Aya (Spain). *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(3), 406–410. <https://www.scielo.br/j/rbent/a/n6hvdM4Zt5w55nGMcsKmbx/?lang=enyformat=pdf>
- Ramírez, J. A., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 4(2), 67–75.
- Ramos Da Silva, L. R., Ferreira, O. O., Cruz, J. N., De Jesus Pereira Franco, C., Oliveira Dos Anjos, T., Cascaes, M. M., Almeida Da Costa, W., Helena De Aguiar Andrade, E., & Santana De Oliveira, M. (2021). Lamiaceae Essential Oils, Phytochemical Profile, Antioxidant, and Biological Activities. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2021, 6748052. <https://doi.org/10.1155/2021/6748052>
- Ramos, V. M., Leite, R. G. F., Almeida, V. T., Camargo, R. S., Cruz, J. V. S., Leão, R. M., Prado, M. V., & Pereira, M. C. S. (2019). Bioactivity of *Asclepias curassavica*, *Equisetum* spp. and *Rosmarinus officinalis* extracts against leaf-cutting ants. *Sociobiology*, 66(4), 536–544. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v66i4.4271>
- Rauf, A., Uddin, G., & Ali, J. (2014). Phytochemical analysis and radical scavenging profile of juices of *Citrus sinensis*, *Citrus anrantifolia*, and *Citrus limonum*. *Organic and Medicinal Chemistry Letters*, 4(1), 5. <https://doi.org/10.1186/2191-2858-4-5>
- Razmjou, J., Mahdavi, V., Rafiee-Dastjerdi, H., Farhoomand, A., & Molapour, S. (2018). Insecticidal activities of some essential oils against larval ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Crop Protection*, 7(2), 151–159.
- Rezaei, M., Gheibi, M., Hesami, S., & Zohdi, H. (2019). Effect of sub-lethal concentration of Biscaya®,

- Neem Azal®, and Tondexir® on life parameters of *Habrobracon hebetor* say (Hymenoptera: Braconidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 40(1), 119–129. <https://doi.org/10.1007/S42690-019-00060-3>
- Rezaei, M., & Moharramipour, S. (2019). Efficacy of Dayabon®, a botanical pesticide, on different life stages of *Myzus persicae* and its biological control agent, *Aphidius matricariae*. *Journal of Crop Protection*, 8(1), 1–10.
- Ribeiro, L., Santos, M., Gonçalves, G., & Vendramim, J. (2015). Toxicity of an acetogenin-based bioinsecticide against *Diaphorinacitri* (Hemiptera: Liviidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Florida Entomologist*, 98(3), 835–842. <https://doi.org/10.1653/024.098.0304>
- Ribeiro, M. M. R., Amaral, K. D., Seide, V. E., Souza, B. M. R., Della Lucia, T. M. C., Kasuya, M. C. M., & De Souza, D. J. (2012). Diversity of fungi associated with *Attabisphaerica* (Hymenoptera: Formicidae): the activity of *Aspergillus ochraceus* and *Beauveria bassiana*. *Psyche (London)*, 2012, 389806. <https://doi.org/10.1155/2012/389806>
- Richard, F., Aubert, A., & Grozinger, C. (2008). Modulation of social interactions by immune stimulation in honey bee, *Apis mellifera*, workers. *BMC Biology*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1741-7007-6-50/FIGURES/4>
- Ruiz-Guerra, B., López-Acosta, J., Zaldivar-Riverón, A., & Velásquez-Rosas, N. (2015). Revista Mexicana de Biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(1), 164–171. <https://doi.org/10.7550/rmb.43865>
- Saleh, M., Bashir, M. A., Khan, K. A., Mahmood, R., Sarwar, G., Rafiq, K., Khan, M. H., Ghramh, H. A., Ahmad, Z., & Al-Solami, H. M. A. (2021). Onion flowers anthesis and insect pollinators preferences on onion (*Allium cepa* L.) crop. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(3), 2580–2585.
- Salgado-Garciglia, R., Pérez-López, H., García-Munguía, A., & Loeza-Lara, P. (2019). Extractos vegetales : Una fuente importante de compuestos naturales bioplaguicidas. *Alter, Enfoques Críticos*, 10(20), 17-27.
- Sanon, A., Ba, M. N., Dabiré, L. C. B., Nébié, R. C. H., & Monge, J. P. (2011). Side effects of grain protectants on biological control agents: How *Hyptis* plant extracts affect parasitism and larval development of *Dinarmus basalis*. *Phytoparasitica*, 39(3), 215–222. <https://doi.org/10.1007/s12600-011-0162-8>
- Santos, A. C. C., Cristaldo, P. F., Araújo, A. P. A., Melo, C. R., Lima, A. P. S., Santana, E. D. R., de Oliveira, B. M. S., Oliveira, J. W. S., Vieira, J. S., Blank, A. F., Blank, A. F., & Bacci, L. (2018). *Apis mellifera* (Insecta: Hymenoptera) in the target of neonicotinoids: A one-way ticket? Bioinsecticides can be an alternative. *Ecotoxicology*

