



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“LOS GEOPROPÓLEOS COMO FUENTES DE PRINCIPIOS
ACTIVOS”**

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICA FARMACÉUTICA BIÓLOGA

PRESENTA:

BEATRIZ GONZÁLEZ CONTRERAS



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX.,

2016.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO

Presidente: M. en C. José Manuel Méndez Stivalet

Vocal: Q. Georgina Artemisa Duarte Lisci

Secretario: Dr. José Fausto Rivero Cruz

1er. Suplente: Dra. Mabel Clara Fragoso Serrano

2do Suplente: Dr. Mario Alberto Figueroa Saldívar

Sitio donde se desarrolló el proyecto:

Laboratorio 111 del Edificio E, Conjunto de la Facultad de Química; UNAM.

Departamento de Farmacia, Ciudad Universitaria; México.

Dr. José Fausto Rivero Cruz

Asesor del tema

González Contreras Beatriz

Sustentante

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, y la Facultad de Química por brindarme el conocimiento y las herramientas necesarias para mi formación académica y profesional.

Al Dr. José Fausto Rivero Cruz por abrirme las puertas de su laboratorio y brindarme la oportunidad de desarrollar el tema de titulación.

A mis sinodales M. en C. José Manuel Méndez Stivalet, Q. Georgina Artemisa Duarte Lisci y desde luego al Dr. José Fausto Rivero Cruz por su tiempo dedicado para la revisión de este trabajo escrito.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por los recursos económicos otorgados al proyecto de Ciencia Básica CB 252006 y al PAIP 5000 9138.



ÍNDICE

I.	Lista de figuras	iii
II.	Lista de cuadros	iv
III.	Lista de abreviaturas	v
1.	Introducción	1
2.	Planteamiento del problema	2
3.	Antecedentes históricos de los propóleos.....	4
4.	Generalidades del propóleo.....	4
4.1	Definición	4
4.2	Descripción	5
4.3	Composición química.....	6
4.4	Principales fuentes vegetales de recolección para la abeja <i>Melipona</i>	7
5.	Generalidades del geopropóleo.....	8
5.1	Definición	8
5.2	Descripción	8
6.	Abejas sin aguijón.....	10
6.1	Antecedentes históricos de las abejas sin aguijón	10
6.2	Taxonomía	11
6.3	Características morfológicas	13
6.4	Clasificación de las abejas <i>Meliponas</i>	14
6.4.1	Reina.....	14
6.4.2	Zánganos	14
6.4.3	Obreras	14
6.5	Ciclo biológico de reproducción de las abejas <i>Meliponas</i>	15
6.6	Hábitos de nidificación de las abejas <i>Meliponas</i>	16



6.6.1 Estructura del nido	17
6.7 Distribución	19
7. Actividad biológica	20
7.1 Actividad antimicrobiana	21
7.2 Actividad antifúngica.	23
7.3 Actividad gastroprotectora	24
7.4 Actividad antiviral	25
7.5 Actividad antitumoral y antiproliferativa.....	26
7.6 Actividad nociceptiva e inflamatoria.	28
7.7 Actividad antioxidante	29
8. Composición química.....	31
9. Importancia de la polinización de las abejas <i>Meliponas</i>	54
9.1 Crisis global en la polinización	54
9.1.2 Efectos del cambio climático en la polinización.....	55
9.2 Situación actual de las abejas <i>Meliponas</i> manejadas para la polinización de cultivos.	56
10. Discusión	58
11. Conclusiones	62
12. Perspectivas.....	63
13. Bibliografía.....	64
14. Referencias electrónicas	71



I. Lista de figuras

Figura 1. Propóleos de diferente origen. Obtenida de: http://www.plantasmedicinales10.com/articulo/beneficios-propoleos.html	5
Figura 2. Composición general de los propóleos (Sharaf et al., 2013).....	6
Figura 3. Muestra de geopropóleo recolectado de abejas <i>M. mandaçaia</i> . Obtenido de: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-688125022-geo-propolis-abelha-mandacaia-1kg-_JM	9
Figura 4. Clasificación taxonómica de las abejas <i>Meliponas</i> de acuerdo a Michener (2000).....	12
Figura 5. Morfología de abeja <i>M. beecheii</i> , (A) reducción en la venación de alas anteriores; (B) Pata posterior; (C) Cabeza con ojos desnudos. Adaptada de https://es.wikipedia.org/wiki/Melipona	13
Figura 6. Diferencias en el tamaño de las celdas de crianza para <i>Meliponas</i> y el género <i>Trigona</i>	16
Figura 7. Tipos de nidos construidos por la abeja <i>Melipona</i> , (A) Nido de abeja <i>M. compressipes</i> imagen tomada de http://www.agriculturesnetwork.org ; (B) Panales de abeja <i>M. quadrifasciata</i> imagen tomada de http://www.agriculturesnetwork.org ; (C) Nido de <i>S. captotrigona mexicana</i> imagen tomada de https://es.pinterest.com	17



Figura 8. Estructura de nidificación de abejas sin aguijón. Disponible en:
http://www.bio.uu.nl/promabos/arbolesmeliferos/Images/nido_jicote.jpg.18

Figura 9. Distribución de abeja *Melipona* en América Latina (Baquero y Stamatti, 2007).....20

Figura 10. Composición general de los geopropóleos (Da Cunha et al., 2013). ...32

II. Lista de cuadros

Cuadro 1. Principales fuentes vegetales de recolección para la abeja *Melipona* y zonas donde predominan (Ghisalberti, 1979; Gardana, 2007). 7

Cuadro 2. Compuestos identificados en geopropóleos brasileños (Bankova, 1998).33

Cuadro 3. Compuestos identificados en muestras de geopropóleos de abejas *Melipona* reportados del 2011 al 2016.....36

Cuadro 4. Compuestos bioactivos identificados en geopropóleos brasileños y su actividad biológica con la que se correlacionan.....41

Cuadro 5. Compuestos relevantes identificados en una muestra de geopropóleo de la especie *M. beecheii* recolectada en Yucatán, México (Pino et al., 2006).45

Cuadro 6. Compuestos volátiles identificados en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz (Garibay-Rodríguez, 2016).47



Lista de abreviaturas

Abreviatura	Significado
CARB	Carboplatino
CAT	Catalasa
COSY	Espectroscopia por correlación
DOX	Doxorrubicina
EEGP	Extracto etanólico de geopropóleo
EEP	Extracto etanólico de propóleo
ESI	Interfaz de ionización por electrospray
GC-MS	Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas
GSH-Px	Glutación peroxidasa
HEp-2	Células de carcinoma laríngeo epidermoide humano
HMBC	Correlación heteronuclear a múltiples enlaces
HMG	Extracto hidrometanólico de geopropóleo
HPLC/DAD	Cromatografía líquida con detector de diodos y fluorescencia
HSQC	Correlación heteronuclear enlace simple
IFN-γ	Interferón gama



Abreviatura	Significado
IFN-δ	Interferón delta
IL-1β	Interleucina 1beta
IPCC	Panel intergubernamental sobre el cambio climático
MS	Espectrometría de masas
MXT	Metotrexato
NO	Óxido nítrico
NP-SH	Grupos sulfidrilo no proteicos
OSA	Osteosarcoma
PGE2	Prostaglandina E2
RMN	Resonancia Magnética nuclear
RMN 1D	Resonancia magnética nuclear 1 dimensiones
RMN 2D	Resonancia magnética nuclear 2 dimensiones
SOD	Superóxido dismutasa
TEM	Microscopía electrónica de transmisión
TNF-α	Factor de necrosis tumoral alfa
U251	Línea celular de glioblastoma humano



Abreviatura	Significado
U343	Línea celular de glioblastoma humano
UV-vis	Espectrometría ultravioleta-visible
VHS-1	Virus herpes simplex 1
VHS-2	Virus herpes simplex 2



1. Introducción

Los propóleos son una fuente de origen natural milenaria ampliamente utilizados en la medicina tradicional. Reconocidos como un recurso fundamental para la salud de millones de personas y con frecuencia subestimada en los servicios de salud. Históricamente, la medicina tradicional se ha utilizado para mantener la salud, prevenir y tratar enfermedades, en particular enfermedades crónicas (OMS, 2013).

El propóleo es considerado una fuente prometedora para la búsqueda de compuestos bioactivos utilizados en el tratamiento o prevención de enfermedades (Chen et al., 2015).

Entre las actividades biológicas demostradas, destaca su actividad: antimicrobiana, antioxidante, antidiabética, antifúngica, antiinflamatoria, antiviral, citotóxica y hepatoprotectora, entre otras (Liberio et al., 2011; Sforcin y Bankova, 2011).

Pero el propóleo no solo figura en la búsqueda de compuestos bioactivos, también ocupa un lugar destacado en la medicina preventiva, debido a la importancia que adquirieron los antioxidantes para la prevención de enfermedades como son: diabetes; aterosclerosis; artritis reumatoide y trastornos cardiovasculares. Las cuales son de gran incidencia en la sociedad moderna.

Su potente capacidad antioxidante le ha permitido ganar espacios en la medicina preventiva (Hertog et al., 1995).



2. Planteamiento del problema

El número de reportes de geopropóleos producidos por abejas *Meliponas*, son pocos comparados con los reportados en propóleos de *Apis mellifera*, por tanto, se requiere de más investigaciones que nos permitan generar evidencia documentada sobre las propiedades farmacológicas y su composición química. Los estudios reportados en los últimos 15 años sobre la composición química de los propóleos de *Apis mellifera* ponen en manifiesto la diversidad de componentes químicos que los conforman y la necesidad por rastrear el origen botánico de las diferentes variedades de propóleo para estandarizarlos y así poder conocer la composición química de cualquier propóleo dependiendo de la región que presente la misma vegetación (Silva et al., 2007).

La diversidad en la composición química que presentan los propóleos de *Apis mellifera* y la poca investigación existente sobre geopropóleos pone en desventaja a los geopropóleos dificultando su estandarización. Así, por el momento, el geopropóleo es visto como recurso natural complejo, prometedor para la búsqueda de compuestos activos con uso en el tratamiento o prevención de enfermedades. Mientras que los propóleos de *Apis mellifera* están a la expectativa para el desarrollo de productos farmacéuticos que contengan compuestos puros. Uno de los ejemplos más destacados es artepillin C, un componente de *B.dracunculifolia* que está a la expectativa por sus propiedades antitumorales (Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013; Salatino et al., 2005).

Los extractos etanólicos de propóleo (EEP) son ampliamente usados en la fabricación de diversos productos tales como: cápsulas antioxidantes, aerosoles para la garganta, ingrediente de grado cosmético, agente antimicrobiano en dentífricos e inclusive la fracción acuosa es utilizada en la industria alimenticia como conservador debido a su actividad antibacteriana (Tosi et al., 2007).



Brasil, es el país con mayor número de estudios sobre geopropóleos además de que posee normas de calidad para productos apícolas. México, en comparación cuenta con pocos estudios sobre propóleos y geopropóleos. En el 2016 se publicó el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-003-SAG/GAN-2016 *“Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento”*. El cual no hace mención de ninguna índole sobre los geopropóleos (Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013).

Partiendo de este marco de referencia se planteó el presente trabajo monográfico de actualización que tiene como objetivo general realizar la revisión bibliográfica exhaustiva de los avances en la identificación de los compuestos químicos y sus propiedades farmacológicas reportadas hasta el momento.



3. Antecedentes históricos de los propóleos

El conocimiento de las propiedades curativas y usos de los propóleos ha sido adquirido empíricamente por el hombre a lo largo del tiempo. Los registros datan de 300 años a. de C, existen registros gráficos que demuestran que los antiguos griegos, romanos, egipcios y persas, ya conocían sobre sus propiedades curativas. A pesar de ser utilizado desde la antigüedad es hasta el siglo XX cuando se da inicio a la investigación sobre su composición química. Después de la segunda guerra mundial, junto con los avances en métodos analíticos cromatográficos se logró la separación y extracción de varios componentes del propóleo. Debido a la popularidad que cobró en la medicina tradicional, se convirtió en objeto de diversos estudios tanto farmacológicos como químicos que ha permitido el desarrollo de diversas áreas como la terapéutica, la farmacología, la farmacéutica y la medicina (Kuropatnicki et al., 2013).

4. Generalidades del propóleo

4.1 Definición

Etimológicamente la palabra propóleo proviene del griego que significa *en defensa de la ciudad o colmena*. Por lo tanto, las abejas utilizan el propóleo para proteger a la colmena de intrusos, sellar las aberturas de la colmena, mantener la temperatura interior de la colmena alrededor de los 35°C y crear un ambiente interno aséptico (Salatino et al., 2005).



4.2 Descripción

El propóleo es el nombre con el que se le conoce a las resinas pegajosas y sustancias balsámicas recolectadas por las abejas *Apis mellifera* a partir de exudados de árboles, flores y plantas mezclado con cera y secreciones salivales para transformarla en un producto de constitución compleja y variable, integrado por al menos 300 compuestos. En la Figura 1 se puede observar que el color puede ser amarillo, verde, marrón claro u oscuro. Algunas muestras tienen una textura dura, friable, mientras que otras pueden tener características de elástico y gomoso (Salatino et al., 2005).



Figura 1. Propóleos de diferente origen. Obtenida de:
<http://www.plantasmedicinales10.com/articulo/beneficios-propoleos.html>.



4.3 Composición química

Varios estudios estiman que la composición del propóleo está conformado por resinas y bálsamos aromáticos en un 55% (entre los cuáles se encuentran flavonoides, flavonas, aldehídos aromáticos, cumarinas y terpenos), las ceras están presente en un 30%, los aceites esenciales en un 10%, y finalmente el polen se encuentra en un 5% (Sharaf et al., 2013).

Su composición química es extremadamente compleja y variable. En la Figura 2 se muestra a grandes rasgos la composición general de los propóleos (Sharaf et al., 2013).



Figura 2. Composición general de los propóleos (Sharaf et al., 2013).



4.4 Principales fuentes vegetales de recolección para la abeja *Melipona*

Hay una gran diversidad de propóleos y en cada región la composición química cambia debido a la fuente botánica. En el Cuadro 1 se muestran las principales fuentes vegetales de recolección para las abejas *Meliponas* y las respectivas zonas donde predominan. Las propiedades biológicas que presentan los propóleos están relacionadas con los componentes que lo constituyen. Siendo éste el argumento por el cual se busca evaluar su calidad (Salatino et al., 2005).

Sin duda el rastreo del origen botánico de las diferentes variedades de propóleo es un enfoque distinto que resulta de vital importancia, ya que proporciona información sobre los compuestos característicos a encontrar en los propóleos de alguna región que presente la misma vegetación (Silva et al., 2007).

