

Abejas

sin aguijón:

meliponas con diversidad, potencial
funcional, terapéutico y biotecnológico

Coordinadoras

Verónica Hernández Robledo
Ma. Guadalupe Bustos Vázquez



Abejas sin aguijón:

meliponas con diversidad, potencial funcional, terapéutico y biotecnológico

Abejas sin aguijón: meliponas con diversidad, potencial funcional, terapéutico y biotecnológico/
Verónica Hernández Robledo, Ma. Guadalupe Bustos Vázquez, coordinadoras.—Cd. Victoria,
Tamaulipas : Universidad Autónoma de Tamaulipas ; Ciudad de México : Editorial Fontamara , 2022.
141 págs. ; 17 x 23 cm.

1. TVHH - Apicultura (cría de abejas)

LC: SF539 A2.4 2022

DEWEY: 638.1 - Cultivo de abejas (Apicultura)

Universidad Autónoma de Tamaulipas
Matamoros SN, Zona Centro
Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000
D. R. © 2022

Consejo de Publicaciones UAT
Centro Universitario Victoria
Centro de Gestión del Conocimiento. Segundo Piso
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149
Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2912 • www.uat.edu.mx
consejopublicacionesuat@outlook.com

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT
ISBN UAT: 978-607-8888-11-5

Editorial Fontamara, S.A. de C.V.
Av. Hidalgo No. 47-B, Colonia Del Carmen
Alcaldía de Coyoacán, 04100, CDMX, México
Tels. 555659-7117 y 555659-7978
contacto@fontamara.com.mx • coedicion@fontamara.com.mx • www.fontamara.com.mx
ISBN Fontamara: 978-607-736-792-5

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuera el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento del Consejo de Publicaciones UAT.
México • *Libro digital*

Este libro fue dictaminado y aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT mediante un especialista en la materia perteneciente al Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Asimismo, fue autorizado por el Comité interno de selección de obras de Editorial Fontamara mediante el sistema “doble ciego” en la sesión del primer semestre 2022.

Abejas sin aguijón:

meliponas con diversidad, potencial funcional, terapéutico y biotecnológico

Coordinadoras:

Verónica Hernández Robledo
Ma. Guadalupe Bustos Vázquez



C.P. Guillermo Mendoza Cavazos
PRESIDENTE

Dra. Mariana Zerón Félix
VICEPRESIDENTE

Dr. Leonardo Uriel Arellano Méndez
SECRETARIO TÉCNICO

Ing. Franklin Huerta Castro
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González
VOCAL

Mtro. Rafael Pichardo Torres
VOCAL

Mtro. Mauricio Pimentel Torres
VOCAL

Consejo Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. Lourdes Arizpe Slogher • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Amalio Blanco** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dra. Rosalba Casas Guerrero** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Francisco Díaz Bretones** • Universidad de Granada, España | **Dr. Rolando Díaz Lowing** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Manuel Fernández Ríos** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dr. Manuel Fernández Navarro** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dra. Juana Juárez Romero** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dr. Manuel Marín Sánchez** • Universidad de Sevilla, España | **Dr. Cervando Martínez** • University of Texas at San Antonio, E.U.A. | **Dr. Darío Páez** • Universidad del País Vasco, España | **Dra. María Cristina Puga Espinosa** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Luis Arturo Rivas Tovar** • Instituto Politécnico Nacional, México | **Dr. Aroldo Rodrigues** • University of California at Fresno, E.U.A. | **Dr. José Manuel Valenzuela Arce** • Colegio de la Frontera Norte, México | **Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle** • Universidad de Santiago de Compostela, España | **Dr. Alessandro Soares da Silva** • Universidad de São Paulo, Brasil | **Dr. Akexandre Dorna** • Universidad de CAEN, Francia | **Dr. Ismael Vidales Delgado** • Universidad Regiomontana, México | **Dr. José Francisco Zúñiga García** • Universidad de Granada, España | **Dr. Bernardo Jiménez** • Universidad de Guadalajara, México | **Dr. Juan Enrique Marciano Medina** • Universidad de Puerto Rico-Humacao | **Dra. Ursula Oswald** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Arq. Carlos Mario Yori** • Universidad Nacional de Colombia | **Arq. Walter Debenedetti** • Universidad de Patrimonio, Colonia, Uruguay | **Dr. Andrés Piqueras** • Universitat Jaume I, Valencia, España | **Dra. Yolanda Troyano Rodríguez** • Universidad de Sevilla, España | **Dra. María Lucero Guzmán Jiménez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dra. Patricia González Aldea** • Universidad Carlos III de Madrid, España | **Dr. Marcelo Urra** • Revista Latinoamericana de Psicología Social | **Dr. Rubén Ardila** • Universidad Nacional de Colombia | **Dr. Jorge Gissi** • Pontificia Universidad Católica de Chile | **Dr. Julio F. Villegas †** • Universidad Diego Portales, Chile | **Ángel Bonifaz Ezeta †** • Universidad Nacional Autónoma de México

Índice

Introducción	11
1. La miel de abeja sin aguijón y su composición química funcional y/o nutracéutica	13
<i>Verónica Hernández-Robledo</i>	
<i>José Alfredo del Ángel-del Ángel</i>	
<i>María José Ibarra-Aguñaga</i>	
2. Productos derivados de la abeja sin aguijón	27
<i>Daniel Trujillo-Ramírez</i>	
<i>Ma. Guadalupe Bustos-Vázquez</i>	
<i>Lizeth Avilene Castro-Cedillo</i>	
3. Cultivo y conservación de la abeja sin aguijón: meliponicultura	47
<i>Martín Berrones-Morales</i>	
<i>Hermelindo Hernández-Torres</i>	
<i>Emily Michelle Márquez-Loredo</i>	
4. Enemigos naturales de las abejas sin aguijón: información zoonosanitaria general para considerar durante su manejo	59
<i>Reyna Ivonne Torres-Acosta</i>	
<i>José Reyes-Hernández</i>	
<i>Rodolfo Torres-de los Santos</i>	
5. Potencial de las abejas sin aguijón: más allá de la polinización y la producción de miel	69
<i>Jorge Ariel Torres-Castillo</i>	
<i>Adriana Gutiérrez-Díez</i>	
<i>Sugey Ramona Sinagawa-García</i>	

6. Utilización de marcadores moleculares para la identificación de las abejas sin aguijón	81
<i>María del Socorro Ramírez-González</i> <i>Xóchilt Fabiola de la Rosa-Reyna</i> <i>José Alberto Narváez-Zapata</i>	
7. Diversidad biocultural de las abejas sin aguijón	93
<i>Yólanda del Rocío Moreno-Ramírez</i> <i>Mario Rocandio-Rodríguez</i> <i>Aremi Rebeca Contreras-Toledo</i>	
8. Modelo de colaboración para la gestión y transferencia del conocimiento: Caso de <i>Melipona beecheii</i>	105
<i>Frida Carmina Caballero-Rico</i> <i>José Alberto Ramírez-de León</i> <i>Frida Porras-Caballero</i>	
9. Dinámica poblacional del género <i>Melipona</i>	117
<i>Nohemí Niño-García</i> <i>Elsa Verónica Herrera-Mayorga</i> <i>María de Lourdes Cosme-Martínez</i>	
10. Métodos y tecnologías para el monitoreo de abejas	127
<i>Ángel Mario Lerma-Sánchez</i> <i>Verónica Hernández-Robledo</i> <i>Sergio Benito Marroquín-Cortez</i>	

Índice de figuras

Figura 1. Miel de abeja	16
Figura 2. Productos derivados de la abeja	17
Figura 3. Productos derivados de la abeja sin aguijón	29
Figura 4. Distribución de abejas sin aguijón en México (Adaptado de Ayala et al., 2013)	30
Figura 5. Muestra de miel de abeja sin aguijón	32
Figura 6. Geopropóleo de <i>Melipona fasciculata</i> Smith colectado en el estado de Maranhao, Brasil	35
Figura 7. Estructuras químicas de compuestos aislados del geopropóleo de <i>Melipona scutellaris</i>	36
Figura 8. (a) Polen de flores, (b) polen de abeja en la pata trasera de la abeja sin aguijón (<i>Heterotrigona itama</i>), (c) polen de abeja fermentado (pan de abeja), (d) obtenido de maceta de cerumen de abeja sin aguijón	38
Figura 9. Cera de abeja sin aguijón	41
Figura 10. Especies de abejas sin aguijón (<i>S. mexicana</i> ; <i>P. frontalis</i> y <i>C. zexmeniae</i>)	52
Figura 11. Piquera característica de <i>S. mexicana</i> , en forma de “trompeta”	53
Figura 12. Colonias de abejas sin aguijón en mancuernas	53
Figura 13. Cajas verticales con compartimientos y otras adaptaciones	54
Figura 14. Meliponario ubicado cerca de habitaciones.	55
Figura 15. Deforestación, cambio y uso de suelo	55
Figura 16. Patógeno neogregarino <i>Apicystis bombi</i>	62
Figura 17. Bacteria <i>Lysinibacillus sphaericus</i> (Bacillaceae)	62
Figura 18. Bacteria <i>Melissococcus plutonius</i>	63
Figura 19. Agrupación jerárquica de las abejas	84
Figura 20. Diseño del modelo de colaboración para la gestión y transferencia del conocimiento	110
Figura 21. Anatomía de las abejas meliponas	121
Figura 22. Nido de abeja <i>Melipona sp.</i> , en una roca en el municipio de Gómez Farías, Tamaulipas, México.	121
Figura 23. Nido de abeja <i>Melipona sp.</i> , en el tronco de un árbol	122
Figura 24. Nido de abeja <i>Melipona sp.</i> , en la localidad de El Tigre en el municipio de Ocampo, Tamaulipas, México.	123
Figura 25. Abeja en el proceso de polinización de una planta	130
Figura 26. Método de cilindro	133

Figura 27. Tecnología de análisis de patrones de sonido	134
Figura 28. Tecnología de Radar Doppler	135
Figura 29. Tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (TIRF)	135
Figura 30. Tecnología de cámara TIRF y Raspberry Pi	136
Figura 31. Identificación por radio frecuencia (IRF)	137
Figura 32. Tecnología de identificación mediante dron	138

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de mieles de especies de abeja sin aguijón	17
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de mieles de especies de abeja sin aguijón	18
Tabla 3. Componentes bioactivos presentes en mieles de especies de abeja sin aguijón con efecto funcional y terapéutico	19
Tabla 4. Polinización artificial utilizando Tecnología VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados)	131

Introducción

Las abejas sin aguijón, también conocidas como abejas meliponas se agrupan en la tribu Meliponini, de la familia Apidae y representan una fracción muy pequeña de las más de 20 000 especies de abejas conocidas en todo el mundo, su importancia se relaciona con aspectos ecológicos, económicos y culturales. Las abejas meliponas se localizan en zonas altas y subtropicales, por lo que cerca del 80 % de su población puede encontrarse desde México hasta Brasil y el norte de Argentina, además de tener presencia en Asia, África, América y Australia.

En la región centro-occidental de México se ha registrado diversidad y presencia en la costa del pacífico, el golfo y sureste de México, incluida la península de Yucatán. Existe una gran diversidad de géneros y especies de abejas sin aguijón que representan el 2.6 % de la fauna de abejas del país, por lo que se tiene registrado un total de 46 especies de 11 géneros, de las cuales 12 especies (26 %) son endémicas de México, estas son del género *Melipona* en mayor proporción (17.33 %), seguidas de *Trigonsca* (10.64 %) y *Plebeia* (10.40 %), entre otras.

Las abejas sin aguijón se obtienen por medio de la meliponicultura, actividad ancestral que ha permitido criarlas y cultivarlas, los mayas y los olmecas utilizaban a las abejas sin aguijón principalmente con fines alimenticios, medicinales y hasta religiosos. Actualmente la meliponicultura ha tenido un declive debido a la introducción de la abeja *Apis mellifera*, y por el uso de endulzantes derivados de la caña de azúcar, además de que esta actividad se ha ido perdiendo tras generaciones poco interesadas en el conocimiento del manejo tradicional.

Los impactos económicos, sociales y culturales que tienen las abejas de este tipo son de gran trascendencia, principalmente el ecológico, ya que una de sus funciones es ser polinizadoras de gran variedad de plantas, a través de este proceso (reproducción de las plantas) que ocurre en sistemas ambientales a nivel mundial, se beneficia la agricultura obteniendo cultivos de fresas, café, tomate, arándanos, pepinos, almendras, manzanas, calabazas, cebolla, etcétera, todos de interés económico, comercial y nutritivo para la población.

De la abeja se pueden obtener diversos productos, entre ellos la cera, el polen, el propóleo, pero principalmente la miel de abeja, sustancia dulce producida por abejas que contiene diversos componentes que tienen un efecto benéfico en la salud de los consumidores, además de poseer valor nutricional y funcional; propiedades antiinflamatorias, antibacterianas y curativas. La miel también encuentra aplicación en la industria cosmética y alimenticia.