- and Environmental Safety*, 163, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.048>
- Scherr, K. D., & Jamieson, M. A. (2021). Abiotic and biotic drivers of strawberry productivity across a rural-urban gradient. *Basic and Applied Ecology*, 57, 65–77. <https://doi.org/10.1016/J.BAAE.2021.09.007>
- Schowalter, T., Noriega, J., & Tschardtke, T. (2018). Insect effects on ecosystem services—Introduction. *Basic and Applied Ecology*, 26, 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.BAAE.2017.09.011>
- Scocco, C., Guerra, M. D., Suiter, D. R., & Scocco, C. M. (2011). Topical toxicity of nine essential oils to *Camponotus pennsylvanicus* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 58(2), 419–426. <https://www.researchgate.net/publication/268448416>
- Scocco, C. M., Suiter, D. R., & Gardner, W. A. (2012). Repellency of five essential oils to *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Entomological Science*, 47(2), 150–159. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-47.2.150>
- Seixas, P. T. L., Demuner, A. J., Alvarenga, E. S., Barbosa, L. C. A., Marques, A., Farias, E. S., & Picanço, M. C. (2018). Bioactivity of essential oils from *Artemisia* against *Diaphania hyalinata* and its selectivity to beneficial insects. *Scientia Agricola*, 75(6), 519–525. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0461>
- Sequeda-Castañeda, L., Célis, C., Gutiérrez, S., & Gamboa, F. (2015). *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae): Phytochemical, therapeutic, botanical insecticidal and phytosanitary uses. *Pharmacologyonline*, 3, 136–145.
- Shah, S., Khan, S., Mukaram, S., Khan, S., Khatak, L., & Rukh, G. (2021). Ethnoecological appraisal, mineral and phytochemical analysis of five species of Myrtaceae in University Campus. *Pure Applied Biology*, 10(1), 244–252. <https://doi.org/10.19045/bspab.2021.100025>
- Shields, V., Smith, K., Arnold, N., Gordon, I., Shaw, T., & Waranch, D. (2008). The effect of varying alkaloid concentrations on the feeding behavior of gypsy moth larvae, *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae). *Arthropod-Plant Interactions*, 2(2), 101. <https://doi.org/10.1007/S11829-008-9035-6>
- Simmonds, M. S. J., Manlove, J. D., Blaney, W. M., & Khambay, B. P. S. (2002). Effects of selected botanical insecticides on the behaviour and mortality of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 102(1), 39–47. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00923.x>
- Sombra, K. E. S., Pastori, P. L., de Aguiar, C. V. S., André, T. P. P., de Oliveira, S. J., Barbosa, M. G., & Pratisoli, D.

- (2022). Selectivity of essential oils to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Revista Ciencia Agronomica*, 53. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220022>
- Souto, R. N. P., Harada, A. Y., Andrade, E. H. A., & Maia, J. G. S. (2012). Insecticidal Activity of Piper essential oils from the amazon against the fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 41(6), 510–517. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0080-6>
- Souza, G. K., Pikart, T. G., Jacques, G. C., Castro, A. A., Souza, M. M. De, Serrão, J. E., & Zanuncio, J. C. (2013). Social wasps on *Eugenia uniflora* Linnaeus (Myrtaceae) plants in the urban area of Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. *Sociobiology*, 60(2), 204–209. <https://doi.org/10.13102/SOCIOBIOLOGY.V60I2.204-209>
- Stenger, L. D., Abati, R., Pawlak, I. G., Varpechoski, G. O., De Souza Vismara, E., Barbosa, L. R., Wagner Júnior, A., Lozano, E. R., & Potrich, M. (2021). Toxicity of essential oil of *Eugenia uniflora* (L.) to *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) and selectivity to the parasitoid *Cleruchoides noackae* (Linnaeus; Hubert) (Hymenoptera: Mymaridae). *Crop Protection*, 147, 105693 <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105693>
- Sümer Ercan, F., Baş, H., Koç, M., Pandir, D., & Öztemiz, S. (2013). Insecticidal activity of essential oil of *Prangos ferulacea* (Umbelliferae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(6), 719–725. <https://doi.org/10.3906/tar-1211-15>
- Teixeira, G. V. ., De Souza, A. R., Barbosa, W. F., Bernardes, R. C., & Lima, M. A. P. (2022). Chronic exposure to a common biopesticide is detrimental to individuals and colonies of the paper wasp *Polistes versicolor*. *Science of the Total Environment*, 810. 152108. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.152108>
- Trombin de Souza, M., Trombin de Souza, M., Bernardi, D., Oliveira, D. da C., Morais, M. C., de Melo, D. J., Richardi, V. S., Zarbin, P. H. G., & Zawadneak, M. A. C. (2021). Essential oil of *Rosmarinus officinalis* ecotypes and their major compounds: insecticidal and histological assessment against *Drosophila suzukii* and their impact on a nontarget parasitoid. *Journal of Economic Entomology*, 115(4), 955-966. <https://doi.org/10.1093/JEE/TOAB230>
- Tunca, H., Neayet, K., & Azkan, C. (2014). Toxicity and repellent effects of some botanical insecticides on the egg-larval parasitoid *Chelonus oculator* Panzer (Hymenoptera: Braconidae). *Scientific Research and Essays*, 9(5), 106–113. <https://doi.org/10.3906/sci.1405.106>