Cuadro 1. Principales fuentes vegetales de recolección para la abeja *Melipona* y zonas donde predominan (Ghisalberti, 1979; Gardana, 2007).

Fuente Vegetal	Género	Zona predominante
Álamo:	<i>Populus</i>	Regiones templadas del hemisferio norte.
Sauce:	<i>Salix</i>	Regiones templadas y frías del hemisferio norte.
Olmo:	<i>Ulmus</i>	Mayor parte del hemisferio norte.
Abedul:	<i>Betula</i>	Extendido a lo largo del hemisferio norte particularmente en climas templados y boreales.
Aliso:	<i>Alnus</i>	Distribuido de regiones templadas del norte, con algunas especies en Centroamérica, y en los andes.
Haya:	<i>Fagus</i>	En zonas templadas de Europa, Asia, Norteamérica y coníferas.



5. Generalidades del geopropóleo

5.1 Definición

La palabra propóleo proviene del griego que significa *en defensa de la ciudad o colmena*. Al derivarse de los vocablos griegos “pro” *en frente de, defensa de* y “polis” *ciudad o en este caso colmena* y el prefijo “geo” *tierra* referente a la presencia de tierra o arcilla, característica que lo diferencia de los propóleos (Wagh, 2013).

5.2 Descripción

Los geopropóleos son otro tipo de propóleos que se caracteriza por ser una mezcla de exudados de resinas vegetales, aceites esenciales, polen, ceras, azúcares y suelo (tierra o arcillas). Recolectado por abejas *Meliponas* también conocidas como abejas sin aguijón (Da Silva et al., 2013; Quezada-Euan, 2005; Pereira et al., 2002).

El geopropóleo se diferencia de los propóleos de *Apis mellifera* por la presencia de partículas de tierra o arcilla y la ausencia de tricomas de plantas. Como se observa en la Figura 3 las muestras de geopropóleos en este caso de la abeja *mandacaia*, tiene un mayor contenido de material mineral, por lo tanto, presentan menor maleabilidad cuando se compara con muestras de propóleos (Barth, 2006).

Las ceras presentes en los geopropóleos son diferentes de las ceras que están presentes en los propóleos de abejas *Apis mellifera*, éstas son más suaves, tienen un punto de fusión más bajo, contiene un alto porcentaje de hidrocarburos y un porcentaje menor de ésteres (E.F.L.R.A. Patricio et al., 2002).



Las abejas *Meliponas* recolectan el material vegetal de plantas y flores nativas del lugar, algunas tienen mejor acceso al polen y néctar de las flores que otras. Por lo tanto, su productividad depende de la habilidad en el manejo de las flores y los materiales secretados o exudados por las plantas como son el material lipófilo en hojas, mucilago, gomas y resinas (Da Silva et al., 2013; Freitas et al., 2013).

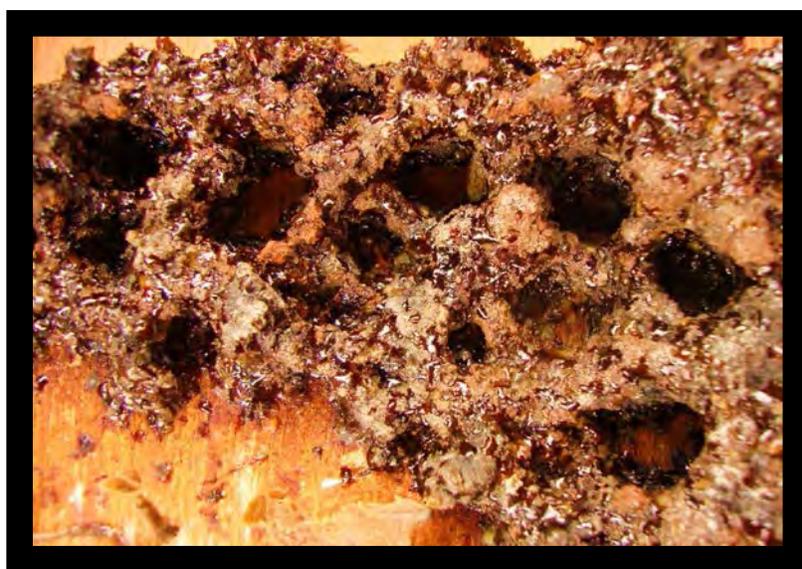


Figura 3. Muestra de geopropóleo recolectado de abejas *M. mandaçaia*. Obtenido de: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-688125022-geo-propolis-abelha-mandacaia-1kg-_JM.

La mezcla de materiales vegetales recolectados, son enriquecidos con enzimas y secreciones salivales que son transportados y almacenados en grandes depósitos dentro de la colmena, donde se utiliza para evitar daños mecánicos; sellar las grietas de la colmena y actúa como un agente termorregulador evitando la exposición a corrientes de aire y la infestación de la colonia (Teixeira et al., 2005; Bankova et al., 2000).



6. Abejas sin aguijón

6.1 Antecedentes históricos de las abejas sin aguijón

Las abejas sin aguijón pueden considerarse un equivalente de lo que han significado las abejas del género *Apis mellifera* en el continente Europeo, Asiático y Africano. La mayor concentración y diversidad de especies se encuentran en la cuenca amazónica en Sudamérica. Esta particularidad ha llevado a plantear la hipótesis de que el origen evolutivo de las abejas sin aguijón pudo haber tenido lugar en esta región del continente americano. Sin embargo, otras hipótesis sugieren que Norteamérica podría ser otro sitio de origen por haberse encontrado el fósil más antiguo de estos insectos *Trigona prisca* o posiblemente en África, donde se han encontrado algunas de las especies más primitivas (Quezada-Euán, 2005).

Existe evidencia de que diversos grupos originarios de América han utilizado a las abejas nativas sin aguijón para la obtención de productos alimenticios, la fabricación de utensilios, con fines medicinales y ornamentales. En muchas culturas su importancia trasciende de la utilidad material para ocupar un espacio simbólico, mítico y cosmogónico (Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013).

Además de la recolección y aprovechamiento de colonias silvestres, se sabe que llegaron a cultivarse por las culturas prehispánicas de Mesoamérica, destacando los antiguos Mayas quienes mediante técnicas avanzadas, relacionadas con el aprovechamiento sistemático de las abejas lograron el crecimiento de las colonias a cifras superiores al número de las colonias que poblaban de forma natural las selvas (Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013).



En 1953 se acuñó por primera vez en Brasil el término “meliponicultura” por Nogueira Neto, para denominar la crianza o cultivo de abejas sin aguijón de la tribu *Melipona*. Aunque, el origen de la meliponicultura mesoamericana se sabe que fue en la península de Yucatán y posteriormente esta práctica se extendió a otras regiones. La sobrevivencia cultural de las abejas sin aguijón entre los Mayas está firmemente apuntalada por su participación y manejo de la herbolaria indígena. Existe un enorme recetario que se ha transmitido oralmente a través de los siglos y los depositarios de este conocimiento ancestral, son los curanderos y las parteras (González-Acereto, 2012).

6.2 Taxonomía

La tribu *Melipona* pertenece al grupo de abejas corbículas de la familia Apidae, subfamilia Apinae y agrupa a todas aquellas abejas que poseen como característica anatómica la ausencia de un aguijón funcional; conocidas como “abejas sin aguijón” (Michener, 2000).

Existe la hipótesis de la separación evolutiva de los tres géneros que conforma la sub familia Apinae como podemos ver en el Figura 4 las abejas *Apini*, *Bombini* y *Melipona* corresponden a la misma subfamilia y las similitudes entre las abejas *A. melliferas* y las abejas *Meliponas* se atribuyen a la convergencia evolutiva, más que de la existencia de un ancestro común (Quezada-Euán, 2005).

En 1948 Schwartz consideraba solamente tres géneros de abejas sin aguijón: *Melipona*, *Lestrimellitini* y *Trigonini*, este último con varios subgéneros.



Actualmente el estatus de los subgéneros de *Trigonini* ha sido modificado elevando algunos subgéneros a género aunque, no hay un acuerdo entre los autores sobre su posición definitiva. Todas las abejas sin aguijón poseen características anatómicas que las ubican dentro de un mismo grupo (Quezada-Euán, 2005).

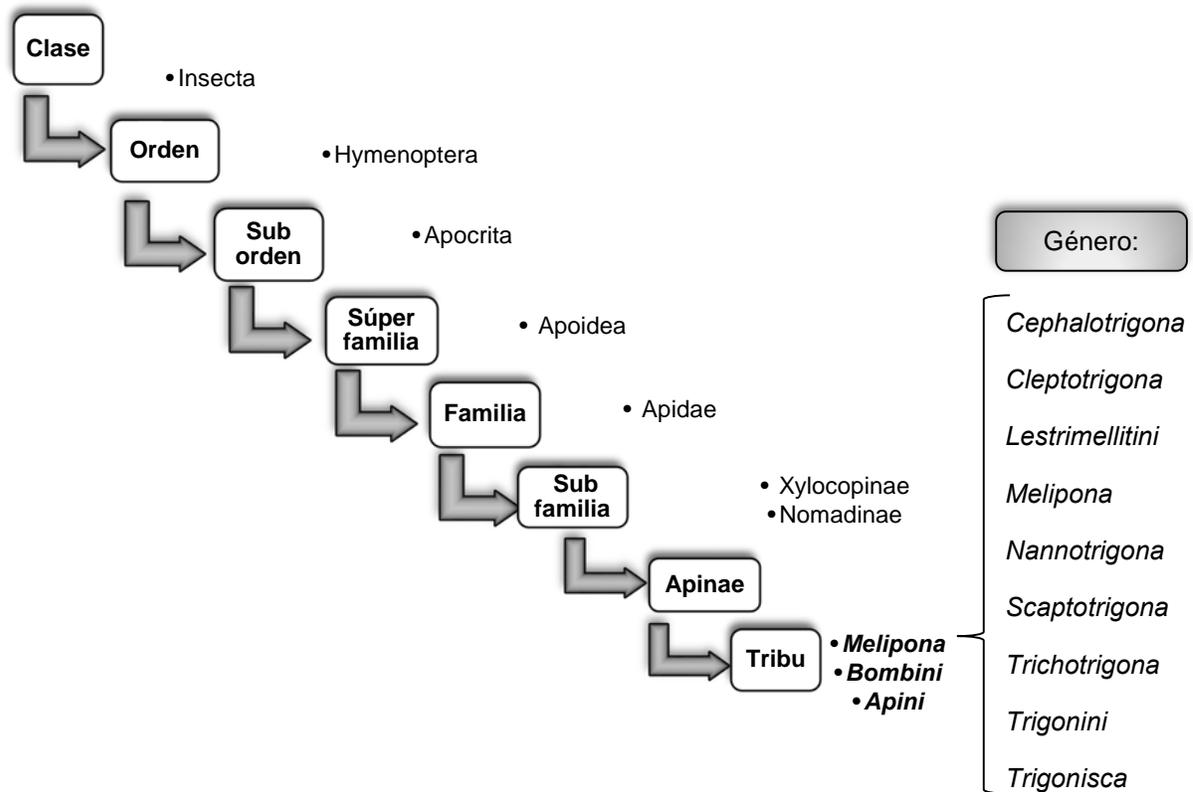


Figura 4. Clasificación taxonómica de las abejas *Meliponas* de acuerdo a Michener (2000).



6.3 Características morfológicas

Las abejas sin aguijón se pueden distinguir del resto de los Apidae por la ausencia de un aguijón funcional. En la Figura 5 (A), se observa que presentan una reducción en la venación de las alas anteriores, en la Figura (B) se muestra la estructura de la pata posterior que está conformada por el fémur, la tibia, la corbícula, una estructura pilosa en forma de cepillo que se conoce como penicilium, el basitarso que carece de aurícula, y presentan uñas simples no bifurcadas, excepto los machos que si presentan bifurcaciones en las uñas, en la Figura (C) podemos ver que presentan ojos desnudos. Su tamaño varía desde aproximadamente 2 mm (*Leurotrigona pu silla*), hasta 1,5 cm género *Melipona* (Quezada-Euán, 2005; Michener, 2000).

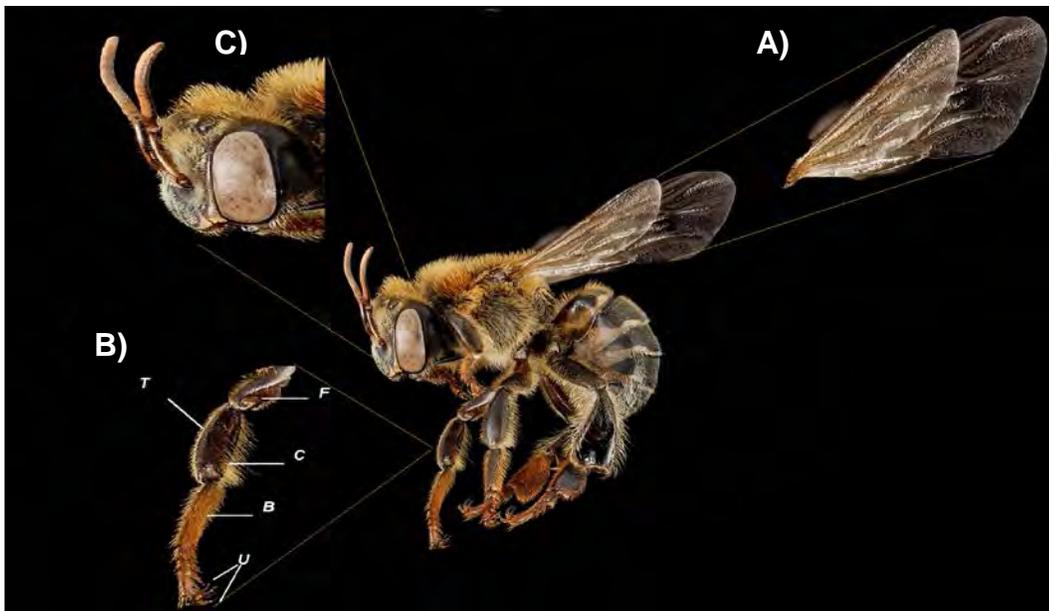


Figura 5. Morfología de abeja *M. beecheii*, (A) reducción en la venación de alas anteriores; (B) Pata posterior; (C) Cabeza con ojos desnudos. Adaptada de <https://es.wikipedia.org/wiki/Melipona>.



6.4 Clasificación de las abejas *Meliponas*

La organización social de las *Meliponas* está dividida en dos castas: la obrera y la reproductora; ésta última se divide en zángano y reinas (Medina, 2002).