Debido a la relevancia de la abeja sin aguijón, es necesario conocer más de estos insectos, por lo que en la presente obra se discuten otros temas relacionados como la importancia de los enemigos naturales que influyen durante el manejo de

la abeja, la diversidad biocultural, la implementación de modelos de colaboración para los meliponicultores, esto involucra una propuesta para la cría y conservación de las abejas sin aguijón, la dinámica poblacional de las mismas, mediante las nuevas tecnologías y métodos diseñados para el monitoreo de las abejas que dan pauta al conocimiento de las diversas actividades que realizan en su entorno ambiental.



La miel de abeja sin aguijón y su composición química, funcional y/o nutracéutica

*Verónica Hernández-Robledo¹**

José Alfredo del Ángel-del Ángel

María José Ibarra-Aguñaga

¹ Los autores se encuentran adscritos a la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Blvd. E. Cárdenas González. No. 1201 Pte. Col. Jardín. C. P. 89840. Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

*Correspondencia: vero.hernandez@docentes.uat.edu.mx

Resumen

Las meliponas o meliponinos, también llamadas abejas sin aguijón son insectos de alta importancia en los ecosistemas ya que una de sus funciones es ser polinizadoras de una gran variedad de plantas. Para el sostenimiento de las abejas es necesario que se practique la meliponicultura y actualmente esta actividad va en descenso debido a factores como desinterés de la población, poco o nulo conocimiento de plagas en las colonias de abejas, y la escasa información del uso y manejo tradicional de la misma. Las abejas sin aguijón generan productos como el propóleo, la cera, polen, pero el producto más importante es la miel, que se define como una sustancia dulce, y que surge de la combinación de ciertas sustancias propias de la abeja con secreciones o néctar que se encuentran en diversas partes de las plantas. Al ser producida de forma natural, se le atribuye un valor nutritivo alto debido a una diversidad de nutrientes en su composición química, por lo que se considera como un alimento funcional. Otra característica de interés en la miel son sus propiedades terapéuticas (antioxidantes, antibacterianas, curativas, antiinflamatorias, etcétera) por lo que ha sido utilizada en la medicina tradicional alrededor del mundo.

Para demostrar las propiedades antes mencionadas y la calidad de la miel, se han realizado estudios basándose en su caracterización fisicoquímica, y otras propiedades para conocer la funcionalidad y beneficios que aporta al ser humano.

Concepto

La miel es considerada como una solución acuosa dulce, naturalmente producida por las abejas a partir de sustancias obtenidas del néctar de flores, excreciones de plantas o de insectos que interactúan con ellas; estas sustancias son absorbidas por las abejas y este proceso de transformación es realizado en el estómago (NOM-004-SAG/GAN-2018), donde glándulas de la hipofaringe producen la enzima invertasa que hidroliza a los disacáridos de sacarosa en monosacáridos de glucosa y fructosa, transformándola en miel (Kek et al., 2017).

Composición química y sus características sensoriales

Debido a la amplia variedad de nutrientes que forman parte de la composición química de la miel, la convierten en uno de los alimentos naturales más complejos y con un alto valor nutritivo (Zulkhairi et al., 2018). En ella podemos encontrar diferentes componentes como proteínas, azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, carotenoides, vitaminas, minerales, sustancias aromáticas y antioxidantes como ácidos fenólicos, flavonoides y polifenoles (Ávila et al., 2019) que actúan como antioxidantes naturales. Respecto al grupo de los carbohidratos, se encuentran la glucosa y fructosa, principales azúcares de la miel (Alqarni et al., 2014; Ávila et al., 2018).

La composición depende en gran parte del tipo de flores o plantas visitadas por las abejas ya que este material vegetal es fuente de alimentación y proporciona el néctar, esto también influye en el aroma, el sabor y la consistencia, pudiendo ser viscosa, cristalizada o fluida (CODEX, 2001).

Otra característica de importancia es el color, que puede ir desde el blanco transparente hasta el ámbar oscuro, así como el sabor que varía dependiendo de la zona geográfica, las condiciones climáticas, el suelo, las prácticas de los apicultores y la variedad de abejas que la produjo. También está influenciada por algunos factores bióticos y abióticos creados alrededor de la colonia de abejas, incluyendo las fuentes florales (Alqarni et al., 2014). En la Figura 1 se muestra la miel de abeja.

Figura 1. Miel de abeja



Fuente: www.mopapu.com/negocio/miel-de-abeja/

Miel producida por la abeja sin agujón

La meliponicultura hace referencia al manejo de la abeja sin agujón, por lo que estos insectos se han criado desde tiempos antiguos, considerándose como una práctica ancestral, conocida como la cultura de la miel (Chan Mutul et al., 2019). Es considerada como una actividad rural que ha ido en descenso debido a diversos factores ambientales y socioculturales (Fernández et al., 2021). Este tipo de abejas son conocidas como abejas meliponinis, habitan en climas tropicales y hay cerca de 500 especies. Es considerada como un insecto polinizador de diferentes cultivos que mantiene un equilibrio ecológico ya que, al ser eficientes en este proceso, la producción de alimentos se mantiene constante y con un efecto positivo nutricional para la población (Biluca et al., 2020; Alquisira-Ramírez, 2019). La actividad de estas abejas también permite obtener otros productos incluyendo polen, propóleos, cera y jalea real (Figura 2) (Bakar et al., 2017).

Figura 2. Productos derivados de la abeja



Fuente: www.siaprendes.siap.gob.mx

La miel de este tipo de abeja se caracteriza por su dulzor distintivo, mezclado con un sabor ácido y textura fluida; además tiene mayor valor agregado por sus distintos componentes bioactivos en comparación con la miel de *Apis mellifera* (Ávila et al., 2018).

Aun cuando la miel de abeja sin aguijón es un alimento natural, funcional y valorada por sus propiedades medicinales, su producción y comercialización es baja y limitada; principalmente porque no se cuenta con la implementación de un estándar que respalde la calidad de la miel. La producción es de 1 a 5 kg por colonia cada año, en comparación con la miel de la abeja *Apis mellifera* que es de 20 kg de miel por colmena (Nordin, Sainik, Chowdhury, Saim, e Idrus, 2018). Por lo tanto, la miel de abeja sin aguijón representa una materia prima de innovación para la industria cosmética, alimentaria y farmacéutica, debido a sus efectos positivos en la salud con alto potencial para ser producida y comercializada a nivel mundial (Ávila et al., 2018; Zulkhairi et al., 2018).

La composición química determina el valor nutricional de un alimento y el contenido nutricional es esencial para el etiquetado de alimentos, de acuerdo con la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) (Kek et al., 2016). El valor nutricional (composición química) de la miel se muestra en la Tabla 1, y hace referencia a diversas especies de abejas sin aguijón.

Tabla 1. Composición química de mieles de especies de abeja sin aguijón

Especie	Humedad (%)	Carbohidratos (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)
<i>Melipona scutellaris</i>	40.2	52.12	0.33	0.35
<i>Melipona sp.</i>	34.2	56.2	0.23	0.43
<i>M. indécisa</i>	27.33 ± 0.23	76.60 ± 0.56	0.06 ± 0.02	0.40 ± 0.04

Especie	Humedad (%)	Carbohidratos (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)
<i>M. cramptoni</i>	26.33 ± 0.44	74.77 ± 1.61	0.02 ± 0.00	0.40 ± 0.03
<i>M. subnida Duke</i>	23.9 ± 0.4	75.08	0.5 ± 0.1	0.52 ± 0.0
<i>M. scutellaris Latrelle</i>	24.3 ± 0.3	74.79	0.5 ± 0.0	0.41 ± 0.0
<i>Scaptotrigona polysticta</i>	22.00 ± 0.01	77.25 ± 0.62	0.18 ± 0.02	0.84 ± 0.07
<i>Paratrigona sp.</i>	27.00 ± 0.00	76.10 ± 0.05	0.23 ± 0.01	0.11 ± 0.00
<i>Tetragonisca angustula</i>	14.94	84.53	00.37	00.16

Fuente: Sousa et al., 2016; Cerda González y Méndez Cuarezma, 2018; Villacrés-Granda, 2020.

La calidad de la miel se determina por sus características fisicoquímicas y propiedades sensoriales (Seraglio et al., 2021) ya que estos parámetros establecen el grado de madurez; para esto, se evalúa acidez, humedad, actividad diastásica, contenido de azúcar y contenido de hidroximetilfurfural (HMF). El contenido de sólidos insolubles en agua, determinación de conductividad eléctrica y cenizas son parámetros que se utilizan para medir la pureza de la miel (Braghini et al., 2020).

La vida útil de un alimento es importante, ya que debido a esto es posible que se conserve por más tiempo y por ende su valor nutricional, por lo que hay algunas determinaciones que se deben realizar para medir la cantidad de agua (humedad), este parámetro influye en algunas propiedades de la miel como la cristalización y la viscosidad, además de afectar otros como la solubilidad, sabor, color, gravedad específica y vida de anaquel (Pineda Ballesteros et al., 2019). Los parámetros fisicoquímicos de diferentes mieles de diversas especies de abejas sin aguijón se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de mieles de especies de abeja sin aguijón

Especie	Aw	A*	C*	H*	pH	Az*	Color (Pfund)	Hidro*
<i>Melipona favosa</i>	0.730	18.90	0.13	28.3	-	65.46	-	-
<i>Melipona beecheii</i>	0.694	11.83	0.02	24.5	-	68.64	-	-
<i>Tetragonisca angustula</i>	-	23.83	0.36	23.83	3.95	60.18	87.5	1.21
<i>Melipona solani</i>	61.76	54.54	-	38.16	3.78	61.1	0.27	2.72
<i>Tetragonisca fiebrig</i>	-	41.14	0.41	24.30	4.05	54.99	-	7.47
<i>Liotrigona sp</i>	0.73	270	-	29.1	4.0	71	-	11.6
<i>Meliponula bocandei</i>	0.70	48	-	27.6	4.4	72.4	-	11.2
<i>Meliponula ferriginea</i>	0.70	38	-	26.1	4.9	73.9	-	10.6
<i>Meliponula togoensis</i>	0.74	30	-	31.2	5	68.8	-	15.8
<i>Plebeina armata</i>	0.71	141	-	27.2	4	72.9	-	55.2
<i>H. baker</i>	-	-	0.29	30.8	3.17	70.5	-	-
<i>Geniotrigona thoracica</i>	-	-	0.24	31.6	3.10	68.3	-	-
<i>T. binghami</i>	-	-	1.11	41.5	2.71	59.6	-	-
<i>M. fasciculata</i>	-	23	-	27.2	3.5	72.1	0.5	2.0

Especie	Aw	A*	C*	H*	pH	Az*	Color (Pfund)	Hidro*
<i>M. subnitida</i>	-	28	-	27	3.6	71	0.33	4.4
<i>Meliponula beccarii</i>	-	7.3	0.41	29	3.73	-	-	18
A*: Acidez (meq/Kg miel)		C*: Cenizas (g/100 g miel)		H*: Humedad (g/100 g miel)				
Az*: Azúcares (g/100 g miel)		Hidro*: Hidroximetilfurfural (mg/kg)						

Fuente: Vit P. et al., 2006; Vit P et al., 2016; Schvezov et al., 2019; Da S. Sant'ana, 2020; Gela et al., 2021; Alfredo et al., 2022; Mokaya et al., 2022.

En la actualidad la miel ha sido reconocida como un alimento terapéutico con propiedades que mejoran la salud, con importantes efectos medicinales y nutracéuticos relevantes en las personas. Este conocimiento fue probado a lo largo de la historia por grupos indígenas como los zapotecos y mayas, entre otros, que utilizaban la miel para curar diversas enfermedades como infecciones oculares y faringitis. El potencial bioactivo está relacionado con la composición de la miel, la cual varía dependiendo de la especie (Miguel et al., 2017; Terzo et al., 2020).

De acuerdo con recientes estudios de investigación, la presencia de diferentes compuestos como flavonoides y ácidos fenólicos tiene efecto positivo en el tratamiento del cáncer y trastornos neurológicos mientras que otros compuestos como los antioxidantes ayudan a combatir el envejecimiento y tienen capacidad antiinflamatoria; así mismo, también se aplica en la conservación de sistemas alimentarios (El-Seedi et al., 2020).

La miel es utilizada de forma tópica para el tratamiento de trastornos de la piel (quemaduras y heridas). Así mismo, se han tratado infecciones del tracto respiratorio, trastornos metabólicos y gastrointestinales. La actividad antibacteriana es la propiedad biológica más estudiada de la miel (Majtan et al., 2021).