- org/10.5897/SRE2014.5823
- Ullah, M. I., Arshad, M., Ali, S., Iftikhar, Y., Mahmood, S. U., & Arshad, M. (2016). Effect of thiamethoxam and some botanical extracts on *Cotesia glomerata* L. (Braconidae: Hymenoptera): An endoparasitoid of *Pieris brassicae* (L.) (Pieridae: Lepidoptera). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(3), 545–549.
- USEPA. (1996). Microbial Pesticide Test Guidelines. OPPTS 885.0001. Overview for Microbial Pest Control Agents. In *Prevention, Pesticides and Toxic Substances (7107)*. USEPA.
- USEPA. (2014). Chapter 2: What is a Pesticide. In *Label Review Manual*. USEPA.
- Viertler, A., Klopstein, S., Jouault, C., & Spasojevic, T. (2022). Darwin wasps (Hymenoptera, Ichneumonidae) in Lower Eocene amber from the Paris basin. *Journal of Hymenoptera Research*, 89, 19–45. <https://doi.org/10.3897/JHR.89.80163>
- Vrabcová, P., & Hájek, M. (2020). The economic value of the ecosystem services of beekeeping in the czech republic. *Sustainability*, 12(23), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su122310179>
- Wagan, T. A., Chakira, H., He, Y., Zhao, J., Long, M., & Hua, H. (2016). Repellency of two essential oils to *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*, 99(4), 608–615. <https://doi.org/10.1653/024.099.0404>
- Wang, J., Qiu, X., Zeng, L., & Xu, Y. (2014). Interference of plant essential oils on the foraging behavior of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*, 97(2), 454–460. <https://doi.org/10.1896/054.097.0215>
- Wang, K., Tang, L., Zhang, N., Zhou, Y., Li, W., Li, H., Cheng, D., & Zhang, Z. (2014). Repellent and fumigant activities of *Eucalyptus globulus* and *Artemisia carvifolia* essential oils against *Solenopsis invicta*. *Bulletin of Insectology*, 67(2), 207–211.
- Waterman, P. G. (1975). Alkaloids of the rutaceae: their distribution and systematic significance. *Biochemical Systematics and Ecology*, 3(3), 149–180. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(75\)90019-8](https://doi.org/10.1016/0305-1978(75)90019-8)
- Whitford, W. G. (2000). Keystone arthropods as webmasters in desert ecosystems. In *Invertebrates as webmasters in ecosystems*. (pp. 25–41). CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851993942.0025>
- Wilson, E. O. (1987). Causes of Ecological Success: The Case of the Ants. *The Journal of Animal Ecology*, 56(1), 1–9. <https://doi.org/10.2307/4795>
- Wiwattanawanichakun, P., Saehlee, S., Yooboon, T., Kumrungsee, N., Nobsathian, S., & Bullangpoti, V. (2022). Toxicity of isolated phenolic

- compounds from *Acorus calamus* L. to control *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1), 10. <https://doi.org/10.1186/S40538-021-00274-Z>
- Wu, K., Zhang, J., Zhang, Q., Zhu, S., Shao, Q., Clark, K. D., Liu, Y., & Ling, E. (2015). Plant phenolics are detoxified by prophenoloxidase in the insect gut. *Scientific Reports*, 5, 16823. <https://doi.org/10.1038/SREP16823>
- Xavier, V. M., Message, D., Picanço, M. C., Chediak, M., Santana Júnior, P. A., Ramos, R. S., & Martins, J. C. (2015). Acute toxicity and sublethal effects of botanical insecticides to honey bees. *Journal of Insect Science*, 15(1), 137. <https://doi.org/10.1093/JISESA/IEV110>
- Xie, F., Rizvi, S. A. H., & Zeng, X. (2019). Fumigant toxicity and biochemical properties of ( $\alpha + \beta$ ) thujone and 1, 8-cineole derived from *Seriphidium brevifolium* volatile oil against the red imported fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29(6), 720–727. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2019.04.013>
- Yadav, N., & Kant-Upadhyay, R. (2022). Therapeutic and insecticidal potential of plant terpenes: A review. *International Journal of Green Pharmacy*, 16(1), 14.
- Zanetti, R., Zanuncio, J. C., Souza-Silva, A., Mendonça, L. A., Mattos, J. O. S., & Rizental, M. S. (2008). Efficiency of products for thermonebulization on the control of *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus plantations*. *Ciencia e Agrotecnologia*, 32(4), 1313–1316. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542008000400043>
- Zhang, N., Tang, L., Hu, W., Wang, K., Zhou, Y., Li, H., Huang, C., Chun, J., & Zhang, Z. (2014). Insecticidal, fumigant, and repellent activities of sweet wormwood oil and its individual components against red imported fire ant workers (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Science*, 14(1), 241. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu103>