6.4.1 Reina

La función de la reina es poner los huecos que darán origen a todos los integrantes de la colonia. Estas se distinguen de las demás por su tamaño relativamente mayor y por la terminación de su abdomen en punta, generalmente solo se aparean una sola vez (Medina, 2002).

6.4.2 Zánganos

La función de los zánganos es fertilizar a la reina y cuando es época favorable de flujo de néctar, la producción de macho se incrementa y estos forman congregaciones que se reúnen en la entrada de las colonias que tienen reinas vírgenes esperando a que una de ellas salga a vuelo para aparearse, pero cuando están dentro de la colonia ayudan al calentamiento de la cría y pueden producir cera (Medina, 2002).

6.4.3 Obreras

Las abejas obreras funcionan como mano de obra de toda la colonia, de ellas depende la recolecta de recursos y la construcción de todo el nido. Para reconocerse entre individuos del mismo nido hacen uso de las feromonas y para ubicar los recursos a explotar lo hacen comunicándose mediante ruidos provocados por el movimiento de sus alas, por olores en los tegumentos y danzas



en zig-zag. También pueden comunicarse por los olores que dejan las flores en sus pelos.

La hora de salida a pecorear (recolecta de recursos) es muy variable. El rango de pecoreo también es variable, encontrándose especies con rango de 500 metros hasta otras con rangos de 2 kilómetros (Medina, 2002; Márquez, 1994).

6.5 Ciclo biológico de reproducción de las abejas *Meliponas*

Las abejas *Meliponas* tienen una forma especial de reproducirse; las obreras construyen primero las celdas de crianza y después las abastecen de alimento larval. La reina oviposita sobre el alimento larval, posterior a esto las obreras cierran la celda para iniciar el proceso de metamorfosis que va desde huevo hasta el nacimiento de la abeja; este ciclo biológico de las tres castas (obrero, reina y zángano) que conforman la colonia dura entre 30 y 40 días o incluso hasta más de 50 días dependiendo de la especie (Guzmán, 2011).

Otra de las características del proceso reproductivo de las abejas sin aguijón es el tamaño de las celdas. En la Figura 6 podemos observar que en la especie *Trigona*, la celda donde nace la reina es de mayor tamaño en comparación con las celdas de obreras o zánganos (imagen derecha, señalada por la flecha), mientras que en el género *Melipona* (imagen izquierda) las celdas son iguales para las diferentes castas. En estos grupos, un huevo fertilizado da origen tanto a una obrera como una reina, dependiendo de la cantidad y calidad del alimento recibido en la etapa larval; los zánganos nacen de huevos no fertilizados. Para las abejas *Meliponas*, además de los factores alimenticios intervienen factores genéticos y hormonales (Guzmán, 2011).



Figura 6. Diferencias en el tamaño de las celdas de crianza para *Meliponas* y el género *Trigona*.

Las abejas sin aguijón usan las celdas de cría una sola vez, cuando emerge la abeja la celda es destruida por las obreras para reciclar el material. Generalmente, un panal nuevo es construido sobre el panal viejo, de forma horizontal de abajo hacia arriba y del centro a la periferia (Guzmán, 2011).

6.6 Hábitos de nidificación de las abejas *Meliponas*

Los nidos que construyen son muy característicos y son utilizados para albergar a sus crías, generalmente con entradas conspicuas las cuales en algunos casos sirven para la identificar especies (Nates-Parra y Rosso-Londoño, 2013).

Suelen construirlos expuestos o en cavidades preexistentes huecos de árboles, termiteros y bajo tierra (González y Medina, 2001).



Los panales de crianza están dispuestos de forma horizontal o en racimos y almacenan la miel y el polen. En la Figura 7 se muestran los diferentes tipos de nidos que construyen las abejas *Meliponas* por ejemplo en la Figura (A) se puede ver el nido de abeja *M. compressipes* construido en una cavidad preexistente; en la Figura (B) se muestran los panales de la abeja *M. quadrifasciata* y en la Figura (C) se muestra el nido de *Scaptotrigona mexicana* construido en una termitera (Ayala, 1999).

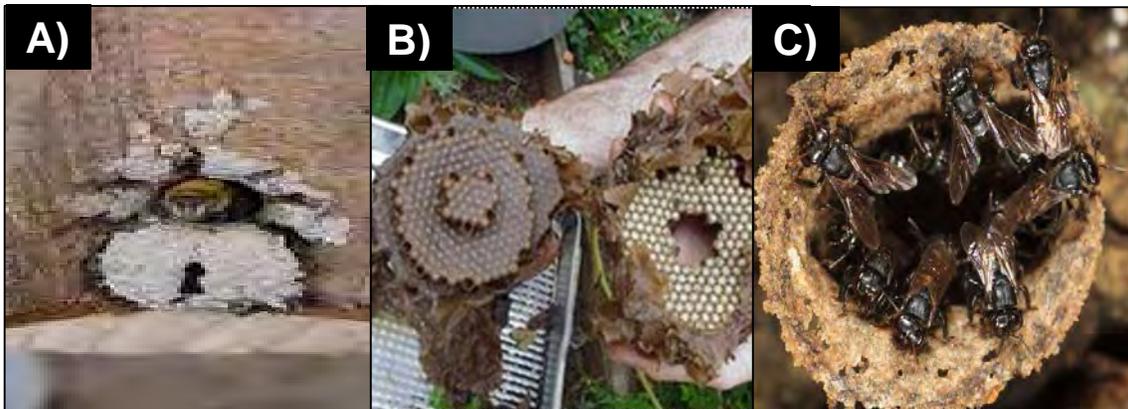


Figura 7. Tipos de nidos construidos por la abeja *Melipona*, (A) Nido de abeja *M. compressipes* imagen tomada de <http://www.agriculturesnetwork.org>; (B) Panales de abeja *M. quadrifasciata* imagen tomada de <http://www.agriculturesnetwork.org>; (C) Nido de *Scaptotrigona mexicana* imagen tomada de <https://es.pinterest.com>.

6.6.1 Estructura del nido

El nido en general se constituye por una piquera, batumen, cerumen, involucro y zona de almacenamiento de alimento. En la Figura 8 se puede ver la estructura general del nido (Baquero y Stamatti, 2007).



La piquera o entrada es construida de diferentes materiales como cera, cerumen o mezcla de barro y arcillas dependiendo de la especie de abeja y se encuentra rodeada por una capa de material endurecido llamado batumen, el cual es una mezcla de cerumen con barro o arena e incluso fibras de plantas. El cerumen es el principal material utilizado en la construcción de los nidos. Esta capa sirve para sellar grietas o delimitar el nido en cavidades de árboles (González y Medina, 2001).



Figura 8. Estructura de nidificación de abejas sin aguijón. Disponible en: http://www.bio.uu.nl/promabos/arbolesmeliferos/Images/nido_jicote.jpg.

La cera es segregada a través de glándulas que se encuentran entre los segmentos de la parte superior del abdomen, está cera es mezclada con resinas recogidas de algunos árboles (González y Medina, 2001).



El involucro son una serie de capas delgadas de cerumen que envuelven los panales de cría (cámara de crías) y funcionan como estructura termorreguladora. La zona de almacenamiento de alimento tiene estructuras ovoides de cerumen en las cuales se almacena el polen y la miel por separado (González y Medina, 2001).

Los pilares y conectivos son estructuras de cerumen que sirven para conectar y mantener las diversas partes del nido fijas en su lugar. Los pilares son verticales y los conectivos son horizontales (González y Medina, 2001).

6.7 Distribución

Las abejas sin aguijón presentan una distribución pantropical, que cubre la mayor parte de las regiones neotropicales. Existen más de 500 especies y 50 géneros que se han descrito hasta el momento en América Latina de las cuales, 46 se encuentran en México, 400 en Brasil que son responsables del 90% de la polinización de vegetales nativos (Dutra et al., 2008).

Aproximadamente 40 especies se encuentran en el sureste de Asia, 50 en África, 4 en Isla Madagascar y 10 en Australia, (Michener, 2000; Quezada-Euan, 2005).

Aunque, existen varios cientos de especies su número real es difícil de establecer debido a la abundancia de especies crípticas y razas geográficas, las cuales muchas veces difieren entre sí en caracteres muy superficiales. (Baquero y Stamatti, 2007).



En la Figura 9 se muestra la distribución de la abeja *Melipona* en América Latina (Baquero y Stamatti, 2007).



Figura 9. Distribución de abeja *Melipona* en América Latina (Baquero y Stamatti, 2007).

7. Actividad biológica

Los geopropóleos son ampliamente populares por sus propiedades medicinales. Actualmente, son considerados como una alternativa terapéutica importante. Este potencial biológico es debido a una sinergia que se produce entre los muchos compuestos químicos que lo constituyen (Araújo et al., 2016).



Estudios recientes reportados en la literatura describen que los geopropóleos de *M. c ompressipes*, *T. cl avipes*, *M. qua drifasciata*, *M. s cutellaris*, *M. f asciculata* Smith, *M. orbigny* presentan actividad antimicrobiana (Bankova, 1998; Da Cunha et al., 2016; Liberio et al., 2011), *M. scutellaris* presenta actividad gastroprotectora (Ribeiro-Junior,2015), *M. fasciculata* presenta actividad antifúngica (Araújo, 2016), *Scaptotrigona postica* presenta acción antiviral (Coelho et al., 2015), *M. fasciculata* Smith y *Scaptotrigona s p* presenta actividad antitumoral y antiproliferativa (Bartolomeu et al., 2016; Borges et al., 2011; Cinegaglia et al., 2013; Da Cunha et al., 2015), *M. orbigny* presenta actividad citotóxica (Ferreira-Campos et al., 2014), *M. scutellaris* y *M. subnitida Ducke* presenta actividad antinociceptiva (Franchin et al., 2012, Souza et al., 2013), *M. scutellaris* presenta actividad antiinflamatoria (Da Cunha et al., 2016; Franchin et al., 2013), *M. scutellaris*, *M. fasciculata* Smith, *M. interrupta*, *M. seminigra* y *M. orbigny* presentan actividad antioxidante (Araújo et al., 2016; Da Silva et al., 2013; Dutra et al., 2014; Souza et al., 2014).

7.1 Actividad antimicrobiana

Las caries y las enfermedades periodontales son la principal causa de la pérdida de los dientes. De acuerdo a la OMS en el 2012 se tiene registrado que del 60% al 90% de los niños en etapa escolar y casi el 100% de los adultos tienen caries dental en todo el mundo (OMS, 2012).

Streptococcus mutans fermenta los hidratos de carbono, formando ácidos orgánicos que promueven la desmineralización del esmalte dental; mientras que las bacterias del género *Lactobacillus acidophilus* está relacionados con la progresión de la lesión. Así la presencia de estos microorganismos se asocia frecuentemente con la caries dental (Liberio et al., 2011).



En la búsqueda de soluciones para contrarrestar las enfermedades bucodentales, problema de salud mundial, figuran los geopropóleos, considerados como una alternativa prometedora para el tratamiento y prevención de caries.

En el 2007 Dualibe y colaboradores reportaron que el geopropóleo producido por *M. fasciculata Smith* ejerce un efecto antibacteriano in vitro contra *S. mutans* aisladas de la cavidad oral de individuos jóvenes de ambos sexos, lo que sugiere su uso como una alternativa para la prevención de caries dental (Dualibe et al., 2007).

Otro estudio reportado por Liberio y su equipo de trabajo investigaron la actividad antimicrobiana de los extractos de geopropóleo de *M. fasciculata Smith* contra *S. mutans*, *L. acidophilus* y *C. albicans* por el método de difusión en agar encontrando que este tipo de geopropóleo presenta actividad inhibitoria contra *S. mutans* y *C. albicans*, sin toxicidad detectable en ratones. Por lo tanto, se especula que un producto que contenga el extracto etanólico de geopropóleo (EEG) de *M. fasciculata Smith*, puede tener importantes implicaciones para las estrategias de prevención de caries (Liberio et al., 2011).

En el 2016 Da Cunha y su grupo de trabajo identificaron una benzofenona prenilada “nemorosona” en una muestra de geopropóleo de *M. scutellaris* que promete ser una alternativa para el control del biofilm formado por *S. mutans*, debido a su capacidad de actuar sobre el polisacárido formado por *S. mutans*, que desempeña un papel importante en la patogenia de la caries dental a través de la promoción de la bioquímica y los cambios fisiológicos en la matriz de la biopelícula, ya que mejorar la adherencia y la acumulación de microorganismos importante para la colonización bacteriana y el mantenimiento de la caries dental (Da Cunha et al., 2016).



7.2 Actividad antifúngica.

Existen pocos datos con respecto a la actividad antifúngica que presentan los geopropóleos. En el 2016 Araújo y su equipo de trabajo presentaron por primera vez los efectos de los geopropóleos producidas por *M. fasciculata* contra *Pythium insidiosum*, un organismo parecido a un hongo perteneciente al Reino Stramenopila, clase Oomycota, que es el agente causante de la pitiosis, una enfermedad piogranulomatosa del tejido subcutáneo que afecta principalmente a los caballos, los perros y los seres humanos (Araújo, 2016).

Epidemiológicamente, pitiosis está relacionada con el contacto humano y animal con agua contaminada, y zoosporas constituyen su forma infectiva. Esta enfermedad es potencialmente mortal y de diagnóstico tardado. Además, en la mayoría de los casos el tratamiento con compuestos antifúngicos convencionales es difícil, y en el mejor de los casos se requiere de desbridamiento quirúrgico. Los resultados indican que el geopropóleo ejerce una actividad fungistática en lugar de fungicida después de 48 h con concentraciones superiores de 3,4 mg/mL (Araújo, 2016).

A pesar de que los datos son pocos alentadores dan pie a realizar mayores investigaciones debido a la gran necesidad de descubrir nuevos compuestos antifúngicos con alta eficacia y baja toxicidad (Araújo, 2016).



7.3 Actividad gastroprotectora

Las úlceras pépticas son el desequilibrio entre agentes agresivos *Helicobacter pylori*, antiinflamatorios no esteroideos, alcohol, entre otros y los agentes protectores como prostaglandinas, óxido nítrico, entre otros. Tanto el óxido nítrico como las prostaglandinas desempeña un papel vital en la protección, regulación y estimulación de la secreción en la mucosa gástrica (Ribeiro-Junior, 2015).