Tabla 3. Componentes bioactivos presentes en mieles de especies de abeja sin aguijón con efecto funcional y terapéutico

Especies	Componente	Actividad biológica	Fuente
<i>Geniotrigona thoracica</i> , <i>Heterotrigona itama</i> <i>Heterotrigona erythrogastra</i>	Fenoles y flavonoides	Compuestos fenólicos y flavonoides reducen las reacciones oxidativas o los radicales libres dentro de los sistemas alimentarios y la salud humana, donando átomos de hidrógeno a los radicales libres y que son más estables después de convertirse en electrones apareados.	Tuksitha et al., 2018.

Especies	Componente	Actividad biológica	Fuente
<i>Heterotrigona itama</i>	Dietas suplementadas con miel	Una administración diaria de miel podría reducir significativamente el peso corporal, el índice de masa corporal (IMC) y el índice de adiposidad en ratas obesas con efectos comparables a los del tratamiento con orlistat, un fármaco contra la obesidad.	Mohd Rafie et al., 2018.
<i>H. itama sp.</i>	Fenilalanina	La fenilalanina puede haber desencadenado la regulación positiva de los genes en ratones tratados con miel mejorando el rendimiento de la memoria.	Mustafa et al., (2019).
<i>Trigona</i>	Compuestos fenólicos	Los compuestos fenólicos detectados fueron ácido cumárico, ácido ferúlico, ácido salicílico y ácido gálico que pueden contribuir a su actividad antifúngica contra la antracnosis, una enfermedad fúngica que provoca un grave problema de calidad en una amplia gama de productos frescos como la papaya.	Maringgal et al., 2019.
<i>Scaptotrigona bicunctata</i> <i>Melipona marginata</i> <i>Tetragonisca angustula</i> <i>Melipona quadriasciata</i> <i>Trigona hipogea</i> <i>Tetragona clavipes</i>	Compuestos fenólicos	Se redujeron los niveles de óxido nítrico en los macrófagos inflamados ya que los fenoles tienen actividad antiinflamatoria y antioxidante.	Biluca et al., 2020.
<i>Trigona</i>	Polifenoles	Los polifenoles inhibieron significativamente la producción de óxido nítrico en células RAW 264.7 inducidas por LPS en comparación con las células control. Estos compuestos presentan actividad antiinflamatoria, además de un potencial anticancerígeno <i>in vitro</i> en líneas celulares de cáncer de mama.	Badrulhisham et al., 2020.
<i>Miel (no específica)</i>	Miel, curcumina y gelatina	Membranas compuestas nanofibrosas usando curcumina y miel de abeja sin aguijón para aplicaciones de curación de heridas. La membrana compuesta tiene el potencial para curar heridas.	Kirupha et al., 2021.

Fuente: elaboración propia, 2022.

En la Tabla 3, se muestran diversos estudios que demuestran la capacidad funcional y terapéutica de los componentes presentes en la miel de abeja sin aguijón de diversas especies.

Conclusión

La miel de abeja sin aguijón es un alimento acuoso, de características organolépticas muy particulares, ha sido utilizada desde tiempos remotos como un edulcorante natural, desafortunadamente con la aparición de la azúcar refinada, producto derivado del procesamiento de la caña y con un efecto no tan benéfico en la salud de las personas, especialmente para pacientes diabéticos, personas con sobrepeso, etcétera, el consumo de la miel ha disminuido a través del tiempo. Actualmente una de las formas en las que se puede obtener, es por medio de la meliponicultura, actividad económica y cultural que se ha ido extinguiendo, diversos factores como falta de conocimiento y manejo de las abejas, problemas y contaminación del medio ambiente, han provocado que esta actividad sea poca o casi nula, sólo en algunos estados como Veracruz y Yucatán se mantiene y siguen con esta tradición.

De acuerdo con la revisión de la literatura, se han encontrado investigaciones recientes que han permitido conocer el alto valor nutricional que este alimento posee, en su composición química podemos encontrar nutrientes como agua, proteínas, grasas, carbohidratos, minerales, vitaminas y aminoácidos, mismos que hacen de la miel de abeja sin aguijón un alimento apto para ser consumido sin necesidad de darle un procesamiento tecnológico, agregar aditivos y así perder o alterar su valor nutricional.

En la miel encontramos diversos componentes bioactivos como los antioxidantes (fenoles, flavonoides, compuestos fenólicos, etcétera) que le dan un valor agregado y además tienen un efecto terapéutico y medicinal. Estas propiedades hacen de este producto, un alimento altamente recomendable, ya que su consumo puede tener un efecto benéfico en la salud de los consumidores, como actividad antiinflamatoria, antioxidante, anticancerígeno, mejoramiento en la memoria, curación de heridas en la piel, y mejoramiento en la reducción de peso, entre otras. Investigaciones recientes demuestran que la miel de abeja sin aguijón de diversas especies cuenta con la misma calidad y similar valor nutricional.

Bibliografía

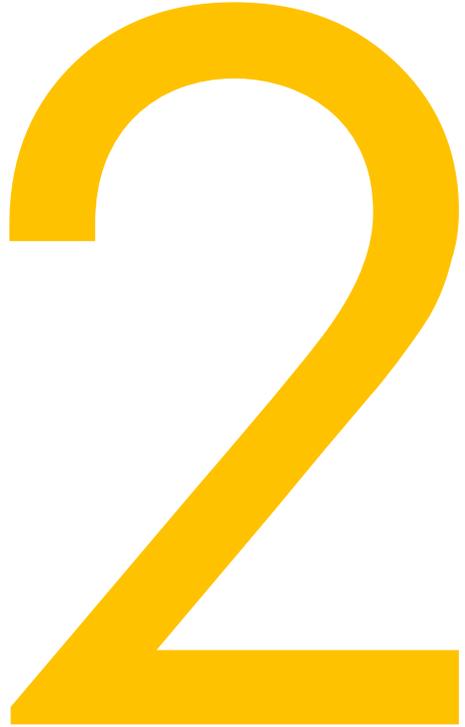
- A. Nordin, NQAV Sainik, SR Chowdhury, AB Saim, RBH Idrus. (2018). Propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas sin aguijón de todo el mundo: una revisión exhaustiva. *Diario de Composición y Análisis de Alimentos* , 73, pp. 91 - 102 , 10.1016/j.jfca.2018.06.002

- Alqarni, A. S., Owayss, A. A., Mahmoud, A. A., & Hannan, M. A. (2014). Mineral content and physical properties of local and imported honey in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18(5), 618–625. doi:10.1016/j.jscs.2012.11.009
- Alquisira-Ramírez, E. V. La importancia de la meliponicultura en México. *Prácticas agropecuarias como estrategias de seguridad alimentaria*. (2019). Encontrado en: *Prácticas agropecuarias como estrategias de seguridad alimentaria* / Erika Román Montes de Oca, coordinadora. Primera edición. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 217 páginas ISBN 978-607-8639-35-9.
- Ávila, S., Beux, M. R., Ribani, R. H., & Zambiasi, R. C. (2018). Stingless bee honey: Quality parameters, bioactive compounds, health-promotion properties and modification detection strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 81, 37-50. doi:10.1016/j.tifs.2018.09.002.
- Ávila, S., Hornung, P. S., Teixeira, G. L., Malunga, L. N., Apea-Bah, F. B., Beux, M. R., & Ribani, R. H. (2019). Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. *Food Research International*. doi:10.1016/j.foodres.2019.01.068
- Badrulhisham, N.S.R.; Ab Hamid, S.N.P.; Ismail, M.A.H.; Yong, Y.K.; Zakuan, N.M.; Harith, H.H.; Saidi, H.I.; Nurdin, A. Harvested Locations Influence the Total Phenolic Content, Antioxidant Levels, Cytotoxic, and Anti-Inflammatory Activities of Stingless Bee Honey. *J. Asia-Pac. Entomol.* 2020, 23, 950–956.
- Bakar, M. F. A., Sanusi, S. B., Bakar, F. I. A., Cong, O. J., & Mian, Z. (2017). Physicochemical and antioxidant potential of raw unprocessed honey from Malaysian stingless bees. *Pakistan Journal of Nutrition*, 16, 888–894. <https://doi.org/10.3923/pjn.2017.888.894>.
- Biluca, F.C.; da Silva, B.; Caon, T.; Mohr, E.T.B.; Vieira, G.N.; Gonzaga, L.V.; Vitali, L.; Micke, G.; Fett, R.; Dalmarco, E.M.; et al. Investigation of Phenolic Compounds, Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities in Stingless Bee Honey (Meliponinae). *Food Res. Int.* 2020, 129, 108756.
- Braghini, F., Biluca, F. C., Ottequir, F., Gonzaga, L. V., da Silva, M., Vitali, L., ... & Fett, R. (2020). *Effect of different storage conditions on physicochemical and bioactive characteristics of thermally processed stingless bee honeys*. *LWT*, 131, 109724.
- Cerda-González L. E., Méndez-Cuarezma, H. J. Evaluación de las propiedades Físicas y Químicas de la Miel que procesa la Abeja Tetragonisca Angustula cultivada en la Reserva Bosawas, en el Laboratorio de Análisis Físico químico de alimento, UNAN-MANAGUA. [Tesis doctoral] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. 2018.
- Chan Mutul, G. A., Vera Cortés, G., Aldasoro-Maya, E. M., & Sotelo-Santos, L-E. (2019). Retomando saberes contemporáneos. Un análisis del panorama actual de la meliponicultura en Tabasco. *Estudios de cultura maya*, 53, 289-326. <https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2019.53.947>

- Codex Alimentarius (2001). *Revised codex standard for honey*. Codex STAN 12–1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001).
- Da S. Sant’ana, R., de Carvalho, C. A. L., OdaSouza, M., de A. Souza, B., & de S. Dias, F. (2020). *Characterization of honey of stingless bees from the Brazilian semi-arid region*. *Food Chemistry*, 127041. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127041
- El-Seedi, H. R., Khalifa, S. A., Abd El-Wahed, A., Gao, R., Guo, Z., Tahir, H. E., ... & Abbas, G. (2020). Honeybee products: An updated review of neurological actions. *Trends in Food Science and Technology*, 101, 17-27.
- Fernández, L. P., Maya, M. A., Guzmán, M. A., Bahena, P. H., & Fuentes, Y. D. (2021). Meliponicultura para el futuro. Experiencias de formación en la frontera sur. *Ecofronteras*, 21-23.
- Gela, A., Hora, Z. A., Kebebe, D., & Gebresilassie, A. (2021). Physico-chemical characteristics of honey produced by stingless bees (*Meliponula beccarii*) from West Showa zone of Oromia Region, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1), e05875. <https://mopapu.com/negocio/miel-de-abeja/>
- J., et al. (2019). *Stingless bee honey improves spatial memory in mice, probably associated with brain-derived neurotrophic factor (BDNF) and inositol 1,4,5-triphosphate receptor type 1 (Itpr1) genes*. Evidence-based Complementary and Alternative, <https://www.hindawi.com/journals/ecam/2019/8258307/>
- Kek, S. P., Chin, N. L., Tan, S. W., Yusof, Y. A., & Chua, L. S. (2016). Classification of Honey from Its Bee Origin via Chemical Profiles and Mineral Content. *Food Analytical Methods*, 10(1), 19–30. doi:10.1007/s12161-016-0544-0
- Kirupha, S. D., Elango, S., & Vadodaria, K. (2021). Fabrication of nanofibrous membrane using stingless bee honey and curcumin for wound healing applications. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 63, 102271.
- Majtan, J., Bucekova, M., Kafantaris, I., Szweda, P., Hammer, K., & Mossialos, D. (2021). Honey antibacterial activity: A neglected aspect of honey quality assurance as functional food. *Trends in Food Science and Technology*, 118, 870-886.
- Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A., Mohamed, M. T. M., Hamzah, M. H., & Shukor, N. I. A. (2019). The causal agent of anthracnose in papaya fruit and control by three different Malaysian stingless bee honeys, and the chemical profile. *Scientia Horticulturae*, 257, 108590.
- Medicine, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8258307>.
- Miguel, M., Antunes, M. y Faleiro, M. (2017). *La miel como medicina complementaria. Percepciones de la medicina integrativa*. <https://doi.org/10.1177/1178633717702869>
- Mohd Rafie, A. Z., Syahir, A., Wan Ahmad, W. A. N., Mustafa, M. Z., & Mariatulqabthiah, A. R. (2018). *Supplementation of stingless bee honey from *Heterotrigena itama* improves antiobesity parameters in high-fat diet induced obese rat model*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2018.

- Mokaya, H. O., Nkoba, K., Ndunda, R. M., & Vereecken, N. J. (2022). Characterization of honeys produced by sympatric species of Afrotropical stingless bees (Hymenoptera, Meliponini). *Food Chemistry*, 366, 130597. doi:10.1016/j.foodchem.2021.130597
- Norma Oficial Mexicana (2018). NOM-004-SAG/GAN-2018, *Producción de miel y especificaciones*, https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020#gsc.tab=0
- Pineda-Ballesteros E, Castellanos-Riveros A, Téllez-Acuña FR. (2019). Determinantes físicoquímicos de la calidad de miel: una revisión bibliográfica. *Cuadernos de Desarrollo Rural*. 16(83).
- Schvezov, N., Pucciarelli, A. B., Valdes, B., & Dallagnol, A. M. (2019). *Characterization of yatei (Tetragonisca fiebrigi) honey and preservation treatments: dehumidification, pasteurization and refrigeration*. *Food Control*, 107080. doi:10.1016/j.foodcont.2019.107080
- Seraglio, S. K. T., Bergamo, G., Molognoni, L., Dagher, H., Silva, B., Gonzaga, L. V., Roseane Fett, R. Fett & Costa, A. C. O. (2021). Quality changes during long-term storage of a peculiar Brazilian honeydew honey: “Bracatinga”. *Journal of Food Composition and Analysis*, 97, 103769.
- Sharin, S. N., Sani, M., Jaafar, M. A., Yuswan, M. H., Kassim, N. K., Manaf, Y. N., Wasoh, H., Zaki, N., & Hashim, A. M. (2021). Discrimination of Malaysian stingless bee honey from different entomological origins based on physicochemical properties and volatile compound profiles using chemometrics and machine learning. *Food chemistry*, 346, 128654. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128654>
- Sousa, J. M. B. de, Souza, E. L. de, Marques, G., Benassi, M. de T., Gullón, B., Pintado, M. M., & Magnani, M. (2016). Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region. *LWT: Food Science and Technology*, 65, 645–651. doi:10.1016/j.lwt.2015.08.058
- Terzo, S., Mulè, F., & Amato, A. (2020). Honey and obesity-related dysfunctions: A summary on health benefits. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 82, 108401.
- Tuksitha, L., Chen, Y. L. S., Chen, Y. L., Wong, K. Y., & Peng, C. C. (2018). Antioxidant and antibacterial capacity of stingless bee honey from Borneo (Sarawak). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(2), 563-570.
- Villacrés-Granda, I., Coello, D., Proaño, A., Ballesteros, I., Roubik, D. W., Jijón, G., Alvarez-Suarez, J. M. (2020). *Honey quality parameters, chemical composition and antimicrobial activity in twelve Ecuadorian stingless bees (Apidae: Apinae: Meliponini) tested against multiresistant human pathogens*. *LWT*, 110737. doi:10.1016/j.lwt.2020.110737
- Vit, P., Enríquez, E., Barth O. M., Matsuda, A. H., Almeida Muradian, LB. Necesidad del control de calidad de la miel de abejas sin aguijón. *MedULA*. 2006;15(2), 36-42.
- Vit, P, González, I., Sorroza L, Pedro SR. Caracterización físicoquímica de miel de angelita *Tetragonisca Angustula* producida en Esmeraldas, Ecuador. *Ciencia Unemi*, 2016; vol. 9, no 20, p. 77-84.

Zulhairi Amin, F. A., Sabri, S., Mohammad, S. M., Ismail, M., Chan, K. W., Ismail, N., & Zawawi, N. (2018). Therapeutic Properties of Stingless Bee Honey in Comparison with European Bee Honey. *Advances in Pharmacological Sciences*, 2018, 1-12. doi:10.1155/2018/6179596



Productos derivados de la abeja sin aguijón

*Daniel Trujillo-Ramírez¹**

Ma. Guadalupe Bustos-Vázquez¹

Lizeth Avilene Castro-Cedillo²

¹ Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Blvd. E. Cárdenas González. No. 1201 Pte. Col. Jardín. C. P. 89840. Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

² Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Reynosa, Tamaulipas, 88700, México.

* Correspondencia: daniel.trujillo@uat.edu.mx

Resumen

El manejo y la crianza de abejas constituye una importante actividad pecuaria en la que se pueden aprovechar múltiples productos utilizados desde tiempos antiguos.

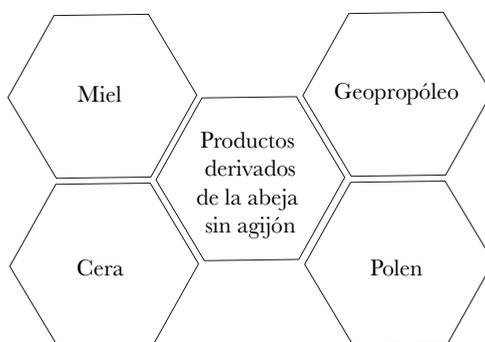
La variabilidad genética, provoca que los productos derivados de las abejas presentan diferentes componentes físicos, químicos y bioactivos, lo cual muchas veces dificulta su estandarización (factores edafoclimáticos, estado fisiológico de la colonia y la fuente botánica de donde las abejas consiguen su alimento). Sin embargo, es esta variabilidad lo que propicia que cada vez se descubran nuevas propiedades con efectos benéficos en la salud de los consumidores. La miel, el geopropóleo y el polen constituyen los principales productos de interés comercial, obtenidos de las abejas sin aguijón, esto debido a sus propiedades bioactivas y funcionales, capacidades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y quimiopreventivas. La importancia de la cera como producto generado por las abejas sin aguijón, radica en que forma parte junto con gomas, propóleo y resina de los materiales usados para la construcción de sus nidos. En este capítulo, se pretende dar a conocer los componentes fisicoquímicos y funcionales de los productos obtenidos a partir de las abejas sin aguijón.

Palabras clave: Miel, geopropóleo, cera, polen de abeja, propiedades bioactivas y funcionales.

Introducción

La meliponicultura es una actividad apícola, mediante la cual los apicultores crían, mantienen y propagan colonias de abejas sin aguijón de varias especies con fines comerciales y obtienen diferentes productos como miel, polen, cerumen (mezcla de cera y propóleo) y geopropóleo (Figura 3).

Figura 3. Productos derivados de la abeja sin aguijón



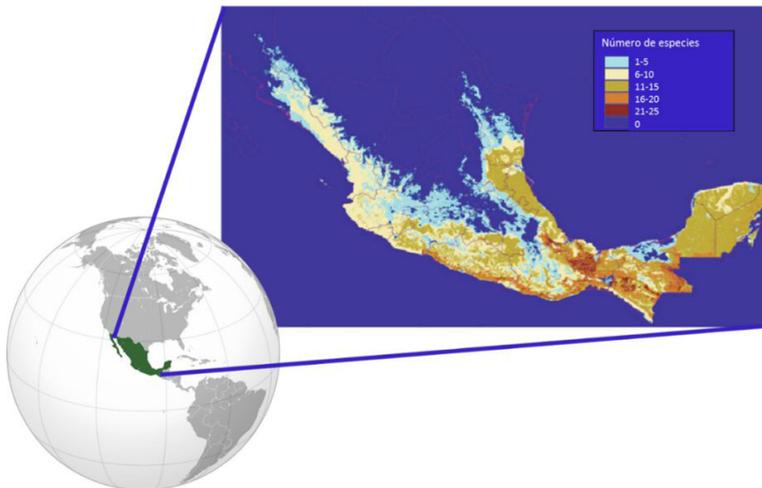
Fuente: Trujillo-Ramírez, D. (2022).

Las meliponas llamadas abejas sin aguijón no pican; por lo tanto, es más fácil extraer dichos productos con frecuencia. De acuerdo con Reyes González et al. (2020) muchas culturas los han utilizado con fines religiosos, para enriquecer y complementar sus recursos medicinales y alimentarios, y mantener la biodiversidad. Debido a su naturaleza, son abejas sociales localizadas principalmente en zonas tropicales y subtropicales, por lo que cerca del 80 % de éstas se pueden encontrar desde México hasta Brasil y el norte de Argentina (Camargo y Pedro 2013; Gonzalez et al., 2018).

Aunque este tipo de abejas representa una fracción muy pequeña (alrededor del 2.5 %) de las más de 20 000 especies de abejas conocidas en todo el mundo, se encuentran entre las abejas de mayor importancia ecológica, económica y cultural en áreas tropicales y subtropicales de Asia, África, América y Australia (Gonzalez et al., 2018; Camargo y Pedro 2013; Belina-Aldemita et al., 2020).

En México, existe una gran diversidad de géneros y especies de abejas sin aguijón y aunque representan una porción relativamente pequeña (2.6 %) de la fauna de abejas altamente diversa del país se han registrado un total de 46 especies de 11 géneros, de las cuales 12 especies (26 %) son endémicas de México, donde se encuentran en mayor proporción aquellas del género *Melipona* (17.33 %), seguidas de *Trigonisca* (10.64 %) y *Plebeia* (10.40 %), entre otras (Ayala et al., 2013).

Figura 4. Distribución de abejas sin aguijón en México



Fuente: adaptado de Ayala et al., 2013.

Estos insectos se asocian principalmente a bosques tropicales secos y húmedos, ubicados en tierras bajas y cálidas, aunque algunas especies se pueden encontrar en bosques tipo nubosos y bosques con árboles de encino y pino en zonas altas. Particularmente en la región centro-occidental de México se ha registrado una alta diversidad y endemismo de especies de abejas sin aguijón, particularmente en dos zonas principales: a) la costa del Pacífico, incluida la zona montañosa de la Sierra Madre del Sur y b) el Golfo de México y sureste de México, incluida la Península de Yucatán (Ayala et al., 2013; Quezada-Eúan et al., 2018) (Figura 4), sin embargo, en las tierras bajas y cálidas de la zona norte y oeste de México, existen registros históricos y recientes que documentan el manejo de las meliponas bajo diferentes esquemas, que van desde la obtención de cera de nidos y miel en áreas donde la cría y reproducción controlada es común (Reyes González et al., 2020). Por lo tanto, los impactos económicos, sociales y culturales que tienen las abejas de este tipo en el país son de gran trascendencia.

A) Miel

La miel, principal producto de las abejas, es conocida por su textura fluida y cristalización lenta (Biluca et al., 2016; Abd Jalil et al., 2017). En las colmenas, los néctares tienen que pasar por tres procesos diferentes de transformación antes de convertirse en miel.

- Transformación física: donde una gran parte del agua se evapora del néctar.
- Transformación biológica: correspondiente a un proceso de fermentación por levaduras y bacterias (estos microorganismos se originan en un microambiente adecuado elegido por la abeja y juegan un papel simbiótico con la colonia) (Menezes et al., 2013).
- Transformación química: ocurrida cuando las abejas obreras secretan las enzimas de sus glándulas cefálicas que son capaces de hidrolizar la sacarosa presente en el néctar, convirtiéndola en fructosa y glucosa (Chuttong et al., 2016; Ávila et al., 2018).

La miel que se almacena y se deja madurar dentro de las colonias, proporciona una miel con un grado de acidez, dulzura y propiedad medicinal relevante (Chuttong et al., 2016; Abd Jalil et al., 2017). A pesar de que los azúcares (fructosa y glucosa) y agua (Bijlsma et al., 2006; da Silva et al., 2014) se encuentran en mayor proporción, también están presentes otros compuestos como minerales, aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas, compuestos fenólicos (flavonoides y ácidos fenólicos), proteínas y enzimas (da Silva et al., 2014; Biluca et al., 2016; Alvarez-Suarez et al., 2018; Belina-Aldemita et al., 2020) (Figura 5).

Figura 5. Muestra de miel de abeja sin aguijón



Fuente: fotografía por Trujillo-Ramírez, D. (2022).

Los factores que afectan el sabor, aroma, propiedades fisicoquímicas y contenido de compuestos bioactivos presentes en la miel están relacionados con las fuentes botánicas, factores edafoclimáticos, el estado fisiológico de la colonia, el estado de madurez de la miel y las diferentes especies de abejas (Bijlsma et al., 2006; de Almeida-Muradian et al., 2013; da Costa et al., 2018b; Alvarez-Suarez et al., 2018), esto provoca que los estándares de calidad sean heterogéneos, sin embargo, esta variabilidad también provoca que la miel presente distintas propiedades bioactivas y funcionales.

De las abejas sin aguijón, *Melipona* es uno de los géneros que ha sido mayormente estudiado por la comunidad científica, por ejemplo, da Costa et al. (2018a) analizaron miel de *Melipona subnitida* y *Melipona scutellaris* mediante microextracción en fase sólida en modo espacio de cabeza (HS-SPME, por sus siglas en inglés) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas y detectaron un total de 114 compuestos volátiles, de los cuales los mayores contenidos fueron terpenos, seguidos de ésteres, norisoprenoides, derivados bencenos, furanos, cetonas, hidrocarburos, alcoholes, aldehídos y otros ácidos orgánicos. Mientras que Alvarez-Suarez et al. (2018) identificaron 19 compuestos en la miel de *Melipona beecheii* usando cromatografía líquida de alta resolución equipada con masa de detección de matriz de fotodiodos (HPLC-DAD-ESI MS, por sus siglas en inglés), entre los que identificaron C-pentosil-C-hexosil-apigenina, ácido cumárico, isorhamnetina, kaempferol, luteolina, apigenina, quercetina, ácido ferúlico y ácido dihidrocafeico.