A pesar del uso generalizado de medicamentos para el tratamiento de los diferentes tipos de úlceras, una gran parte de la población en el mundo se beneficia de la utilización de productos naturales. En el caso de los geopropóleos se sabe de manera empírica sobre sus efectos gastroprotectores. Y el único estudio reportado en la literatura hasta el momento es el de Ribeiro–Junior quien evaluó la actividad gastroprotectora del extracto etanólico de geopropóleo (EEGP) de *M. scutellaris* e investigo sus posibles mecanismos de acción evaluando el papel que juega los grupos sulfídrilos no proteicos (NP-SH), el óxido nítrico (NO) y las prostaglandina. Los resultados indicaron que los geopropóleos ejercen un efecto gastroprotector en ratas con daño en la mucosa gástrica inducida por etanol y sugieren que el efecto gastroprotector, podría estar involucrado el mecanismo del óxido nítrico y prostaglandinas (Ribeiro-Junior, 2015).

Debido a la poca información generada hasta el momento, se requiere de mayores investigaciones para conocer los mecanismos y esclarecer su actividad gastroprotectora.



7.4 Actividad antiviral

Los virus herpes simplex tipo 1 y 2 (VHS-1 y VHS-2) pertenecen a la familia de Herpesviridae, grupo al cual pertenecen otros virus que infectan con una alta prevalencia a humanos. La OMS (2016) estima que en todo el mundo hay 3700 millones de personas menores de 50 años infectadas por VHS tipo 1 y 417 millones de personas de entre 15 y 49 años de edad están infectadas por VHS tipo 2 (OMS, 2016).

Hoy en día, la terapia estándar incluye aciclovir y penciclovir con sus respectivos profármacos. Aunque, el aciclovir es el tratamiento de primera línea para el herpes virus simplex 1 y 2 su administración a largo plazo en infecciones crónicas usados en huéspedes inmunocomprometidos puede llevar al desarrollo de resistencia al aciclovir. Debido a esto es de gran interés el desarrollo de estrategias novedosas y entre los reportes alentadores de la actividad antiviral que presentan los geopropóleos son los estudios reportados por Coelho y colaboradores quienes evaluaron el extracto hidrometanólico de geopropóleo (HMG) de *Scaptotrigona postica*, contra el virus de herpes simplex, en células Vero de riñón de mono verde africano, los resultados mostraron que HMG redujo significativamente el número de copias de VHS-1 ADN genómico en el sobrenadante y en la célula lisadas. Los resultados obtenidos en el estudio fueron consistentes con las imágenes obtenidas por microscopía electrónica de transmisión (TEM), en la cual no se observó la presencia de viriones en el citoplasma de las células inoculadas con muestra virucida. Esto sugiere que los geopropóleos inhiben la replicación viral durante la infección temprana (Coelho et al., 2015).



7.5 Actividad antitumoral y antiproliferativa.

Las células resistentes a los fármacos presentan un reto importante para el tratamiento de cáncer, y la búsqueda de nuevos compuestos como agentes quimioterapéuticos ha ido en aumento en los últimos años, especialmente los derivados de productos naturales ya que se espera que tengan efectos secundarios bajos y menor resistencia. Varios investigadores han reportado la propiedad antitumoral de los geopropóleos tanto in vitro como in vivo, y se ha demostrado que tienen efectos citotóxicos frente a diferentes líneas tumorales como el de colon (Da Cunha et al., 2015), renal (Valente et al., 2011) y de pulmón (Li et al., 2008).

Recientemente Cinegaglia y colaboradores investigaron la acción citotóxica del extracto hidrometanólico de geopropóleo, producido por *M. fasciculata* sobre las células caninas con OSA osteosarcoma o sarcoma osteogénico originado en el esqueleto central o la médula ósea. Considerado la neoplasia más común y maligna frecuentemente diagnosticada en perros. El comportamiento de OSA en perros es idéntica a la de pacientes pediátricos, y se ha considerado un excelente modelo in vivo para estudiar OSA en humanos. Los resultados señalan que las células de osteosarcoma fueron sensibles al geopropóleo en todos los períodos de tiempo evaluado. Así que los datos preliminares sobre el efecto citotóxico sobre las células caninas OSA apuntan a los geopropóleos como un posible agente terapéutico para el tratamiento del osteosarcoma (Cinegaglia et al., 2013).



Las investigaciones realizadas por Bartolomeu y colaboradores tienen como objetivo determinar si los geopropóleos solos o en combinación con diferentes agentes quimioterapéuticos utilizado en la práctica clínica contra las células neoplásicas., tales como carboplatino (CARB), metotrexato (MXT) y la doxorubicina (DOX), utilizados en bajas concentraciones podrían inhibir el crecimiento celular, ocasionar alteraciones morfológicas o inducir apoptosis en las células de carcinoma laríngeo epidermoide humano (HEp-2), neoplasia maligna más común entre los tumores de cabeza y cuello, que representa aproximadamente el 1% de todos los nuevos diagnósticos de cáncer. Los resultados obtenidos indican que el geopropóleo de *M. fasciculata* combinado con DOX se obtuvo a la actividad citotóxica más alta e indujo la apoptosis celular (Bartolomeu et al., 2016).

Otro estudio realizado en geopropóleos de *Scaptotrigona sp* mostró tener un fuerte efecto inhibitor sobre la proliferación de glioblastoma humano (U251 y U343) que es el principal tumor cerebral más frecuente y agresivo en adultos (Borges et al., 2011).

En conjunto, el geopropóleo ha mostrado resultados satisfactorios en varias líneas celulares. Aunque, se requiere de más investigaciones para revelar las moléculas específicas con capacidad antiproliferativa estos resultados muestran que los geopropóleos son un tratamiento prometedor contra el cáncer (Ferreira-Campos et al., 2014).



7.6 Actividad nociceptiva e inflamatoria.

La respuesta nociceptiva es producida por diferentes mediadores químicos tales como prostaglandina E2 (PGE2), los mastocitos, neuropéptidos y citosinas pro inflamatorias entre otros (Franchin et al., 2012).

Las citoquinas como la interleucina 1 beta (IL-1 β) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) juegan un papel crucial en la liberación de prostanoideos que sensibilizan los nociceptores. Las citoquinas IL-1 β y TNF- α también está directamente relacionados con la migración de neutrófilos en el proceso inflamatorio. Por lo tanto, el esfuerzo para desarrollar nuevos fármacos antiinflamatorios que interfieran con el tráfico de los neutrófilos en el foco inflamatorio ha suscitado un gran interés entre los investigadores para buscar estrategias en la inhibición de la laminación, transmigración y la adherencia de los neutrófilos en el foco inflamatorio (Franchin et al., 2013).

Entre los estudios reportados en la literatura están los de Franchin y colaboradores quienes evaluaron la actividad antinociceptiva de geopropóleo de *M. s cutellaris* utilizando diferentes modelos de nocicepción inducidos por carragenina y la cuantificación de IL-1 β y TNF- α . Los resultados obtenidos indicaron que los geopropóleos son una fuente natural de sustancias bioactivas con actividad antinociceptiva prometedora, mediada por la inhibición de IL-1 β y TNF- α . Debido a que los neutrófilos tienen participación clave en la defensa del organismo durante el proceso inflamatorio (Franchin et al., 2012).



Franchin y colaboradores evaluaron la actividad del extracto etanólico de geopropóleo (EEGP) de *M. s cutellaris* en la modulación de la migración de neutrófilos en el proceso inflamatorio. Y encontraron que la fracción acuosa del EEGP disminuye la interacción de los leucocitos con las células endoteliales, así como la migración de neutrófilos en la cavidad peritoneal de ratones sometidos a la inyección intraperitoneal de carragenina. Como el edema es uno de los eventos clave en respuesta de la inflamatoria, también se evaluó la eficacia de EEGP y la fracción acuosa sobre el edema de la pata inducido por carragenina. Los resultados sugieren que la actividad EEGP y la fracción acuosa pueden estar relacionadas con la inhibición de la formación de prostaglandinas. También se detectó la actividad inmunomoduladora, debido a que hubo un incremento significativo en la producción de IL-4 y IL-10 citoquinas antiinflamatorias (Franchin et al., 2013).

Estos resultados son prometedores para el planteamiento de los mecanismos de acción, pero es necesario más estudios para el aislamiento y la identificación de compuestos bioactivos que permitan el desarrollo de fármacos antiinflamatorios y el descubrimiento de nuevos productos farmacéuticos como inmunomoduladores.

7.7 Actividad antioxidante

El uso de sustancias con capacidad antioxidante puede ser de gran relevancia en la prevención y tratamiento de enfermedades relacionadas con el aumento del estrés oxidativo como la diabetes, trastornos cardiovasculares, aterosclerosis, la artritis reumatoide, la neurodegeneración y el cáncer entre otras. Estas son por un desequilibrio entre la formación y la neutralización de radicales libres en el cuerpo a través de antioxidantes enzimáticos y antioxidantes no enzimáticos (Fang et al., 2002; Ferreira-Campos et al., 2014).



Los reportes encontrados sobre la actividad antioxidante que presentan los geopropóleos indican que los compuestos fenólicos, ácidos gálico y ácido elágico son los responsables de dicha actividad. En el 2014 Ferreira y colaboradores analizaron por primera vez una muestra de geopropóleo de las especie *M. orbigny* para conocer la capacidad que tiene para eliminar los radicales libres y proteger contra el daño causado por agentes oxidantes. Los resultados observados indican que el EEGP tiene acción antihemolítica y acción de protección contra la peroxidación de lípidos, cuando se incuban con eritrocitos humanos en presencia de un agente oxidante. Los compuestos fenólicos han demostrado ser agentes antioxidantes importantes que actúan como inhibidores de la hemólisis en los eritrocitos en condiciones de estrés oxidativo (Ferreira-Campos et al., 2014).

Otros autores informaron que los geopropóleos de *M. seminigra*, *M. interrupta* y *M. subnitida*, presentaron importante actividad antioxidante y se correlacionó con el alto contenido de compuestos fenólicos (Aher et al., 2011).

También Zhu y colaboradores evaluaron los efectos de los geopropóleos de china y geopropóleos brasileños en ratas diabéticas y se encontró que los geopropóleos brasileños mostraron un aumento en los niveles de las enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa (GSH-Px) y catalasa (CAT) (Zhu et al., 2011).



8. Composición química.

La composición química de los geopropóleos está relacionada con la flora local en donde la abeja recoge los exudados. Estudios realizados en muestras de geopropóleos de una misma especie, pero recolectados en distintos periodos de tiempo, reportan diferencias significativas en el contenido de fenoles y flavonoides, pero no en el perfil químico, así que la composición química no varía según la especie, pero la flora disponible sí influye. Por lo tanto, podemos decir que su composición química es cualitativa y cuantitativamente variable debido a diversos factores como la fuente botánica, el origen geográfico, el clima, la estación del año, y el sitio de recolección (Souza et al., 2014).

Esto favorece la enorme riqueza de sus constituyentes, pero dificulta su estandarización e identificación de la sustancia responsable de su actividad terapéutica aunque, algunos autores afirman que sus propiedades terapéuticas se atribuyen a la composición heterogénea que presentan debido al sinergismo que se da entre sus constituyentes (Da Silva et al., 2013; Bankova et al., 2000).

La composición general de los geopropóleos está conformada por exudados de resinas vegetales, aceites esenciales, polen, ceras, azúcares y especialmente por partículas de suelo, en la Figura 10 se muestra a grandes rasgos la distribución de los constituyentes (Da Cunha et al., 2013).

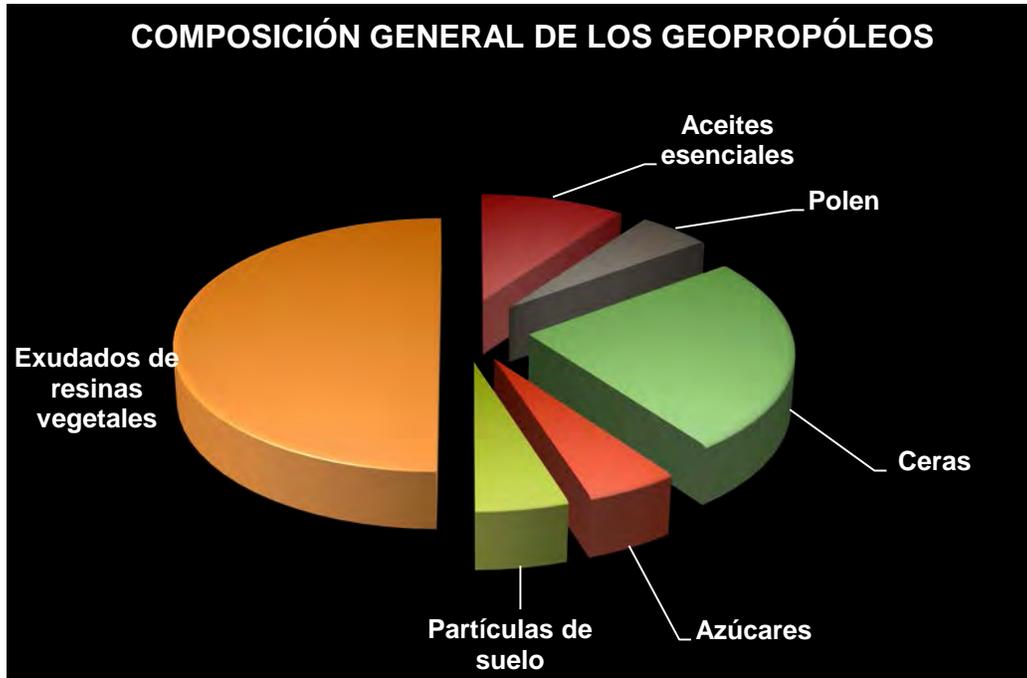


Figura 10. Composición general de los geopropóleos (Da Cunha et al., 2013).

Brasil es el país con el mayor número de estudios referentes a geopropóleos. En 1998 Bankova que identificó más de 50 compuestos en muestras de geopropóleos producidos por *M. compressipes*, *Tretragona clavipes* y *M. quadrifasciata*, en su mayoría se encontraron compuestos fenólicos, ácidos grasos como el ácido palmítico, ácido esteárico, ácido mirístico, ácido araquidónico y ácido láctico. Ácidos aromáticos como: el ácido benzoico, ácido gálico y ácido cinámico, Flavonoides, terpenoides como: β amirina y azúcares. En el Cuadro 2 se enlistan los compuestos identificados en muestras de geopropóleos brasileños de *M. compressipes*, *Tretragona clavipes* y *M. quadrifasciata* (Bankova, 1998).



Cuadro 2. Compuestos identificados en geopropóleos brasileños (Bankova, 1998).

Compuesto identificados	Muestra		
	<i>Melipona compressipes</i>	<i>Tretragona clavipes</i>	<i>Melipona quadrifasciata</i>
Ácidos alifáticos			
ácido láurico	x	✓	✓
ácido mirístico	✓	✓	✓
ácido pentadecanoico	x	x	✓
ácido palmítico	✓	✓	✓
ácido palmiteólico	✓	✓	✓
ácido margárico	x	✓	✓
ácido esteárico	✓	✓	✓
ácido oleico	✓	✓	✓
ácido araquidónico	x	✓	x
ácido láctico	✓	✓	✓
ácido acrílico	x	✓	x
Ácido aromáticos			
ácido benzoico	x	✓	✓
Ácido- <i>p</i> -hidroxibenzoico	✓	✓	x
ácido gálico	✓	x	x
ácido vainillínico	x	x	✓
ácido cinámico	✓	✓	✓
ácido <i>cis-p</i> -cumárico	✓	x	x
ácido <i>trans-p</i> -cumárico	✓	✓	x
ácido dihidroferulónico	x	x	✓
Fenoles y alcoholes aromáticos			
alcohol bencílico	✓	x	x
<i>p</i> -vinilfenol	x	✓	x
hidroquinona	✓	x	x
<i>p</i> -alcohol cumárico	x	x	✓
3-(2-hidroxifenil)-propanol	✓	x	x
3-(4-hidroxifenil)-propanol	✓	x	x



Cuadro 2. Compuestos identificados en geopropóleos brasileños por Bankova (1998) continuación.

Compuesto identificados	Muestra		
	<i>Melipona compressipes</i>	<i>Tretragona clavipes</i>	<i>Melipona quadrifasciata</i>
Fenoles y alcoholes aromáticos			
<i>p</i> -hidroxibenzaldehído	✓	✓	x
vainillina	x	✓	✓
coniferilaldehído	x	✓	✓
δ - <i>p</i> -hidroxiacetofenona	✓	✓	✓
Azúcares			
glucosa	✓	x	x
pentosa	x	✓	x
C-5-azúcar alcohol	x	✓	x
Flavonoides			
pinobanskina	✓	x	x
dihidroximetoxiflavona	✓	x	x
Diterpenos			
kaur-16-eno	x	✓	x
ácido dehidroabiético	✓	x	x
ácido diterpénico	✓	✓	✓
ácido dihidroxiditerpeno	x	✓	x
β -amirina	x	✓	x

Entre las sustancias biológicamente activas presentes en geopropóleos de *M. fasciculata* Smith se encuentran los flavonoides grupo principal al que se le atribuyen los efectos antimicrobianos observados (Liberio et al., 2011).

Pero también se han identificado hidratos de carbono y sus derivados, triterpenos, ácido anacárdico, alquile-sorcinol y azúcares, posiblemente estén involucrados con la actividad antiproliferativa que presentan, pero aún se requiere de investigaciones para conocer los compuestos químicos responsables de dicha actividad (Bartolomeu et al., 2016; Da Cunha et al., 2015).



Los principales compuestos identificados en *Scaptotrigona pos tica* son la apigenina-6,8-di-C-glucósido, también conocido como vicenin-2 y por primera vez se identificó la presencia del alcaloides como 1,2-dihidropirrolizidina que ha sido observada en productos de la colmena como la miel (Coelho et al., 2015).

Otros compuestos como apigenina, la luteolina, naringenina, y la quercetina, que también han mostrado ser activas contra la infección por enterovirus. Se ha demostrado que los extractos de geopropóleos ricos en flavonoides y ácidos carboxílicos, exhiben altos niveles de actividad antiviral contra VHS-2 en pruebas de suspensión viral (Coelho et al., 2015).

Por vez primera se estudiaron los geopropóleos de *M. Orbigny* y se encontró que los componentes principales son ácidos aromáticos, alcoholes y terpenos y los compuestos de menor importancia fueron los ácidos fenólicos y azúcares (Ferreira-Campos et al., 2014).

Los ácidos fenólicos, taninos hidrolizables (galotaninos y elagitaninos), el ácido gálico, catequina, galocatequina y kaempferol fueron identificados en geopropóleos producidos por *M. fasciculata* y *M. scutellaris* y se les involucra con la actividad antioxidante que presentan (Araújo et al., 2016; Dutra et al., 2014).

En el Cuadro 3 se muestran los compuestos químicos identificados recientemente en geopropóleos reportados en los últimos 6 años y los respectivos métodos analíticos utilizados para su identificación.



Cuadro 3. Compuestos identificados en muestras de geopropóleos de abejas *Melipona* reportados del 2011 al 2016.

Compuesto	Especie/ Método de identificación:	Referencia
compuestos fenólicos	<i>M. fasciculata</i> Smith	Liberio et al., 2011
flavonoides		
triterpenos		
compuestos fenólicos	<i>M. scutellaris</i>	Franchin et al., 2012
	Espectrofotometría²	
compuestos fenólicos	<i>M. scutellaris</i>	Franchin et al., 2013
	HPLC	
5,7,4'-trihidroxi flavonona	<i>M. interrupta</i>	Da Silva et al., 2013
3,5,6,7,4'-penta hidroxiflavona		
naringenina-4'- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopiranososa		
miricetina-3- <i>O</i> - β - <i>D</i> glucopiranososa		
ácidos fenólicos	<i>M. fasciculata</i> Smith	Dutra et al., 2014
elagitaninos		
galotaninos	HPLC-DAD-ESI- MS/MS UV-VIS	
ácido benzoico	<i>M. orbigny</i>	Ferreira- Campos et al., 2014
ácido dihidroxicinámico		
ácido cinámico		
ácido cumarínico- <i>C</i> -prenilado	GC-MS	
ácidos diterpénicos		
álcohol triterpénico		
azúcares		



Cuadro 3. Compuestos identificados en muestras de geopropóleos de abejas *Melipona* reportados del 2011 al 2016 (continuación).

Compuesto	Especie/ Método de identificación:	Referencia
6-O- <i>p</i> -cumaril- <i>D</i> -galactopiranososa	<i>M. subnitida</i> Ducke	Souza et al., 2014
6-O-cinamoil-1-O- <i>p</i> -cumaril- β - <i>D</i> -glucopiranososa		
7-metoxi-naringenina		
7-metoxi-aromadendrina		
7,4'-dimetoxi-aromadendrina		
4-metoxi-kaempferol		
3-metoxi-quercetina		
5-metoxi-aromadendrina		
5-metoxi-kaempferol		
No identificado flavonoides y ácidos fenólicos	<i>M. scutellaris</i>	Ribeiro –Junior; 2015
benzofenona	HPLC	



Cuadro 3. Compuestos identificados en muestras de geopropóleos de abejas *Melipona* reportados del 2011 al 2016 (continuación).

Compuesto	Especie/ Método de identificación:	Referencia
5,7-dihidroxi-6-(3-metil-2-buteno)-8-(4-cinamoil-3-metil-1-oxobutil)-4-propil-cumarina	<i>M. scutellaris</i> RMN 1D y 2D (COSY,HSQC y HMBC)	Da Cunha et al., 2015
5,7-dihidroxi-6-(4-cinamoil-3-metil-1-oxobutil)-4-fenilcumarina		
mammeigina		
hidroximammeigina		
mammeisina		
cinamoiloxi-mammeisina		
mammeina		
nemorosona		
ácido gálico	<i>M. scutellaris</i> <i>M. fasciculata</i> Smith	Araujo et al., 2016
ácido elágico		
catequina		
galocatequina		
hesperidina	HPLC	
kaempferol		
luteolina		
morina		
naringenina		
rutina		



Cuadro 3. Compuestos identificados en muestras de geopropóleos de abejas *Meliponas* reportados del 2011 al 2016 (continuación).

Compuesto	Especie/ Método de identificación:	Referencia
1,2-dihidropirrolizidina	<i>Scaptotrigona postica</i>	Coelho et al., 2015
catequina-3-O-galato		
cafeoil glucosa		
7-metoxi-5-hidroxi-8-C-flavona ramnosa		
7-(3-metoxi-2-metilbutil)-9-equimideno		
7-(3-etoxi-2-metilbutiril)-9-equimideno		
acacetina-di-C-acetil diramnosa.		
apigenina-6,8-di-C-malonil glucosa dihexosa		
vicenin-2		
catequina arabinosa		
catequina ramnosa		
apigenina-6,8-di-C-arabinosa glucosa		
chrisina-8-C-ramnosa-7-O-ramnosa		
luteolina-8-C-cafeoil ramnosa		
3,5-ácido dicafeoil.		
ácido cafeoilquinico-O-arabinosa.		



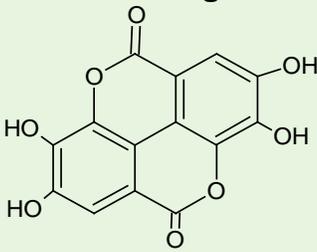
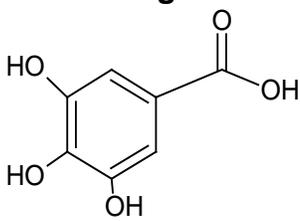
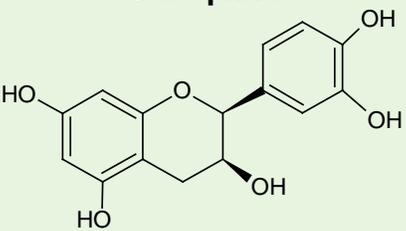
En el Cuadro 4 se muestran las estructuras de los principales compuestos identificados en geopropóleos y la actividad biológica con la que se correlaciona.

En las muestras de geopropóleo de *M. scutellaris* se aislaron dos nuevos ésteres del ácido cinámico, de tipo Mamea cumarinas: 5,7-dihidroxi-6-(3-metil-2-butanil)-8-(4-cinamoil-3-metil-1-oxo-butil)-4-propil-cumarina y 5,7-dihidroxi-6-(4-cinamoil-3-metil-1-oxo-butil)-4-fenilcumarina, junto con cinco cumarinas conocidas entre las cuales mamesina y mameina mostraron mayor inhibición de crecimiento en la línea celular de cáncer de colon (COLON 205). Otro de los compuestos con actividad potencial es una nueva benzofenona prenilada denominada nemorosa aislada del geopropóleo de *M. scutellaris*. Los primeros reportes señalan que inhibe la migración de neutrófilos en el proceso inflamatorio y puede ser una alternativa prometedora para controlar el biofilms de *S. mutans* ya que inhibió en un 95% la adhesión del biofilm (Da Cunha et al., 2016).

Otro compuesto identificado que destaca es la apigenina-6,8-di-C-glucósido, también conocido como vicenin-2 principal compuesto identificado en *Scaptotrigona postica*, el cual se le atribuyen propiedades inflamatorias, pero el alto contenido de flavonoides C-glicósidos podrían atribuirse posiblemente al potencial de inhibición que tiene contra el VHS-1 y 2 (Coelho et al., 2015).

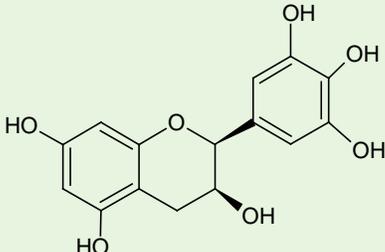
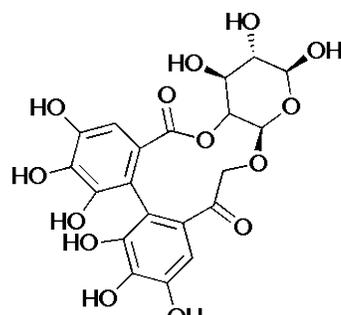
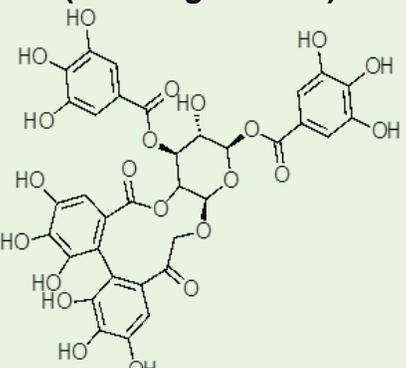


Cuadro 4. Compuestos bioactivos identificados en geopropóleos brasileños y su actividad biológica con la que se correlacionan.

Especie	Compuesto / Estructura	Actividad	Fuente bibliográfica
<p><i>M. scutellaris</i> <i>M. fasciculata</i></p>	<p>Ácido elágico</p> 	<p>Antimicrobiana/ Antioxidante</p>	<p>Araújo et al., 2016 Dutra et al., 2014</p>
<p><i>M. compressipes</i> <i>M. scutellaris</i> <i>M. fasciculata</i></p>	<p>Ácido gálico</p> 	<p>Antimicrobiana/ Antioxidante</p>	<p>Araújo et al., 2016 Dutra et al., 2014</p>
<p><i>M. scutellaris</i> <i>M. fasciculata</i></p>	<p>Catequina</p> 	<p>Antioxidante</p>	<p>Araújo et al., 2016</p>

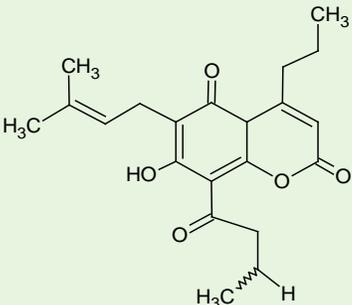
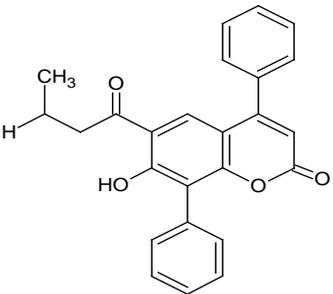
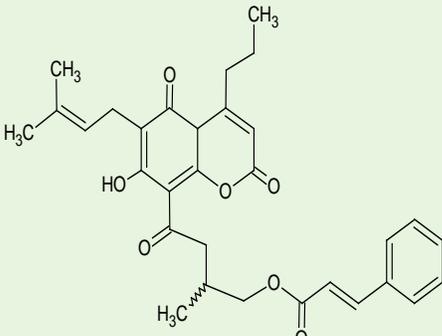


Cuadro 4. Compuestos bioactivos identificados en geopropóleos brasileños y su actividad biológica con la que se correlacionan continuación.