Composición química y propiedades bioactivas

La miel de estas abejas es una mezcla compleja de compuestos orgánicos. Esto ha provocado un creciente interés por esta miel, ya que, debido a su composición, se han asociado propiedades antisépticas, antimicrobianas, anticancerígenas, antiinflamatorias y cicatrizantes (Borsato et al., 2014; Rao et al., 2016; Yazan et al., 2016; Aziz et al., 2017).

Otros compuestos de interés son los que presentan actividad biológica por su capacidad antioxidante, algunos de ellos se conocen como flavonoides, ácidos fenólicos, y algunas enzimas como la catalasa y glucosa oxidasa y han sido de mayor estudio e interés por los investigadores, ya que a estos componentes se les ha asociado con la prevención de enfermedades con los procesos de estrés oxidativo (Rao et al., 2016; Alvarez-Suarez et al., 2018; Ávila et al., 2018). Además de todas estas propiedades, la miel de abeja sin aguijón es una mezcla compleja de carbohidratos (52.12-84.53 %), proteínas (0.33-0.37 %), ácidos orgánicos, minerales, vitaminas y enzimas, por lo que se considera como una excelente fuente de alimento (de Almeida-Muradian et al. 2013). Sin embargo, su composición proteica es baja y ha sido poco investigada, pero se sabe que la fenilalanina (5.20-1231 mg kg⁻¹) y la prolina (12.1-762 mg kg⁻¹) han sido los aminoácidos libres mayormente encontrados en muestras de miel de abejas del género *Melipona*, no obstante, también se ha encontrado una gran diversidad de aminoácidos libres (Biluca et al., 2019).

Métodos de conservación

Haciendo una comparación respecto al valor comercial de la miel, se ha encontrado que la miel de abejas sin aguijón tiene un valor más alto que la miel de abejas *Apis mellifera* (Chidi & Odo, 2017), sin embargo, el contenido de agua de la miel de abeja sin aguijón es mayor en comparación con la miel de *A. mellifera*, por lo tanto, la miel de las meliponinas puede fermentar mucho más rápidamente y con mayor probabilidad que la miel de *Apis* (Bijlsma et al., 2006; Chuttong et al., 2016; Menezes et al., 2018). Esta mayor tasa de fermentación es un problema para la meliponicultura, porque la venta de miel es una fuente importante de ingresos para los meliponicultores y el no procesar esta miel puede disminuir considerablemente la vida de anaquel (Venturieri et al., 2007; Sodr e et al., 2008).

Para superar esta problemática, en algunas regiones de Brasil y en otras partes del mundo, los apicultores de abeja sin aguijón han desarrollado los siguientes métodos de conservación:

- **Proceso de maduración.** Después de la cosecha, la miel se mantiene en frascos o recipientes limpios, secos y cerrados a temperatura ambiente donde la miel se fermenta de forma natural. Los contenedores se abren todas las semanas para

liberar los gases producidos durante la fermentación. Después de unos tres meses, la fermentación se detiene y la miel se puede almacenar a temperatura ambiente durante un largo período sin deteriorarse (Venturieri et al., 2007).

• **Pasteurización.** Consiste en calentar la miel hasta 60-70 °C, seguido de su enfriamiento natural a temperatura ambiente. La miel se pasteuriza en el recipiente en el que se venderá y se almacenará en la estantería. Esto evita la contaminación que podría ocurrir si la miel se transfiriera a un nuevo frasco. El proceso hace que la miel sea inocua. Luego tiene una vida útil de hasta 2 años después de la fecha de pasteurización (Venturieri et al., 2007). Aroucha et al. (2010) evaluaron el efecto del calor sobre las propiedades fisicoquímicas de la miel de *Melipona subnitida* en su forma natural. Después de calentarla en un horno a 70 °C por diferentes períodos, los resultados indicaron que el tratamiento térmico disminuyó la acidez y la humedad; sin embargo, el contenido de hidroximetilfurfural (HMF) y azúcares reductores aumentó significativamente.

Menezes et al. (2018) adoptaron la pasteurización como medida para minimizar la proliferación de microorganismos en la miel de *M. fasciculata* y *M. flavolineata*. El proceso influyó significativamente en la humedad, el pH, la sacarosa aparente y el HMF de las mieles, pero no influyó en la acidez, las cenizas y los azúcares reductores, de acuerdo con los resultados obtenidos, estos parámetros fueron afectados por la modificación del contenido de humedad en la miel. Por tanto, no existe un tratamiento que responda a las peculiaridades de la miel producida por estas abejas ni hace que ningún tratamiento sea universalmente apto para alcanzar los parámetros de calidad.

• **Refrigeración después de la recolección.** Algunos tipos de miel pueden cristalizar con este método, aunque se pierde la apariencia líquida de la miel natural, el proceso proporciona una textura especial a la miel. En este proceso las propiedades naturales de la miel se mantienen por algunos años sin fermentar, sin embargo, dificulta su comercialización debido a que necesita ser refrigerada desde la cosecha hasta el consumo.

• **Deshidratación.** Es una solución viable y se puede almacenar a temperatura ambiente sin fermentación, pero afecta el sabor y la textura natural de la miel de abeja sin aguijón, estas características son similares a la miel de *Apis mellifera* (Sodré et al., 2008).

B) Geopropóleo

El geopropóleo es una mezcla heterogénea de material resinoso y balsámico recolectado por abejas nativas sin aguijón a partir de exudados recogidos de diversas fuentes vegetales que luego son procesados por enzimas salivales para mezclarse

con otras sustancias como la cera (Sforcin y Bankova 2011, Silva et al. 2014; Hochheim et al., 2019; Yusop et al., 2019). La apariencia física de este biomaterial se puede observar pegajoso por encima de la temperatura ambiente y por debajo de esta temperatura se vuelve quebradizo y duro (Parolia et al., 2010) (Figura 6). Esta característica es propia de abejas sin aguijón, estas variedades utilizan el geopropóleo para construir panales y mantener su salud en óptimas condiciones, además de utilizarlo como agente sellador y mecanismo de defensa para evitar que organismos invasores entren a la colmena (Pereira Dutra et al., 2014; Zhao et al., 2017).

Figura 6. Geopropóleo de *Melipona fasciculata* Smith colectado en el Estado de Maranhao, Brasil



Fuente: Pereira Dutra et al., 2014.

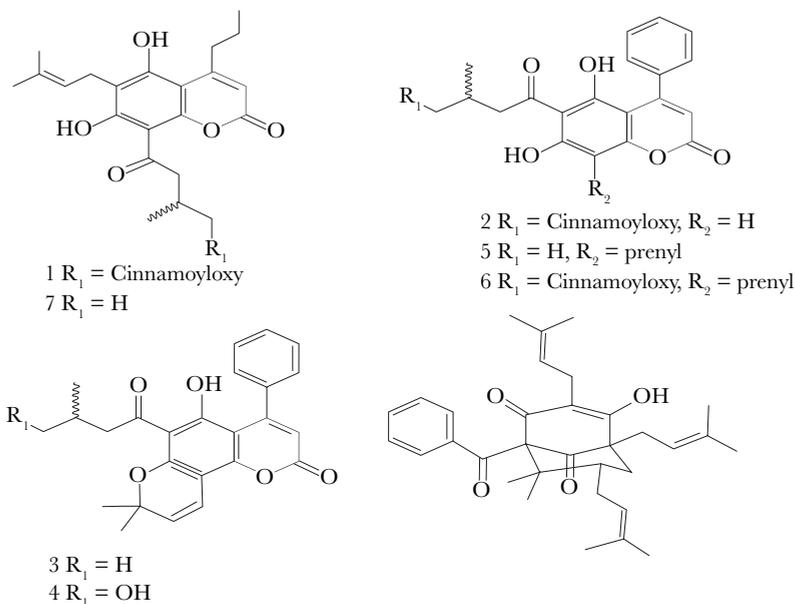
Componentes bioactivos

Diferentes estudios han demostrado que diferentes tipos de geopropóleos tienen efecto antinociceptivo (Silva et al. 2014), antiinflamatorio (Campos et al., 2015; dos Santos et al., 2017), antioxidante (Pereira Dutra et al., 2014; Campos et al., 2015; Bonamigo et al., 2017; dos Santos et al., 2017; Hochheim et al., 2019; Yusop et al., 2019), inmunomodulador (Liberio et al., 2011), antibacteriano (Campos et al., 2015; dos Santos et al., 2017) y antiproliferativo (Campos et al., 2015; Hochheim et al., 2017). Muchas de estas actividades tienen su génesis en sus composiciones químicas que son extremadamente complejas y su diversidad depende de la flora visitada y la temporada (Sforcin y Bankova 2011; Silva et al., 2014; Machado et al., 2016), así como de la especie de abeja sin aguijón (dos Santos et al., 2017; Yusop et al., 2019). Se han reportado, algunos metabolitos bioactivos potenciales en geopropóleos, tales como fenilpropanoides, flavonoides (Silva et al., 2014), galotaninos, elagitaninos (Pereira Dutra et al., 2014), benzofenonas, cumarinas (da Cunha et al., 2016) terpenos y ácido gálico (Pereira Dutra et al., 2014; dos Santos et al., 2017).

Composición química

Si bien, la composición del geopropóleo aún no es clara y dada la variabilidad en su composición, da Cunha et al. (2016) han fraccionado el geopropóleo de *Melipona scutellaris* guiado por la actividad antiproliferativa contra dos líneas celulares de cáncer de colon (COLO205 y KM12), ellos aislaron dos nuevos ésteres de ácido cinámico, cumarinas de tipo mammea 5,7-dihidroxi-6-(3-metil-2-butenil)-8-(4-cinamoil-3-metil-1-oxobutil)-4-propil-cumarina (1) y 5,7-dihidroxi-6-(4-cinamoil-3-metil-1-oxobutil)-4-fenilcumarina (2), junto con cinco cumarinas conocidas, mammeigin (3), hidroximameigina (4), mammeisina (5), cinamoiloxi-mammeisina (6) y mammeína (7), y la benzofenona prenilada ent-nemorosona (8) (Figura 7). Siendo 5 y 7 los compuestos que mostraron la mayor inhibición del crecimiento celular contra COLO205 y KM12.

Figura 7. Estructuras químicas de compuestos aislados del geopropóleo de *Melipona scutellaris*



Fuente: adaptado de da Cunha et al., 2016.

El geopropóleo de *Melipona mondury* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) especie distribuida extensamente en el noreste de Brasil, cuenta con la presencia de terpenos y ácido gálico y exhibe actividad contra enfermedades inflamatorias, oxidativas, infecciosas y neoplásicas según reportes de dos Santos et al. (2017). Además, Yusop et al. (2019) encontraron que el extracto de *Trigona itama* (especie distribuida en

Malasia) presenta un efecto antibacteriano contra microorganismos patógenos (*Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*).

En Brasil, los propóleos se clasifican según el predominio de la clase de metabolitos secundarios que imparten una coloración característica a cada muestra. Esta puede asumir tonos de marrón que van del verdoso al rojizo (Nunes y Guerreiro, 2012; Machado et al., 2016).

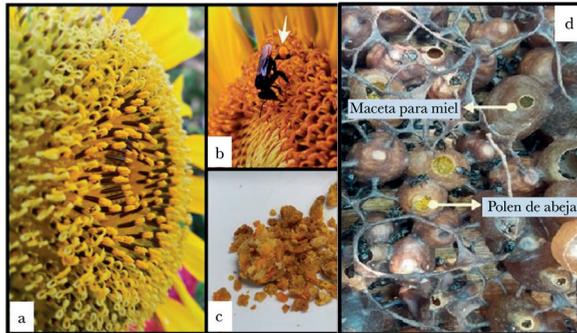
El propóleo más común en Brasil es el verde, debido a sus características fisicoquímicas, su agradable olor y su color que va del amarillo verdoso al verde oscuro (Nunes y Guerreiro, 2012).

- El propóleo verde tiene en su composición compuestos como fenilpropanoide prenilado, derivados del ácido cinámico prenilado, mono y sesquiterpenos (con un olor resinoso característico) y clerodano y labdano de tipo diterpenos, sesquiterpenos no volátiles, algunos triterpenos y un bajo contenido de flavonoides (Nunes y Guerreiro, 2012).
- El propóleo amarillo tiene una composición más compleja y variable y contiene principalmente compuestos alifáticos como triterpenoides y esteroides (Cuesta-Rubio et al., 2007).
- El propóleo verde con matices de propóleo amarillo de *Melipona quadrifasciata* presenta un alto contenido de compuestos fenólicos y flavonoides que incluyen catequina, epicatequina, aromadendrina, ácido p-cumárico, naringenina, pinocembrina, quercetina, epigalocatequina, ácido p-OH-benzoico, galato de epigalocatequina y ácido cumárico (Hochheim et al., 2017).