Especie	Compuesto / Estructura	Actividad	Fuente bibliográfica
<p><i>M. scutellaris</i> <i>M. fasciculata</i></p>	<p>Galocatequina</p> 	<p>Antioxidante</p>	<p>Araújo et al., 2016</p>
<p><i>M. fasciculata</i></p>	<p>HHDP-glucosa</p> 	<p>Antioxidante</p>	<p>Dutra et al., 2014</p>
<p><i>M. fasciculata</i></p>	<p>Trigaloil-HHDP-glucosa. (Tellimagrandin II)</p> 	<p>Antioxidante</p>	<p>Dutra et al., 2014</p>

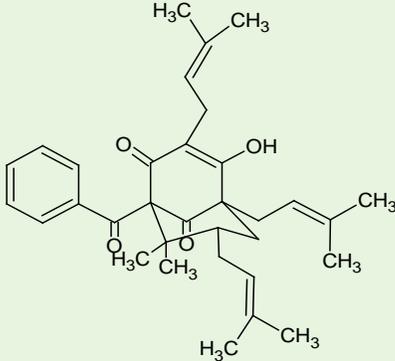
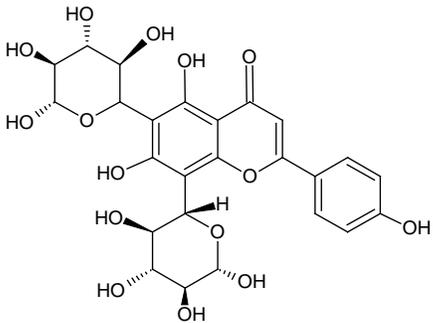


Cuadro 4. Compuestos bioactivos identificados en geopóleos brasileños y su actividad biológica con la que se correlacionan continuación.

Especie	Compuesto / Estructura	Actividad	Fuente bibliográfica
<i>M. scutellaris</i>	<p style="text-align: center;">mammeina</p> 	Antiproliferativa	Da Cunha et al., 2015
	<p style="text-align: center;">mammeisina</p> 	Antiproliferativa	Da Cunha et al., 2015
	<p style="text-align: center;">5,7-dihidroxi-6-(3-metil-2-butenil)-8-(4-cinamoil-3-metil-1-oxo-butil)-4-propil-cumarina</p> 	Antiproliferativa	Cunha et al., 2015



Cuadro 4. Compuestos bioactivos identificados en geopropóleos brasileños y su actividad biológica con la que se correlacionan continuación.

Especie	Compuesto / Estructura	Actividad	Fuente bibliográfica
<i>M. scutellaris</i>	<p style="text-align: center;">nemorosona.</p> 	<p style="text-align: center;">Antiproliferativa/ Antimicrobiana</p>	<p style="text-align: center;">Da Cunha et al., 2016</p>
<i>Scaptotrigona postica</i>	<p style="text-align: center;">vicenin 2</p> 	<p style="text-align: center;">Antiviral</p>	<p style="text-align: center;">Coelho et al., 2015</p>

Estos son los compuestos con mayor relevancia identificados en los geopropóleos brasileños, reportados hasta el momento, pero debido a que son altamente bioactivos merece más estudios para la identificación de otras posibles actividades biológicas (Da Cunha et al., 2015; Franchin et al., 2012).



En la literatura solo se encuentra reportado el estudio realizado por Pino y colaboradores en una muestra de geopropóleo de la especie *M. beecheii* recolectada en Yucatán, México, quienes reportan la presencia de diversos compuestos volátiles entre los que destacan están el α -pineno, espatulenol, α -copaeno, β -cubebeno, β -cariofileno, óxido de cariofileno, verbenona, β -bourboneno y β -pineno entre otros. En el Cuadro 5 se muestran las principales estructuras de los compuestos volátiles identificados por Pino y colaboradores (Pino et al., 2006).

Cuadro 5. Compuestos relevantes identificados en una muestra de geopropóleo de la especie *M. beecheii* recolectada en Yucatán, México (Pino et al., 2006).

Estructuras principales			
<p>β-cariofileno</p>	<p>β-cubebeno</p>	<p>espatulenol</p>	<p>β-bourboneno</p>
<p>óxido de cariofileno</p>	<p>α-copaeno</p>	<p>β pineno</p>	<p>verbenona</p>



Estudios previos en geopropóleos realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México en el conjunto de la Facultad de Química, han caracterizado muestras de geopropóleos de abeja *M. beecheii* y *Scaptotrigona mexicana*. En el trabajo más reciente realizado por Garibay-Rodríguez se identificaron 64 compuestos volátiles en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz, entre los compuestos identificados destaca el estireno, el cual ya había sido reportado como componente mayoritario en una muestra de geopropóleo producido por *M. beecheii* recolectado en el mismo lugar. La presencia de dicho compuesto se relaciona con la vegetación presente en la región, las principales fuentes identificadas corresponden a la especie alamillo (*Populus t remula*), palo de baqueta (*Ulmus m exicana*), palo barranco (*Mirandaceltis m onica*), álamo (*Populus mexicana*), fuentes vegetales donde previamente ya ha sido identificado el estireno en las resinas producidas por estos árboles (Torres–González, 2014). También se identificaron terpenos como el (Z)-ocimenona, α -pineno, *m*-cimeno, *trans*-pulegol, *m*-cimenol, verbanol, vervenol, linomeno, *p*-cimeno, tujona, α -fencheno, *trans*-verbenol, canfeno, *trans*-pinocanfona, dihidrocarveol, *trans*-isocarveol. Aldehídos como *trans*-3-fenilpropanal, 2-octenal y octanal. Ácidos grasos como el ácido octadecanoico e hidrocarburos como el 2,6-dimetil-octa-2,4-tireno. En el Cuadro 6 se muestran los 64 compuestos volátiles identificados en el geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* por CG-MS (Garibay-Rodríguez, 2016).

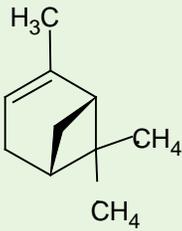
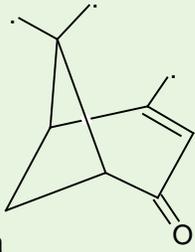
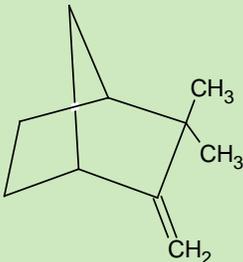
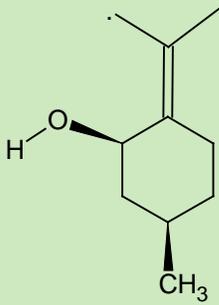
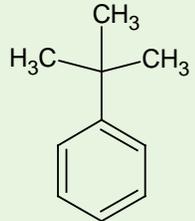
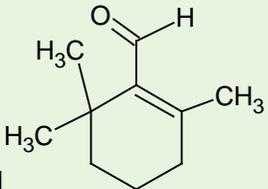
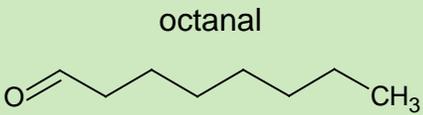
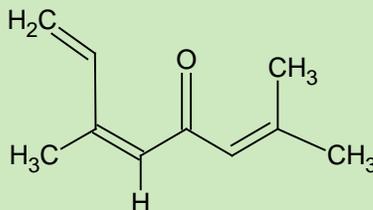


Cuadro 6. Compuestos volátiles identificados en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz (Garibay-Rodríguez, 2016).

Compuesto/ Estructura	Compuesto/ Estructura
<p>hexanal</p>	<p><i>m</i>-cimenol</p>
<p>estireno</p>	<p><i>trans</i>-isocarveol</p>
<p>2-decanona</p>	<p>dihidrocarveol</p>
<p>heptanal</p>	<p>verbanol</p>

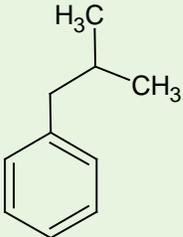
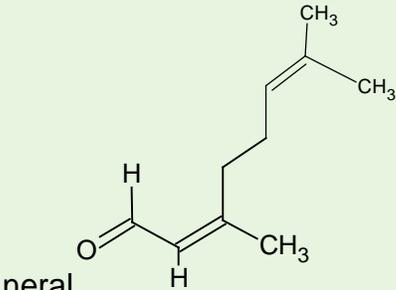
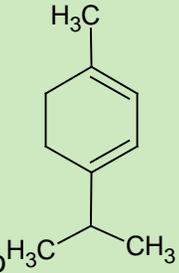
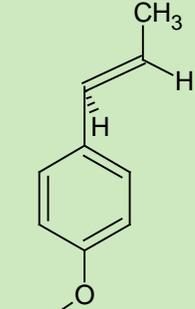
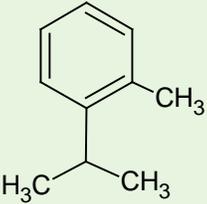
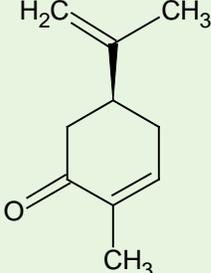
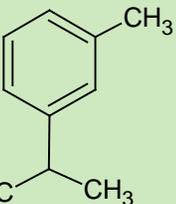
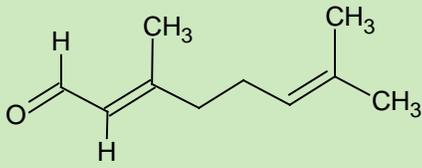


Cuadro 6. Compuestos volátiles identificados en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz (Garibay-Rodríguez, 2016) continuación.

 <p>α-pineno</p>	 <p>verbenona</p>
 <p>canfeno</p>	 <p><i>trans</i>-pulegol</p>
 <p><i>ter</i>-butilbenceno</p>	 <p>β-ciclocitral</p>
 <p>octanal</p>	 <p>(<i>Z</i>)-ocimenona</p>

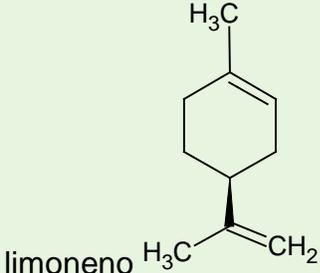
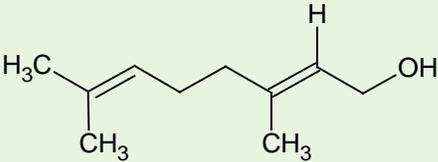
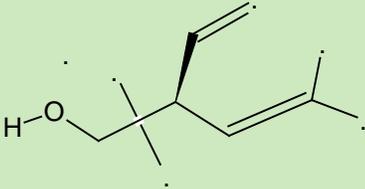
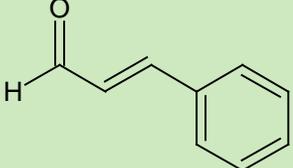
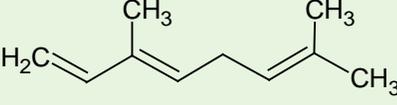
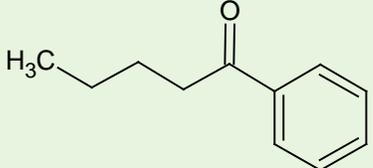
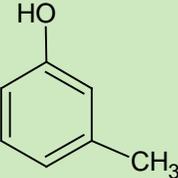
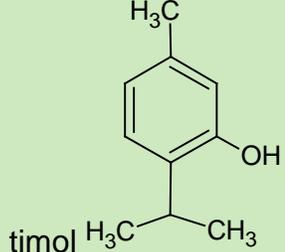


Cuadro 6. Compuestos volátiles identificados en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz (Garibay-Rodríguez, 2016) continuación.

<p>(2-metilpropil)-benceno</p> 	 <p>neral</p>
 <p>α-terpineno</p>	 <p>(Z)-anetol</p>
 <p>o-cimeno</p>	 <p>D-carvona</p>
 <p>m-cimeno</p>	 <p>citral</p>

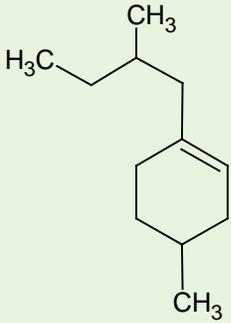
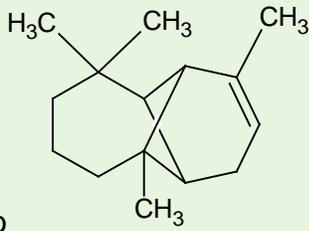
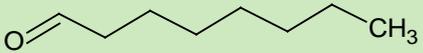
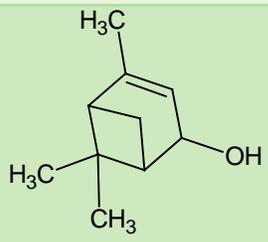
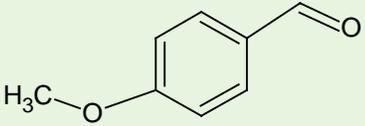
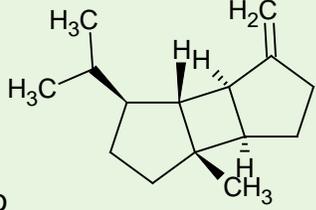


Cuadro 6. Compuestos volátiles identificados en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz (Garibay-Rodríguez, 2016) continuación.

 <p>limoneno</p>	<p>geraniol</p> 
<p>alcohol santonila</p> 	<p><i>trans</i>-3-fenilpropanal</p> 
<p>β-<i>trans</i>-o-cimeno</p> 	<p>1-fenil-1-pentanona</p> 
<p>3-metilfenol</p> 	<p>timol</p> 

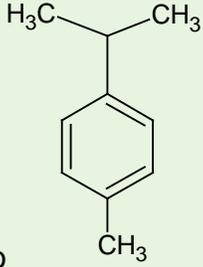
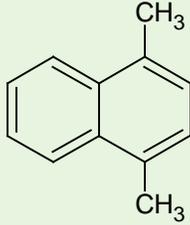
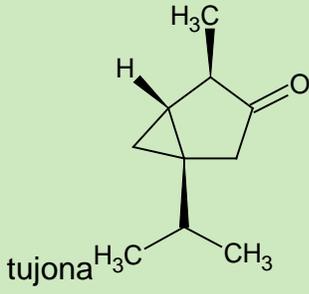
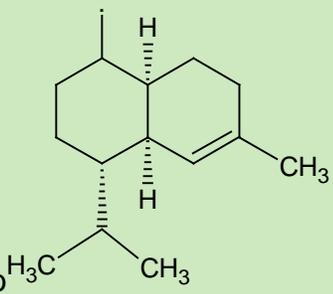
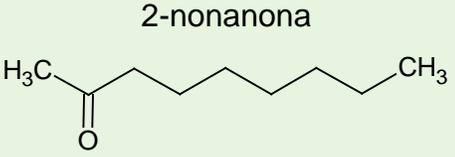
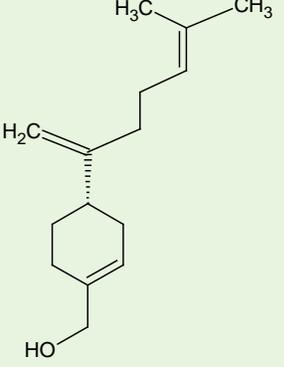


Cuadro 6. Compuestos volátiles identificados en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz (Garibay-Rodríguez, 2016) continuación.