C) Polen

El polen de abeja (Figura 8) es el término utilizado para nombrar a los granos de polen que provienen de diversas fuentes botánicas (Figura 8a), y son recolectados por las abejas y mezclados con néctar, secreciones de las glándulas hipofaríngeas y enzimas salivales (amilasa y glucosidasa) y miel para humedecer, aglutinar y empaquetar el polen recolectado de sus extremidades inferiores (Figura 8b), las abejas recolectoras transportan el polen recolectado (polen de abeja) con néctar de regreso a su colmena, donde es fermentada por microbios autóctonos durante el almacenamiento en las “macetas de cerumen” (Figura 8d), es durante este almacenamiento, que tiene lugar la fermentación del ácido láctico para transformar el polen de las plantas en polen de abeja (Leonhardt et al., 2007; da Silva et al., 2009; Belina-Aldemita et al., 2020; de Jesus Oliveira et al., 2020; Mohammad et al., 2021). El polen de abeja, también es conocido como pan de abeja, polen fermentado, polen de maceta, polen almacenado o ambrosía (Figura 8c).

Figura 8. (a) Polen de flores, (b) polen de abeja en la pata trasera de la abeja sin aguijón (*Heterotrigona itama*), (c) polen de abeja fermentado (pan de abeja), (d) obtenido de maceta de cerumen de abeja sin aguijón



Fuente: adaptado de Mohammad et al., 2021.

Debido a su pequeño tamaño (en comparación con la *Apis mellifera*), estas abejas recolectan polen de frutas, árboles y plantas ornamentales, arbustos, epífitas, hierbas y plantas infrautilizadas (Ghazi et al., 2018; Roubik et al., 2018). El modo de obtención de este producto consiste en instalar una trampa de polen en la entrada de la colmena, esto obliga a las abejas a arrastrarse por un agujero estrecho que permite recolectar el polen de abeja adherido a sus extremidades inferiores (Leonhardt et al., 2007; Szczesna, 2007), también se obtiene de forma manual utilizando fórceps, pinzas o espátula, aunque resulte difícil lograr una producción masiva que permita su comercialización (Khalifa et al., 2020). Una vez que las macetas de polen están llenas, las macetas se cierran herméticamente (Figura 8d) (Menezes et al., 2013) antes de ser consumidas por larvas o abejas adultas jóvenes como fuente de proteína.

Propiedades fisicoquímicas y bioactivas

Los granos de polen se estudian en función de sus características físicas, como el color, forma, tamaño, y ornamentación. El tamaño puede estar entre 2.5 y 250 μm de diámetro (Denisow et al., 2016). La forma puede ser granular, lisa, reticulada (tipo malla) y/o equinato (tipo espiga) (Hesse et al., 2009). De acuerdo con la frecuencia de ornamentación (fuente botánica) visitada por este tipo de abejas, el polen se puede clasificar en monofloral/unifloral o multifloral (Roubik et al., 2018; Mohammad et al., 2021); tiene colores que fluctúan entre el amarillo, naranja, marrón, negro y morado. Las características se atribuyen a la presencia de flavonoides (Modro et al., 2009) que dependen relativamente del tipo de ornamentación.

La pared del polen se compone de tres capas diferentes:

- Pollenkitt: la capa exterior.
- Exina: la pared que sigue al Pollenkitt compuesta de esporopolenina, es la capa más difícil de digerir por las abejas y los animales (Roulston et al., 2000).
- Intina: Es la pared interna compuesta de celulosa y pectina (Hesse et al., 2009).

El color del polen tiende a volverse negro una vez almacenado en la colmena debido a la oxidación (Modro et al., 2009). El sabor del polen de abeja es diferente según las especies. Por ejemplo, *Tetragonula angustula*, *Ptilotrigona*, *Frieseomelitta doederlini*, y *Frieseomelitta varia*, producen un polen dulce, mientras que *Melipona* y *Scaptotrigona* producen un polen amargo (De Oliveira Alves et al., 2018). El pH del polen de las abejas sin aguijón es ligeramente ácido y se encuentra en un intervalo de 3.28 a 4.13 (Belina-Aldemita et al., 2019; de Jesus Oliveira et al., 2020).

El polen de abeja sin aguijón está compuesto principalmente por azúcares libres como fructosa (4.39 - 9.58 g/100 g), glucosa (0.25 - 1.95 g/100 g), sacarosa (4.29 - 26.04 g/100 g) y por bajas concentraciones de disacáridos y trisacáridos (Belina-Aldemita et al., 2019; Szczesna, 2007; Basari et al., 2018), no obstante, el contenido de manitol que es el componente derivado de los azúcares encontrado en mayor proporción en el polen de abeja, varía considerablemente de acuerdo al tipo, pues se han reportado valores de 20.8 % a 34.9 % en *Melipona subnitida* (Silva et al., 2006; da Silva et al., 2014) y de 12.66 ± 5.47 %, para *Tetragonula biroi* Friese (Belina-Aldemita et al., 2019) donde la concentración de compuestos fenólicos (fenoles y flavonoides) es alta. El polen de abeja sin aguijón presenta un buen balance de aminoácidos libres, sin embargo, la prolina y la serina son los aminoácidos con mayor presencia (da Silva et al., 2014; Biluca et al., 2019). Respecto a los ácidos grasos, el ácido palmítico (C16: 0) se encuentra en mayor proporción, seguido de ácido oleico (C18: 1), linoleico (C18: 2n6) y linolénico (C18: 3n3) (de Jesus Oliveira et al., 2020). Algunos minerales que se han cuantificado son potasio, fósforo, sodio, calcio y magnesio principalmente (da Silva et al., 2014). Por todas estas características y su alta calidad nutricional, el polen de abeja sin aguijón puede ser considerado como un excelente alimento humano o como aditivo alimentario (da Silva et al., 2014).

El polen de abeja tiene una amplia gama de actividades fisiológicas y farmacológicas, como actividades antimicrobianas, antimutagénicas, antioxidantes, antiinflamatorias, antifúngicas, antirradiación y quimioprotectoras/quimiopreventivas (Silva et al., 2006; Ghazi et al., 2018; de Jesus Oliveira et al., 2020; Mohammad et al., 2021).

D) Cera

La cera de abeja sin aguijón es un producto secretado en la superficie dorsal de su abdomen. Es un producto utilizado junto con gomas, resinas y propóleos de la vegetación para la construcción de sus nidos (Abd Jalil et al., 2017). Además, la cera se utiliza en una proporción que va del 30 al 40 % como componente del geopropóleo (Bonamigo et al., 2017).

Composición y propiedades funcionales

La cera de abeja sin aguijón, consta principalmente de ésteres de cadena larga, acetato de triacantanilo y acetato de octacosanilo, cantidades menores de alcanos y alquenos lineales C_{21} a C_{31} , y cantidades aún menores de aldehídos lineales y ésteres de isobutirato, este tipo de cera es similar al de otras abejas sin aguijón, además, el análisis de estos componentes ha demostrado que la cera de las obreras y de la reina contienen las mismas sustancias y que existen pequeñas diferencias en su composición (Koedam et al., 2002).

Debido a que este material está en contacto con otros productos propios de la miel, se le confieren algunas propiedades funcionales. Por ejemplo, en el estado de Guerrero, México, la utilizan como incienso y para tratar el estreñimiento en los bebés y los cólicos (coraje) en los recién nacidos, esto último es considerada una enfermedad cultural más que física, pues es transmitida por los adultos mediante la ira o el dolor que se manifiesta en el bebé con un llanto continuo (Gonzalez et al., 2018). La cera también se utiliza para fabricar velas tradicionales y para sellar o pegar utensilios domésticos locales, como aquellos destinados a almacenar agua (guajes y bules hechos de calabazas *Lagenaria siceraria*), también se emplea como sellador para injertar árboles frutales, para la confección de figurillas ornamentales destinadas a festividades comunitarias; incluso los niños la utilizan para pegar el papel con el que elaboran sus papalotes (Padilla Vargas et al. 2014; González et al., 2018; Reyes-González et al., 2020).

Bego (1983) informa que las obreras de *Melipona bicolor* producen cera entre los 6 y 30 días de edad, mientras que Koedam et al. (2002) informan que las jóvenes reinas vírgenes de *Melipona bicolor* producen cera como las obreras, estas pequeñas escamas de cera producidas por las reinas son de color blanco incluso transparentes y sobresalen del espacio intersegmental donde cubren la parte anterior de la cutícula del tergito, de forma similar a la de las obreras. No obstante, las obreras producen cera a partir de glándulas epidérmicas ubicadas entre el cuarto y el séptimo tergito (Cruz Landim, 1967), mientras que las reinas secretan cera de la glándula epidérmica solo en el tercer tergito (Koedam et al., 2002). La cera de abeja se muestra a continuación.

Figura 9. Cera de abeja sin aguijón



Fuente: www.botanical-online.com

Conclusión

Las meliponas o abejas sin aguijón son capaces de producir una variedad extensa de productos como la miel, geopropóleo, cera y polen de abeja, dependientes de factores intrínsecos y extrínsecos, estos a su vez le confieren propiedades fisicoquímicas y bioactivas únicas. Además, de las propiedades funcionales como capacidad antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatoria y quimiopreventivas, estos productos debido a su composición nutrimental constituyen un excelente alimento para los humanos. Si bien, en México, predomina el género *Melipona*, se debe empezar a dilucidar sus propiedades fisicoquímicas y funcionales a fin de incentivar la producción y el consumo de estos productos, para incrementar la economía de los pequeños productores rurales y como fuente de mejoramiento para la biodiversidad del país.

Bibliografía

- Abd Jalil, M. A., Kasmuri, A. R., & Hadi, H. (2017). Stingless bee honey, the natural wound healer: A review. *Skin Pharmacology and Physiology*, 30(2), 66-75.
- Alvarez-Suarez, J. M., Giampieri, F., Brenciani, A., Mazzoni, L., Gasparri, M., González-Paramás, A. M., et al. (2018) *Apis mellifera* vs *Melipona beecheii* Cuban polyfloral honeys: a comparison based on their physicochemical parameters, chemical composition and biological properties. *LWT- Food Science and Technology*, 87, 272-279.
- Aroucha-Santos, M. C., Mendes-Aroucha, E. M., de Souza-Freitas, W. E., de Paiva-Soares, K. M., de Barro-Mendes, F. I., de Oliveira C. R. et al. (2010). Parâmetros físico-químicos do mel de abelha sem ferrão (*Melipona subnitida*) após tratamento térmico. *Acta Veterinaria Brasílica*, 4(3), 153-157.

- Ávila, S., Beux, M. R., Ribani, R. H. & Zambiasi, R. C. (2018). Stingless bee honey: Quality parameters, bioactive compounds, health-promotion properties and modification detection strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 81, 37-50.
- Ayala, R., González, V., and Engel, M. S. (2018). Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, distribution, and indigenous knowledge. In P. Vit., S. R. M. Pedro, and D. W. Roubik. (Eds.), *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. (pp. 135-152). New York: Springer.
- Aziz, M. S. A., Giribabu, N., Rao, P. V., & Salleh, N. (2017). Pancreatoprotective effects of *Geniotrigona thoracica* stingless bee honey in streptozotocin-nicotinamide-induced male diabetic rats. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 89, 135-145.
- Basari, N., Ramli, S. N., & Khairi, N. S. M. (2018). Food reward and distance influence the foraging pattern of stingless bee, *Heterotrigona itama*. *Insects*, 9(4), 138.
- Bego, L. R. (1983). On some aspects of bionomics in *Melipona bicolor* Lepeletier (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 27, 211-224.
- Belina-Aldemita, M. D., Fraberger, V., Schreiner, M., Domig, K. J., & D'Amico, S. (2020). Safety aspects of stingless bee pot-pollen from the Philippines. *Die Bodenkultur. Journal of Land Management, Food and Environment*, 71, 87-100.
- Bijlsma, L., De Bruijn, L. L. M., Martens, E. P. & Sommeijer, M. J. (2006). Water content of stingless bee honeys (*Apidae, Meliponini*): interspecific variation and comparison with honey of *Apis mellifera*. *Apidologie*, 37(4), 480-486.
- Biluca, F. C., Bernal, J., Valverde, S., Ares, A. M., Gonzaga, L. V., Oliveira Costa, A. C. et al. (2019). Determination of Free Amino Acids in Stingless Bee (*Meliponinae*) Honey. *Food Analytical Methods*, 12, 902-907.
- Biluca, F. C., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O. & Fett, R. (2016). Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (*Meliponinae*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50, 61-69.
- Bonamigo, T., Campos, J. F., Alfredo, T. M., Balestieri, J. B. P., Cardoso, C. A. L., Paredes Gamero, E. J. et al. (2017). Antioxidant, cytotoxic, and toxic activities of propolis from two native bees in Brazil: *Scaptotrigona depilis* and *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 1-12.
- Borsato, D. M., Prudente, A. S., Boscardin, P. M., Döll-Boscardin, P. M., Borsato, A. V., Luz, C. F. P. et al. (2014). Topical Anti-inflammatory Activity of a Monofloral Honey of *Mimosa scabrella* provided by *Melipona marginata* During Winter in Southern Brazil. *Journal of Medicinal Food*, 17(7), 817-825.
- Camargo, J. M. F. & Pedro, S. R. M. (2013). Meliponini Lepeletier, 1836. In: J. S., Moure, D. Urban, & G. A. R. Melo. (Eds.), *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region*. (pp. 272-578). Brazil. Sociedade Brasileira de Entomologia.

- Campos, J. F., dos Santos, U. P., Rocha, P. S., Damião, M. J., Balestieri J. B. P., Cardoso, C. A. L. et al. (2015). Antimicrobial, antioxidant, antiinflammatory, and cytotoxic activities of propolis from the stingless bee *Tetragonisca febrigi* (Jataí). *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*. 296186.
- Chidi, O. H. & Odo, P. E. (2017). Meliponiculture for sustainable economy. In Proceeding of the 4th Delta State University Faculty of Science International Conference; Abraka, Delta State, Nigeria. pp. 131-137.
- Chuttong, B., Chanbang, Y., Sringarm, K., & Burgett, M. (2016). Effects of long term storage on stingless bee (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) honey. *Journal of Apicultural Research*, 54(5), 441-451.
- Cruz Landim, C. da C., 1967. Estudo comparativo de algumas glândulas das abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e respectivas implicações evolutivas. *Arquivos De Zootologia*, 15(3), 177-290.
- Cuesta-Rubio, O., Piccinelli, A. L., Campo Fernandez, M. C., Márquez Hernández, I. M., Rosado, A., & Rastrelli, L. (2007). Chemical characterization of Cuban propolis by HPLC-PDA, HPLC-MS, and NMR: The brown, red, and yellow Cuban varieties of propolis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(18), 7502-7509.
- da Costa, A. C. V., Sousa J. M. B., Bezerra, T. K. A., Silva, F. L. H., Pastore, G. M., Silva, M. A. A. P. et al. (2018a). Volatile profile of monofloral honeys produced in Brazilian semiarid region by stingless bees and key volatile compounds. *LWT- Food Science and Technology*, 94, 198-207.
- da Costa, A. C. V., Sousa, J. M. B., da Silva, M. A. A. P., Garruti, D. d.S., & Madruga, M. S. (2018b). Sensory and volatile profiles of monofloral honeys produced by native stingless bees of the Brazilian semiarid region. *Food Research International*, 105, 110-120.
- da Cunha, M. G., Rosalen, P. L., Franchin, M., de Alencar, S. M., Ikegaki, M. & Ransom, T. (2016). Antiproliferative Constituents of Geopropolis from the *Bee Melipona scutellaris*. *Planta medica*, 82(3), 190-194.
- da Silva, G. R., da Natividade, T. B., Camara, C. A., da Silva, E. M. S., dos Santos, F. A. R. & da Silva, T. M. S. (2014). Identification of sugar, amino acids and minerals from the pollen of Jandaíra stingless bees (*Melipona subnitida*). *Food and Nutrition Sciences*, 05(11), 1015-1021.
- de Almeida-Muradian, L. B., Stramm, K. M., Horita, A., Barth, O. M., da Silva de Freitas, A. & Estevinho, L. M. (2013). Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(8), 1698-1706.
- de Jesus Oliveira, D., dos Santos, D. R., Andrade, B. R., do Nascimento, A. S., da Silva, M. O., da Cruz Mercês, C. et al. (2020). Botanical origin, microbiological quality and

- physicochemical composition of the *Melipona scutellaris* pot-pollen (“samburá”) from Bahia (Brazil) Region. *Journal of Apicultural Research*, 60(3), 1-13.
- de Oliveira Alves, R. M. & Carvalho, C. A. L. (2018). Pot-Pollen “Samburá” Marketing in Brazil and Suggested Legislation. In P. Vit., S. R. M. Pedro, and D. W. Roubik. (Eds.), *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. (pp. 435-443). Switzerland. Springer International Publishing.
- Denisow, B. & Denisow-Pietrzyk, M. (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4303-4309.
- dos Santos, T. L. A. D., Queiroz, R. F., Sawaya, A. C. H. F., Lopez, B. G., Soares, M. B. P., Bezerra, D. P. et al. (2017). *Melipona mondury* produces geopropolis with antioxidant, antibacterial and antiproliferative activities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(3), 2247-2259.
- Ghazi, R., Zulqurnain, N. S. & Azmi, W. A. Melittopalynological Studies of Stingless Bees from the East Coast of Peninsular Malaysia. (2018). In P. Vit., S. R. M. Pedro, and D. W. Roubik. (Eds.), *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. (pp. 77-88). Switzerland. Springer International Publishing.
- Gonzalez, V. H., Amith, J. D. & Stein, T. J. (2018). Nesting ecology and the cultural importance of stingless bees to speakers of Yoloxóchitl Mixtec, an endangered language in Guerrero, Mexico. *Apidologie*, 49, 625-636.
- Hesse, M., Halbritter, H., Weber, M., Buchner, R., Frosch-Radivo, A., Ulrich, S. et al. (2009). *Pollen Terminology: An Illustrated Handbook*. Springer Science & Business Media, Germany.
- Hochheim, S., Guedes, A., Faccin-Galhardi, L., Rechenchoski, D. Z., Nozawa, C., Linhares, R. E. et al. (2017). Determination of phenolic profile by HPLC–ESI-MS/MS, antioxidant activity, *in vitro* cytotoxicity and anti-herpetic activity of propolis from the Brazilian native bee *Melipona quadrfasciata*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29(3), 339-350.
- Khalifa, S. A. M., Elashal, M., Kieliszek, M., Ghazala, N. E., Farag, M. A., Saeed, A., et al. (2020). Recent insights into chemical and pharmacological studies of bee bread. *Trends in Food Science and Technology*, 97, 300-316.
- Koedam, D., Jungnickel, H., Tentschert, J., Jones, G. R. & Morgan, E. D. (2002). Production of wax by virgin queens of the stingless bee *Melipona bicolor* (Apidae, Meliponinae). *Insectes sociaux*, 49, 229-233.
- Leonhardt, S. D., Dworschak, K., Eltz, T. & Blüthgen, N. (2007). Foraging loads of stingless bees and utilisation of stored nectar for pollen harvesting. *Apidologie*, 38(2), 125-135.
- Liberio, S. A., Pereira, A. L. A., Dutra, R. P., Reis, A. S., Araújo, M. J. A. M., Mattar, N. S., et al. (2011). Antimicrobial activity against oral pathogens and immunomodulatory effects and toxicity of geopropolis produced by the stingless bee *Melipona fasciculata* Smith. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 11, 59.

- Machado, C. S., Mokochinski, J. B., Onofre de Lira, T., de Oliveira, F. C. E., Cardoso, M. V., Ferreira, R. G., et al. (2016). Comparative study of chemical composition and biological activity of yellow, green, brown, and red Brazilian propolis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-11.
- Menezes, B. A. D., Mattietto, R. A., Lourenço, L. F. H. (2018). Evaluation of quality of honey from africanized and stingless bees natives of the northeast of the state of Pará. *Ciência Animal Brasileira*, 19, e-46578.
- Menezes, C., Vollet-Neto, A., León Contreras, F. A. F., Venturieri, G. C. & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2018). The Role of Useful Microorganisms to Stingless Bees and Stingless Beekeeping. In P. Vit., S. R. M. Pedro, and D. W. Roubik. (Eds.), *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. (pp. 153-171). New York. Springer.
- Modro, A. F. H., Silva, I. C., Luz, C. F. P., & Message, D. (2009). Analysis of pollen load based on color, physicochemical composition and botanical source. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81(2), 281-285.
- Mohammad, S. M., Mahmud-Ab-Rashid, N. K., & Zawawi, N. (2021). Stingless Bee-Collected Pollen (Bee Bread): Chemical and Microbiology Properties and Health Benefits. *Molecules*, 26(4), 957.
- Nunes, C.A. & Guerreiro, M. C. (2012). Characterization of Brazilian green propolis throughout the seasons by headspace GC/MS and ESI-MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(2), 433-438.
- Padilla Vargas, P. J., Vásquez-Dávila, M. A., García Guerra, T. G. & Albores González, M. L. (2014). Pisilnekmej: Una mirada a la cosmovisión, conocimientos y prácticas nahuas sobre *Scaptotrigona mexicana* en Cuetzalan, Puebla, México. *Revista Etnoecológica*, 10(10), 37- 40.
- Parolia, A., Thomas, M. S., Kundabala, M. & Mohan, M. (2010). Propolis and its potential uses in oral health. *International Journal of Medicine and Medical Science*, 2(7), 210-215.
- Pereira Dutra, R., de Barros Abreu, B. V., Soares Cunha, M., Aranha Batista, M. C., Brandão Torres, L. M., Fernandes Nascimento, F. R. et al. (2014). Phenolic acids, hydrolyzable tannins, and antioxidant activity of geopropolis from the stingless bee *Melipona fasciculata* Smith. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(12), 2549-57.
- Quezada-Euán, J. J. G. (2018). *Stingless bees of Mexico. The Biology, Management and Conservation of an Ancient Heritage*. Switzerland. Springer.
- Rao, P. V., Krishnan, K. T., Salleh, N. & Gan, S. H. (2016). Biological and therapeutic effects of honey produced by honeybees and stingless bees: A comparative review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(5), 1-8.
- Reyes-González, A., Camou-Guerrero, A., del-Val, E., Ramírez, M. I. & Porter-Bolland, L. (2020). Biocultural diversity loss: The decline of native Stingless Bees (Apidae:

- Meliponini) and local ecological knowledge in Michoacán, Western México. *Human Ecology*, 48, 411-422.
- Roubik, D. W. & Patiño, J. E. M. (2018). The Stingless Honeybees (Apidae, Apinae: Meliponini) in Panama and Pollination Ecology from Pollen Analysis. In P. Vit., S. R. M. Pedro, and D. W. Roubik. (Eds.), *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. (pp. 47-66). Switzerland. Springer International Publishing.
- Roulston, T. & Cane, J. H. (2000). Plant Systematics Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant Systematic and Evolution*, 222, 187-188.
- Sforcin, J. M. & Bankova, V. (2011). Propolis: is there a potential for the development of new drugs? *Journal of Ethnopharmacology*, 133(2), 253-260.
- Silva, T. M. S., Camara, C. A., da Silva Lins, A. C., Barbosa-Filho, J. M., da Silva, E. M. S., Freitas, B. M. et al. (2006). Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 507-511.
- Silva, T., Souza, S. A. D., Dias, T., Silva, T. M. G., Falcão, R. A., Moreira, M. S. A. et al. (2014). Chemical composition, antinociceptive and free radical-scavenging activities of geopropolis from *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Sociobiology*, 61, 560-565.
- Sodré, G. S.; Carvalho, C. A. L. & Fonseca, A. A. O. (2008) Perfil Sensorial e aceitabilidade de méis de abelhas sem ferrão Submetidos a processos de conservação. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(1), 72-77.
- Szczesna, T. (2007). Concentration of Selected Elements in Honeybee-Collected Pollen. *Journal of Apicultural Science*, 51, 5-13.
- Venturieri, G. C., Oliveira, P. S. & Vasconcelos, M. A. M. (2007). Caracterização, colheita, conservação e embalagem de méis de abelhas indígenas sem ferrão. Embrapa Amazônia Oriental – Livro técnico, 51 p.
- Yazan, L. S., Muhamad Zali, M. F. S., Ali, R. M., Zainal, N. A., Esa, N., Sapuan S, et al. (2016). Chemopreventive properties and toxicity of Kelulut honey in sprague dawley rats induced with azoxymethane. *BioMed Research International*, 2016, 1-6
- Yusop, S. A. T. W., Sukairi, A. H., Sabri, W. M. A. W. & Asaruddin, M. R. (2019). Antioxidant, Antimicrobial and Cytotoxicity Activities of Propolis from Beladin, Sarawak Stingless Bees *Trigona itama* Extract. *Materials Today: Proceedings*, 19(4), 1752-1760.
- Zhao, L., Yu, M., Sun, M., Xue, X., Wang, T., Cao, W. et al. (2017). Rapid Determination of Major Compounds in the Ethanol Extract of Geopropolis from Malaysian Stingless Bees, *Heterotrigena itama*, by UHPLC-Q-TOF/MS and NMR.