 <p>4-metil-1-(2-metiletenil) ciclohexeno</p>	 <p>α-logipineno</p>
<p>trans-2-octenal</p> 	 <p><i>trans</i>-vervenol</p>
<p>4-metoxibenzaldehido</p> 	 <p>β-bourboneno</p>

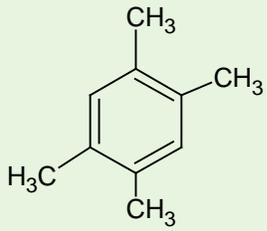
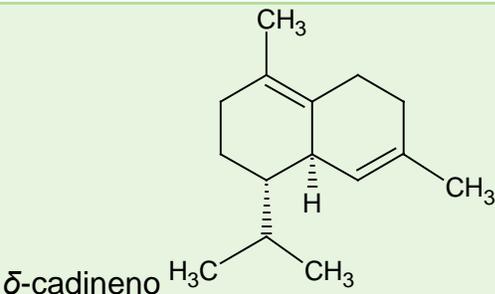
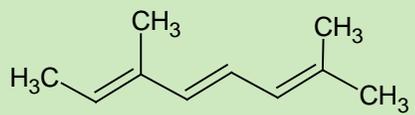
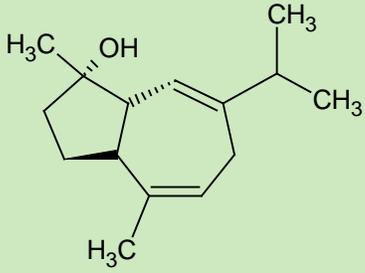
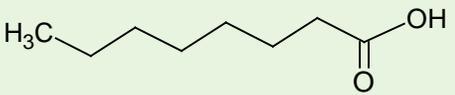
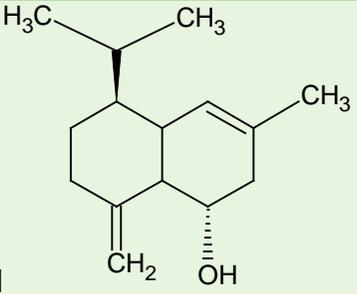


Cuadro 6. Compuestos volátiles identificados en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz (Garibay-Rodríguez, 2016) continuación.

 <p><i>p</i>-cimeno</p>	 <p>1,4-dimetilnaftaleno</p>
 <p>tujona</p>	 <p>α-muroleno</p>
 <p>2-nonanona</p>	 <p>β-bisaboleno</p>



Cuadro 6. Compuestos volátiles identificados en una muestra de geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana* recolectada en Coatepec, Veracruz (Garibay-Rodríguez, 2016) continuación.

<p>1,2,4,5-tetrametil-benceno</p> 	 <p>δ-cadineno</p>
<p>2,6-dimetil-octa-2,4,6-trieno</p> 	<p>guaia-6,9-dien-4-β-ol</p> 
<p>ácido octanoico</p> 	<p>kusinol</p> 



9. Importancia de la polinización de las abejas *Meliponas*

Las abejas sin aguijón desempeñan un papel fundamental en la polinización. Se estima que entre un 30 y 40 % de las especies vegetales del trópico son visitadas por este tipo de abejas en busca de néctar (energía) y polen (proteína), moviendo grandes cantidades de biomasa. Así mismo, otras especies vegetales dependen de su polinización, siendo de vital importancia su presencia en los trópicos para el mantenimiento del equilibrio del ecosistema. Por tal razón, en las últimas décadas ha surgido un renovado interés por ampliar el conocimiento acerca de estas abejas, en respuesta a las alertas sobre la disminución de polinizadores (Freitas et al., 2013; Venturieri et al., 2012).

9.1 Crisis global en la polinización

El rápido y constante crecimiento de la población humana ha reducido la cantidad de hábitats naturales, debido a la creciente demanda de áreas productoras de alimentos, lo que genera una gran presión sobre el servicio ecosistémico de polinización. El cambio de uso de suelo (principalmente de bosques a uso agrícola o urbano), invasión de especies exóticas y uso intensivo de pesticidas y herbicidas, figuran entre los principales factores que afectan profundamente la diversidad y distribución de especies, así como el funcionamiento de los ecosistemas y la polinización. Es muy probable que existan interacciones sinérgicas entre varios de estos factores que afectan a los polinizadores, agudizando su impacto (Quesada-Avenidaño, 2010).



9.1.2 Efectos del cambio climático en la polinización

El panel intergubernamental sobre el cambio climático (IPCC, por sus siglas en inglés) ha pronosticado un incremento en la temperatura global entre 1.1 °C y 6.4 °C durante este siglo, siendo más drástico el cambio a mayores latitudes. Se espera que conforme aumente la temperatura; la distribución de las especies cambiará hacia mayores latitudes o altitudes. Se ha encontrado que algunas plantas y especies se han expandido hacia los polos debido al cambio climático (Quesada-Avendaño, 2010).

La interacción planta-polinizador puede ser especialmente vulnerable al cambio climático si las especies involucradas responden de manera diferencial a los cambios en la temperatura; por lo que se espera que el cambio climático provoque desajustes temporales en la interacción. Así mismo, temperaturas más calientes están correlacionadas con una actividad más temprana en la actividad de algunos insectos polinizadores (Quesada-Avendaño, 2010).

El efecto del cambio climático en los polinizadores dependerá de su tolerancia y plasticidad a cambios de temperatura y dieta. Sin embargo, es escasa la información sobre tolerancia o plasticidad de casi todas las especies más importantes de polinizadores. En el 2008 Deutsch sugiere que aunque en los trópicos se espera que el cambio climático sea menor, las alteraciones en los regímenes de precipitación y temperatura podrían afectar más severamente a los polinizadores tropicales debido a que son más sensibles a cambios en la temperatura que los polinizadores de mayores latitudes (Deutsch et al.,2008).



El IPCC también ha reportado cambios en la frecuencia e intensidad de precipitación, lo cual provocaría sequías en diversas partes del planeta y grandes impactos económicos debido a la pérdida de cosechas. La sequía puede disminuir la cantidad de flores, provocando disminuciones en los recursos disponibles para los polinizadores y por consecuencia una reducción en la frecuencia de visitas florales. Además la sequía podría disminuir la viabilidad del polen e incrementar el aborto de semillas, provocando una reducción en la producción de frutos y semillas de las plantas. Por lo tanto, la evidencia muestra que el cambio climático en general tendrá un efecto negativo sobre las plantas y sus polinizadores (Quesada-Avendaño, 2010).

9.2 Situación actual de las abejas *Meliponas* manejadas para la polinización de cultivos.

La idea de mantener abejas sin aguijón para polinización en campo abierto es relativamente nueva. Afortunadamente ya hay varios investigadores que están abordando este tema y comienzan a surgir estudios importantes no solo sobre la utilización de las *Meliponas* en polinización de diversos cultivos, sino también en el conocimiento de las plantas que ofrecen recursos alimenticios a las abejas (Venturieri et al., 2012, Nates-Parra, 2005).

El conocer los hábitos de nidificación de las *Meliponas*, sus hábitats naturales, ámbito de vuelo y comportamiento de forrajeo, son aspectos que permitirán definir más claramente su potencial como polinizadores y de esta forma aprovechar estos insectos no solo en polinización de cultivos; sino en el mantenimiento de los bosques que aún nos quedan (Nates-Parra, 2005).



Estudios recientes a nivel mundial han revelado que aproximadamente entre el 74 y 84% de las plantas cultivadas como alimento para el hombre, dependen en cierto grado de los polinizadores para la producción de frutos o semillas. A nivel mundial este servicio de polinización genera ganancias económicas estimadas en 153 mil millones de euros anualmente (aproximadamente 2.7 billones de pesos mexicanos; ~10% del valor de la producción agrícola mundial). Aunque, en términos de volumen (toneladas), solamente el 35% de la producción de alimentos a nivel mundial, provienen de cultivos dependientes de polinizadores. Éstos cultivos juegan un papel esencial en el suministro de la diversidad de alimentos y nutrimentos necesarios para el bienestar humano (Quesada-Avendaño, 2010).

En Brasil, mediante la aplicación de la meliponicultura migratoria se ha observado que algunas especies de *Meliponas* recolectan y polinizan flores de naranja (Barros, 1994). *Trigona corvina* y *Trigona cupira* fueron registradas como dos de los polinizadores primarios más importantes de *Sechium edule* (guatilla, chayote) en Costa Rica (Wille et al., 1983).

También han sido utilizadas con éxito en invernaderos. En 1992, Maeta y colaboradores importaron *Nannotrigona perilampoides* desde Brasil hasta Japón, donde fue utilizada exitosamente en la polinización de fresa; también, colonias pequeñas de *Plebeia* del sur de Brasil, algunas *Meliponas* de México y *Lepidotrigona* de Taiwán han sido llevadas a climas subtropicales, donde se han adaptado bien (Nates-Parra, 2005).



Si bien algunas especies no son muy apropiadas para polinización porque tienen colonias pequeñas, son muy agresivas, tienen hábitos de nidificación restringidos, cortan, perforan, muerden flores, frutos, tallos de plantas; es posible encontrar otras que si se adaptan muy bien y pueden ser susceptibles de ser manejadas como polinizadores efectivos. Tienen colonias grandes, dóciles, adaptables a domicilios artificiales y especialmente pueden ser mantenidas en los mismos nidos originales en los que se encuentren *Trigona angustula* y especies de los géneros *Melipona*, *Nannotrigona*, *Scaptotrigona* y *Cephalotrigona*, son algunas de las que se podrían utilizar como polinizadores (Roubik, 1995; Nates-Parra, 2005).

10. Discusión

El estudio químico y biológico de los geopropóleos es una fuente prometedora para la identificación de nuevos compuestos bioactivos, con usos terapéuticos en humanos y en el área veterinaria. Pese a que la mayoría de las investigaciones se centran en los propóleos de abeja *Apis mellifera*, las investigaciones reportadas en la literatura hasta el momento son alentadoras.

Los geopropóleos figuran en la lista de tratamientos alternos en odontología por su actividad antimicrobiana y sus efectos sobre la viabilidad del biofilms de *S. mutans* además de su baja toxicidad detectada en ratones (Liberio et al., 2011).

Entre las sustancias biológicamente activas presentes, están los flavonoides, grupo principal que se le atribuyen los efectos antimicrobianos observados en los geopropóleos de *M. fasciculata* *S mith*. El vínculo entre los flavonoides y la actividad antimicrobiana se ha demostrado de forma consistente en varios estudios realizados (Souza et al., 2014).



Otras investigaciones han reportado la propiedad antitumoral de los geopropóleos de *M. fasciculada Smith*, *M. scutellaris*, *Scaptotrigona sp* y de *M. orbigny*, y han demostrado tener efectos citotóxicos frente a diferentes líneas tumorales como el de colon (Da Cunha et al., 2015), renal (Valente et al., 2011); de pulmón (Li et al., 2008); eritroleucemia (K562) (Ferreira-Campos et al., 2014); células de glioblastoma (U251 y U343) (Borges et al, 2011) y contra células caninas con OSA (Cinegaglia et al., 2013).

La composición química del geopropóleo producido por *M. fasciculada Smith* ha sido investigada y reporta que entre los principales compuestos presentes están los hidratos de carbono y sus derivados: triterpenos, ácido anacárdico, alquilresorcinol y azúcares. Posiblemente podrían estar relacionados con la actividad antiproliferativa que presenta el geopropóleo de *M. fasciculada Smith*, pero aún se requiere de investigaciones para conocer los compuestos químicos responsables de dicha actividad (Bartolomeu et al., 2016; Da Cunha et al., 2015).

Las células resistentes a los fármacos presentan un reto importante para el tratamiento contra el cáncer. Para ello Bartolomeu y colaboradores investigaron si el geopropóleo combinado con tres diferentes agentes quimioterapéuticos, tales como carboplatino (CARB), metotrexato (MXT) y la doxorrubicina (DOX) que son ampliamente utilizados contra células neoplásicas, aumenta o disminuye su acción citotóxica. Encontró que doxorrubicina (DOX), uno de los fármacos utilizados en el tratamiento de diversos tumores malignos, pero de uso clínico limitado debido a efectos secundarios graves que presentan las células no tumorales, en combinación con el EEP de geopropóleo de *M. fasciculada Smith* inhibe el crecimiento de células de carcinoma laríngeo epidermoide humano (HEp-2).



En conjunto estos resultados indican que el geopropóleo ha mostrado resultados satisfactorios, y podrían actuar como agente quimioterapéutico (Ferreira-Campos et al., 2014; Franchin et al., 2012).

Los extractos de geopropóleos han demostrado tener buenos resultados el de *Scaptotrigona postica*, ha mostrado tener una actividad antiviral muy eficaz contra VHS-1 y VHS-2. El gran potencial de inhibición de VHS-1 y 2 que presenta se podría atribuir a alto contenido de flavonoides-C-glicósidos identificados en los extractos de geopropóleos de *Scaptotrigona postica* (Coelho et al., 2015).

Los reportes en geopropóleos de *Melipona scutellaris* también son alentadores por que se observó que disminuye la interacción de los leucocitos con las células endoteliales, así como la migración de neutrófilos en la cavidad peritoneal de ratones, además de la actividad inmunomoduladora que presenta. Aún son necesarios más estudios para el aislamiento y la identificación de compuestos bioactivos que puedan permitir el desarrollo de fármacos antiinflamatorios para el tratamiento de enfermedades inflamatorias (Franchin et al., 2013).

Tanto el geopropóleo de *M. orbigny* y de *M. fasciculata* Smith presentan un potencial terapéutico para el tratamiento y prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, se han identificado ácidos fenólicos y taninos hidrolizables (galotaninos y elagitaninos), como constituyentes principales. La actividad antioxidante de los geopropóleos se relaciona con el contenido de polifenoles de alto peso molecular. La eficacia antioxidante de elagitaninos y ácido elágico se correlaciona directamente con su grado de hidroxilación, ya que presentan una mayor capacidad para donar un átomo de hidrógeno (Ferreira-Campos et al., 2014).



La mayoría de las muestras de geopropóleos reportados fueron obtenidas del Nordeste de Brasil, La vegetación nordestina es bastante rica y diversificada, esta región incluye manglares, campos, lagunas y bosques de babassu. A pesar de que la mayoría de las muestra de geopropóleos reportados son de la misma región, observamos que la composición química que presentan es diferente y varía dependiendo del lugar de procedencia de la muestra, de la vegetación de la zona, la especie de abeja recolectora e inclusive la temporada en la cuál es recolectada (Souza et al., 2014). Pero también algunos autores afirman que sus propiedades terapéuticas se le atribuyen precisamente a la composición heterogénea que presenta. Y ya ha sido demostrado el efecto sinérgico de flavonas y flavonoides, los cuales son más activos que sus componentes aislados (Coelho et al., 2015).



11. Conclusiones

Las investigaciones realizadas hasta el momento reportan la actividad biológica y la composición química de geopropóleos recolectados principalmente en Brasil y se ha demostrado que existen diferencias muy marcadas para cada geopropóleo. Estas investigaciones han permitido determinar que la composición es cualitativamente y cuantitativamente variable, incluso existe una amplia variación entre muestras de la misma región. Estas variaciones influyen directamente en la actividad biológica que presentan los geopropóleos. En el caso particular de México los estudios realizados son muy escasos y solo reportan la composición química sin hacer mención de la actividad biológica.

Con base en los antecedentes presentados se hace evidente la necesidad de realizar estudios conducentes a identificar a los compuestos con potencial terapéutico. Sin embargo, algunos autores afirman que sus propiedades terapéuticas se le atribuyen precisamente a la composición heterogénea que presenta (Coelho et al., 2015; Souza et al., 2014).



12. Perspectivas.

Incrementar los estudios conducentes a determinar la actividad biológica y la composición química de geopropóleos producidos en México.

Determinar el efecto de los geopropóleos para el tratamiento de enfermedades degenerativas que padece la población mexicana actualmente.



Bibliografía

1. Aher, V., Wahi, A., Pawdey, A.M y Sonawane, A. (2011). Antioxidants as immunomodulator: an expanding research avenue. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 3, 8–10.
2. Araújo, M.J.A., Gimenes, S y Sforcin, J.M. (2016). *Pythium insidiosum*: inhibitory effects of propolis and geopropolis on hyphal growth. *Brazilian Journal of Microbiology*, 116, 1-7.
3. Araújo., et al. (2016). Physicochemical properties and antioxidant capacity of propolis of stingless bees (Meliponinae) and *Apis* from two regions of to cantins, Brazil. *Acta amazonica*, 46, (1), 61-68.
4. Ayala R. (1999). Revisión de las Abejas sin Aguijón de México (Hymenóptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana*, 106, 1-123.
5. Bankova, V., Christov, R., Marcuccib, C y Popov, S. (1998). Constituents of Brazilian Geopropolis. *Z. Naturforsch*, 53, 402-406.
6. Bankova, V., De Castro, S. y Marucci, M. (2000). Propolis: ecent advances in chemistry and plant origin. *Apidologie*, 31, 3-15.
7. Baquero, L y Stamatti, G. (2007). Cría y manejo de abejas sin aguijón. Fundación Pro Yungas. Ediciones del Subtrópico, 38.
8. Barros, J.R.S. (1994). Genética da capacidade de produção de mel com Abelhas *Melipona scutellaris*, com meliponicultura migratoria e su adaptabilidade no Sudeste do Brasil. (Tesis de Maestría). BR, UNESP, Jaboticabal.
9. Barth, O.M. (2006). Palynological analysis of geopropolis samples obtained from six species of Meliponinae in the Campus of the Universidade de Ribeirão Preto, USP, Brazil. *Apiacta*, 41, 71-85.



10. Bartolomeu, A.R., et al. (2016). Combinatorial effects of geopropolis produced by *M. fasciculata* S mith with anticancer drugs against human laryngeal epidermoid carcinoma (HEp-2) cells. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 81, 48–55.
11. Borges, K.S., Brassesco, M.S., Scrideli, C.A., Soares, A.E y Tone, L.G. (2011). Antiproliferative effects of Tubi-bee propolis in glioblastoma cell lines. *Genetics and Molecular Biology*, 34 (2), 310–314.
12. Chen, J., Li, W., Yao, H y Xu, J. (2015). Insights into drug discovery from natural products through structural modification. *Fitoterapia*, 103, 231-241.
13. Cinegaglia, N.C., et al. (2013). Anticancer effects of geopropolis produced by stingless bees on canine osteosarcoma cells in vitro. *Evid Based Complementary Alternative Medicine*, 2013,1-6.
14. Coelho, G.R., et al. (2015). Antiviral Action of Hydromethanolic Extract of Geopropolis from *Scaptotrigona pos tica* against Antih herpes Simplex Virus (HSV-1). *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*, 2015, 1-10.
15. Da Cunha, M.G., et al. (2015). Antiproliferative Constituents of Geopropolis from the Bee *Melipona scutellaris* *Planta Med*, 82, 190–194.
16. Da Cunha, M.G., et al. (2016). Antiproliferative Constituents of Geopropolis from the Bee *Melipona scutellaris*. *Journal of Functional Foods*, 26 (2016), 27–35.
17. Da Silva, E.C.S., Muñiz, M.P y Nunomura, R.C.S. (2013). Constituintes Fenólicos e Atividade Antioxidante da Geoprópolis de duas Espécies de Abelhas Sem Ferrão Amazônicas. *Quimica Nova*, 36 (5), 628-633.
18. Deutsch, C.A., et al. (2008) Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, 6668–6672.



19. Duailibe, S.A., Gonçalves, A.G y Ahid, F.J.M. (2007). Effect of a propolis extract on *Streptococcus mutans* counts in vivo. *Journal of Applied Oral Science*, 15 (5), 420-423.
20. Dutra, R.P., et al. (2008). Pharmacognostic evaluation of geopropolis of *Meliponini fasciculata* Smith from Baixada Maranhense, *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 180 (4), 557-562.
21. Dutra, R.P., et al. (2014). Phenolic Acids, Hydrolyzable Tannins, and Antioxidant Activity of Geopropolis from the Stingless Bee *Meliponini fasciculata* Smith. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62 (12), 2549-2557.
22. E.F.L.R.A, P., et al. (2002). The propolis of stingless bees: terpenes from the tibia of three *Freseomelitta* species. *Journal of Insect Physiology*, 48 (2002) 249–254.
23. Fang, Y.Z., Yang, S y Wu, G. (2002). Free radicals, antioxidants and nutrition. *Nutrition*, 18, 872–879.
24. Ferreira-Campos, J., et al. (2014). Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities of propolis from *Melipona orbignyi* (Hymenoptera, Apidae). *Food and Chemical Toxicology*, 65, 374–380.
25. Franchin, M., et al. (2012). Geopropolis from *Melipona scutellaris* decreases the mechanical inflammatory hypernociception by inhibiting the production of IL- 1 β and TNF- α . *Journal of Ethnopharmacology*, 143 (2), 708- 715.
26. Franchin, M., et al. (2013). "Bioactive Fraction of Geopropolis from *Meliponini scutellaris* Decreases Neutrophils Migration in the Inflammatory Process: Involvement of Nitric Oxide Pathway." *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*, 2013, 1-9.
27. Freitas, AS., Vit, P y Barth, O.M. (2013). Pollen analysis of geopropóleos and propolis from stingless bees. (Apiterapia y Bioactividad) Facultad de farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes.



28. Gardana, C., Scaglianti, M y Pieta, P. (2007). Analysis of the polyphenolic fraction of Propolis from different sources by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 45, 390-399.
29. Garibay Rodríguez, M. (2016). Determinación de los compuestos volátiles del geopropóleo de *Scaptotrigona mexicana*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
30. Ghisalberti, E. (1979). Propolis: a review, *Bee World*, 60, 59–80.
31. Gonzáles, A.J.A y Medina, M. (2001). Generalidades sobre las principales especies de abeja sin aguijón (Hymenóptera; Apidae; Meliponinae) que se encuentran en Yucatán. Trabajo presentado en XV Seminario Americano de Apicultura.
32. González-Acereto J.A. (2012). La importancia de la Meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrocencias*, 5 (1), 34-41.
33. Guzmán, M., Balboa, C., Vandame, M.L.A., González-Acereto, J. (2011). Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México. Manual técnico. Universidad Autónoma de Yucatán, México.
34. Hertog M., et al. (1995). Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Arch Intern Med*, 155, 381-86.
35. Kuropatnicki, A.J., Szliszka, E y Krol, W. (2013). Historical Aspects of Propolis Research in Modern Times. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1-11.
36. Li, F., Awale, S., Tezuka, Y., Kadota, S. (2008). Cytotoxic constituents from Brazilian red propolis and their structure- activity relationship. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 16, 5434-5440.
37. Liberio, S.A., et al. (2011). Antimicrobial activity against oral pathogens and immunomodulatory effects and toxicity of geopropolis produced by the stingless



- bee *Melipona f asciculata* Smith. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 11 (108), 2-10.
38. Márquez-Luna, J. (1994). Meliponicultura en México. *Dugestana*, 1(1), 3:12.
39. Medina, C.M. (2002). Taller de Meliponicultura. XVI seminario americano de apicultura. Tuxtla Gutierrez, Chiapas, Mexico.
40. Michener, C.D. (2000). The bees of the world. The John Hopkins University Press, Baltimore, 913.
41. Nates-Parra, G y Rosso-Londoño, J.M. (2013). Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: *Meliponini*) utilizadas en meliponicultura en Colombia. *Acta biológica Colombia*, 18 (3), 415-426.
42. Nates-Parra, G. (2005). Manejo integrado de plagas y agropecuaria. Abejas silvestres y polinización. Costa Rica, 75, 7-20.
43. Pereira, A.S., Seixas, S.F., Mathias, F.S y Aquino N. (2002). Propolis: 100 años de pesquisa e suas perspectivas futuras. *Química Nova*, 25, 321-326.
44. Pino, J., et al. (2006). Volatile Constituents of Propolis from Honey Bess and Stingless Bee *Meliponini f asciculata* Smith. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 2549-2557.
45. Quesada-Avendaño, M. (2010). Informe final del proyecto Evaluación de los impactos del cambio climático en polinizadores y sus consecuencias potenciales en el sector agrícola en México. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.
46. Quezada-Euán, J.J. (2005). Biología y Uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini). Universidad autónoma de Yucatán, 15-23.
47. Ribeiro-Junior, J.A., et al. (2015). Gastroprotective Effect of Geopropolis from *Meliponini scutellaris* Is Dependent on Production of Nitric Oxide and



- Prostaglandin. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 1-5.
48. Roubik, D.W. (1989). *Ecology and Natural History of tropical Bees*. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 514.
49. Salatino, A., Teixeira, É.W., Negri, G y Message, D. (2005). Origin and Chemical Variation of Brazilian Propolis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2 (1), 33–38.
50. Sforcin, J y Bankova, V. (2011). Propolis: Is there a potential for the development of new drugs? *Journal of Ethnopharmacology*, 133, 253-260.
51. Sharaf, S., Higazy, A y Hebeish, A. (2013). Propolis induced antibacterial activity and other technical properties of cotton textiles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 59, 408-416.
52. Silva, B., *et al.* (2007). Chemical Composition and Botanical Origin of Red Propolis, a New Type of Brazilian Propolis. *eCAM*, 5, 313-316.
53. Souza, S.A., Camara, C.A., Silva, E.M.S y Silva, T.M.S. (2014). Composition and antioxidant activity of geopropolis collected by *Meliponini s ubnitida* (Jandaíra) bees. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 61 (4), 560-565.
54. Teixeira, É.W., Negri, G., Meira, R.M.S.A., Message, D y Salatino, A. (2005). Plant origin of Green propolis: bee behavior, plant anatomy and chemistry. *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*, 2, 85–92.
55. Torres-González, A.M. (2014). Determinación de los compuestos volátiles de propóleos y geopropóleos mexicanos utilizando HS-MEFS/CG-EM-TOF. Evaluación de la actividad antibacteriana de los extractos etanólicos sobre bacterias de la cavidad oral. (Tesis de maestría). Universidad Nacional autónoma de México. Ciudad de México.



56. Tosi, A., Ortega, E y Cazzoli, F. (2007). Food preservative based on propolis: Bacteriostatic activity of propolis polyphenols and flavonoids upon *Escherichia coli*. *Journal of Food Chemistry*, 104, 1025-1029.
57. Valente, M.J., Baltazar, A.F., Henrique, R., Estevinho, L y Carvalho, M. (2011). Biological activities of Portuguese propolis: Protection against free radical-induced erythrocyte damage and inhibition of human renal cancer cell growth in vitro. *Food and Chemical Toxicol*, 49, 86–92.
58. Venturieri, G.C. (2012). Phenolic acids, flavonoid and antioxidant activity of honeys of *Melipona fasciculata*, *Melipona flavolineata* Apidae, *Meliponini* e *Apis mellifera* (Apidae, Apini). *Química Nova*, 15, 200–205.
59. Wagh, V. (2013). Propolis: A Wonder Bees Product and Its Pharmacological Potentials. *Advances in Pharmacological Sciences*, 1-11.
60. Wille, A., Orozco, E y Raabe, C. (1983). Polinización del chayote *Sechium edule* (Jacq.) Swartz en Costa Rica. *Biología Tropical*, 31(1), 145-154.
61. Zhu, W., Chen, M., Shou, Q., Li, Y., Hu, F. (2011). Biological activities of Chinese propolis and Brazilian propolis on streptozotocin-induced type 1 diabetes mellitus in rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011, 1–8.



13. Referencias electrónicas

- ✓ Agricultures network. (2005). Meliponicultura: una actividad generadora de ingresos y servicios ambientales [en línea]. Disponible en: <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/3-animales-menores-un-gran-valor/meliponicultura-una-actividad-generadora-de#sthash.tg4VLalS.dpuf>
- ✓ Explora Polen Abejas, Meliponini Abejas, ¡y mucho más! (s.f.) Entrada de nido de Scaptotrigona mexicana. [en línea]. Disponible en: <https://es.pinterest.com/pin/193725221442274972/>
- ✓ Melipona (2015). [en línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Melipona>
- ✓ Mercado libre. Geo Própolis Abelha Mandaçaia 1kg. [en línea]. Disponible en: http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-688125022-geo-propolis-abelha-mandacaia-1kg-_JM
- ✓ Nido de *Melipona*. (s.f.). [en línea]. Disponible en: http://www.bio.uu.nl/promabos/arbolesmeliferos/Images/nido_jicote.jpg
- ✓ Organización Mundial de la Salud. (2012). Salud bucodental [en línea]. Nota informativa N°318. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs318/es/>
- ✓ Organización Mundial de la Salud. (2013). Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023 [en línea]. Disponible en: http://www.who.int/topics/traditional_medicine/WHO-strategy/es/
- ✓ Organización Mundial de la Salud. (2016). Virus del herpes simple [en línea]. Nota descriptiva N° 400. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs400/es/>