Cultivo y conservación de la abeja sin aguijón: meliponicultura

*Martín Berrones-Morales¹**

Hermelindo Hernández-Torres

Emily Michelle Márquez-Loredo

¹ Los autores se encuentran adscritos a la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Blvd. E. Cárdenas González. No. 1201 Pte. Col. Jardín. C. P. 89840. Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

* Correspondencia: mbmorales@docentes.uat.edu.mx

Importancia histórica y actual de la meliponicultura

El uso y aplicación de miel y cera proveniente de las abejas sin aguijón se remonta a épocas prehispánicas (Martínez et al., 2017), encontrándose vestigios de esta actividad desde México hasta Sudamérica, concentrando la mayor cantidad de evidencias de meliponicultura prehispánica en la región de Mesoamérica (Arnold et al., 2018). En México, el aprovechamiento de las meliponas se desarrolló principalmente en el sur del país, donde culturas como la Maya y Olmeca utilizaban las abejas sin aguijón principalmente con fines alimenticios, medicinales y hasta religiosos (Echazarreta et al., 2002; Martínez et al., 2017). Los registros arqueológicos pueden remontar el origen de la meliponicultura hasta hace unos 3 mil años y situar su origen en la península de Yucatán, dicha actividad pudo ser iniciada de dos formas básicas, la primera cuidando las abejas en su nido original (Sudamérica) y la segunda (península de Yucatán) mediante el traslado de la colmena, colocándola cerca de los hogares, dando así, inicio a la propiamente dicha Meliponicultura (Medellín, 2007).

El declive de la meliponicultura se debe principalmente a la introducción de abejas *Aphis mellifera* Linnaeus, 1758, introducida en el sur del país a principios del siglo pasado (Pat et al., 2018) y en segundo término a la utilización de endulzantes basados en derivados de la caña de azúcar (Arnold et al., 2018). Este abandono se incrementó debido a la falta de interés en las generaciones jóvenes por aprender esta actividad de sus padres, esto se tradujo en la pérdida del conocimiento del manejo tradicional (Pat et al., 2018).

Después de haber pasado por un periodo de abandono, actualmente la meliponicultura se encuentra en una etapa de recuperación. Esto se debe obviamente a la importancia de la miel, pero también, a los beneficios que aportan las abejas meliponas, entre los cuales se encuentra la polinización de cultivos (Arnold et al., 2018b). El uso de las abejas melíferas como polinizadores también ha favorecido la tendencia hacia el alza de la meliponicultura (Rasmussen y Delgado, 2019). Pero, este resurgimiento obedece a la creciente demanda de productos tradicionales como cerumen, polen y propóleos que pueden ser ofertados a precios significativamente más altos que los obtenidos de *A. mellifera* (Pat et al., 2018). Por ejemplo, el kilogramo de miel “virgen” puede llegar a valer hasta tres veces más que el de la abeja común (Canul-Heredia et al., 2017). Además, entre los productos derivados de la miel se encuentran productos de belleza y productos para el tratamiento de múltiples enfermedades con efectos medicinales, entre los que pueden incluirse propiedades antigripales, bucofaríngeas, cicatrizantes, laxantes, sedativas, antibióticas, antidiarreicas, tratamiento de úlceras y afecciones oftalmológicas (Canul-Heredia et al., 2017; Infante et al., 2021), cualidades que sumadas a las cuestiones culturales y socioeconómicas han permitido el incipiente interés en esta noble actividad.

La meliponicultura cuenta con otra base que sustenta su permanencia a parte de lo meramente comercial, así, se tiene que a lo largo del continente americano existen regiones en las cuales la meliponicultura tiene importancia tradicional y cultural, específicamente en América Central y el noreste brasileño (Infante et al., 2021) sin olvidar la península de Yucatán en México, regiones donde la meliponicultura se encuentra fuertemente arraigada y sigue ejerciéndose en apego al conocimiento tradicional (Chun et al., 2019). Esta diversidad de culturas también coincide con la amplia diversidad de abejas reducida significativamente conforme se aleja de los trópicos (Álvarez y Lucía, 2018), tal es el caso del noreste de México, en donde se reportan tan solo 3 especies, notándose además la casi total ausencia de actividades de aprovechamiento de sus productos (Arnold et al., 2018).

En México la meliponicultura se concentra principalmente en 10 estados todos ellos en la mitad septentrional del país: Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán, Veracruz, Campeche, Chiapas, Guerrero, Michoacán y Jalisco, destacando que se utilizan 19 especies de las 46 especies de meliponas presentes en el país (Arnold et al., 2018). Esta práctica está estrechamente ligada con los pueblos nativos, pues han practicado la meliponicultura por generaciones, lo que ha convertido esta actividad en un fenómeno complejo que va más allá del simple aprovechamiento de la miel, por tanto, la meliponicultura puede ser reconocida como *patrimonio biocultural* de las culturas que la practican desde tiempos prehispánicos (Chan et al., 2019). Esta relación entre pueblos y meliponicultura también puede ser organizada por regiones destacando: la península de Yucatán, debido a razones históricas, pues el pueblo maya practicaba la meliponicultura desde tiempos precolombinos, la meliponicultura también es importante en la sierra norte de Puebla, las Huastecas, el Totonacapan en Veracruz, la Sierra de Atoyac en Guerrero y regiones de Tabasco, Oaxaca, Michoacán y Chiapas (Contreras et al., 2020).

Las especies de interés como productoras de miel

Hasta el momento se cuenta con 500 especies conocidas a nivel mundial de la tribu Meliponini (Familia Apidae), 400 de ellas se encuentran en el continente americano y se distribuyen desde Argentina hasta el norte de México (Michener, 2007; 2013; Contreras et al., 2020; Infante et al., 2021). Históricamente la meliponicultura no tuvo un desarrollo como tal en todas las áreas de distribución. En América se ha documentado que esta actividad es antigua, ya que se practicaba en abundancia y frecuencia, mientras que en algunas regiones como África y Asia no se han encontrado registros arqueológicos que confirmen la existencia de la meliponicultura, además, en estos continentes *A. mellifera* es nativa, y produce una gran cantidad de miel en comparación con las abejas meliponas, lo cual puede ser

la razón de que no se desarrollara la meliponicultura en estos continentes (Arnold et al., 2018). La meliponicultura fue sin duda una actividad de gran importancia para las culturas precolombinas, en México se produce cerumen y miel en el sur del país. Actualmente está tomando fuerza como actividad económica en otros estados; sin embargo, se requiere que se tenga un mayor conocimiento de las especies de abejas sin aguijón, así como de la fisiología y distribución en las zonas de cultivo, ya que esta actividad es de valor e importancia en la polinización agrícola (Arnold, 2018). En este sentido, la polinización es la principal actividad de las abejas, siempre efectivas en este proceso presente en los diferentes agroecosistemas, por ejemplo, en las plantaciones de café es factible utilizar a *Melipona beecheii* Bennett, 1831, como agente polinizador, generalizando en todas las especies la docilidad, obviamente en algunas especies más que en otras, esto permite su fácil manejo e instalación cerca de zonas habitacionales (Villalon et al., 2014; Canul-Heredia et al., 2017).

Culturalmente, se puede citar el caso de los mayas lacandones en el estado de Chiapas, quienes aprovechan varios elementos naturales, entre los que destacan las abejas sin aguijón basados en la experiencia acumulada a través de generaciones, pero principalmente en el conocimiento, en este caso, de las especies más adecuadas para la meliponicultura, ya que de quince especies conocidas en su área de influencia utilizan solo cuatro (Contreras et al., 2020).

Cuando se habla de abejas sin aguijón, lo traducimos a producción de miel, sin duda en México la especie más importante en este rubro es *M. beecheii* utilizada por siglos en el sur del país, sobre todo en comunidades mayas quienes realizaban la meliponicultura desde épocas prehispánicas. Sin embargo, se han domesticado varias especies desde esas fechas destacando el género *Melipona* Illiger 1806. Teniendo como epicentro la región maya, la meliponicultura se ha desarrollado por décadas. Actualmente existen personas dedicadas a la cría de abejas sin aguijón en colmenas elaboradas artesanalmente y aún existen costumbres arraigadas entre la población donde los nidos son mantenidos en los troncos donde originalmente fueron encontrados (Infante et al., 2017; Infante et al., 2021).

La miel que producen distintas especies de abejas sin aguijón es consumible; sin embargo, existe preferencia por la miel generada por algunas especies debido a sus características organolépticas. Al respecto, Contreras (2020) menciona que de 15 especies que conocen los mayas lacandones, se consume miel de 12 de ellas, pero la población tiene marcada preferencia por sólo cuatro: *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Scaura argyrea* (Cockerell, 1912), *Plebeia frontalis* (Friese, 1911) y *M. solani* (Cockerell, 1912), mientras que la miel de *Trigona fulviventris* (Guérin-Méneville, 1844) y *Partamona bilineata* (Say, 1837) no es muy consumida por su sabor amargo, además de que el comportamiento de esta abeja es defensivo.

Antecedentes y estado actual de la meliponicultura en Tamaulipas

Se tiene documentado hasta el momento que la distribución de las abejas sin aguijón comprende desde el norte de México hasta Argentina (Michener, 2013); sin embargo, no se tienen registros prehispánicos de la meliponicultura como tal en el estado de Tamaulipas (Arnold et al., 2018), sin descartar el aprovechamiento de los productos como miel y cera, por parte de los grupos de habitantes prehispánicos que deambularon por la región. Históricamente no se documenta la meliponicultura para el estado, pero en las últimas décadas se han registrado tres especies en el estado (Figura 10) *Scaptotrigona mexicana* (Guérin-Méneville, 1844), *P. frontalis* y *Cephalotrigona zexmeniae* (Cockerell, 1912).

Figura 10. Especies de abejas sin aguijón (*S. mexicana*; *P. frontalis* y *C. zexmeniae*)



Fuente: fotografía por M. Berrones-Morales (2021).

Los popularmente conocidos como “moscos prietos”, son abejas nativas ampliamente distribuidas en el Sureste de Tamaulipas, pertenecientes a la *S. mexicana*, una especie muy numerosa que generalmente cuenta con muchos individuos que forman una sola colonia, se ubica ampliamente en zonas tropicales en el país, además de distribuirse en algunos estados colindantes con la costa del Golfo de México y el Océano Pacífico, esta abeja se caracteriza porque se adapta fácilmente a las colmenas con técnicas improvisadas, y es buena productora de miel, además de que su distribución es amplia (Medellín, 2007).

Llamada también “abeja Congo” en otros lugares, la *S. mexicana* se destaca porque es productora de miel, es de fácil adaptación para su cultivo y su distribución es muy amplia, además posee pequeñas explotaciones comerciales diseminadas en algunas partes del país. Su nido se caracteriza por tener una entrada en forma de trompeta (Figura 11) resguardada por varias abejas (Salazar-Vargas et al., 2017).

Figura 11. Piquera característica de *S. mexicana*, en forma de “trompeta”



Fuente: fotografía por M. Berrones-Morales (2021).

El cultivo y la tecnificación

A través del tiempo se han utilizado distintas técnicas de cultivo, la mayoría de procedencia ancestral, por ejemplo, los pueblos Totonacas y Nahuas ubicados en San Luis Potosí, Veracruz y la sierra norte del estado de Puebla, emplean ollas de barro denominadas “mancuernas”, para cultivar la miel de la *S. mexicana* (Figura 12). Para la misma abeja se utilizan cajas de madera en la costa del estado de Chiapas y en la Huasteca Potosina (Salazar-Vargas et al., 2017). En otras regiones aún se emplean troncos ahuecados, ya sea de forma natural o de manera artificial, practicando la meliponicultura prácticamente en su forma ancestral.

Figura 12. Colonias de abejas sin aguijón en mancuernas



Fuente: fotografía de Noemi Arnold (2018).

Otra técnica de cultivo surgida en años recientes es utilizar diversos modelos de colmenas de secciones desmontables (cámara de cría “nido”, sobre nido, alzas de miel)

conocidas también como cajas inteligentes o colmenas racionales (Figura 13). Todo lo anterior con el propósito de facilitar la revisión y cosecha evitando al máximo las perturbaciones a la cámara de cría, entre las más conocidas y adaptables se encuentran las propuestas por los investigadores brasileños Portugal-Araujo (Pérez-Sato et al., 2013) o bien el modelo Ailton-Fontana (Fontana, 2013), recordando que los modelos disponibles son estilizaciones de las características que presentan los huecos en que anidan las abejas silvestres.

Figura 13. Cajas verticales con compartimientos y otras adaptaciones



Fuente: fotografía de Noemi Arnold (2018).

El principal objetivo de cultivar las abejas *Melipona* es incrementar la productividad de las abejas sin aguijón. A través de diversos estudios, se crearon diferentes tipos de cajas que permiten imitar de forma natural el nido, esto gracias al estudio de las colmenas silvestres, una de las ventajas de usar cajas es que se pueden manejar de forma simple y la extracción de miel es más fácil, así como de otros productos derivados de estas abejas como el polen, propóleo y ceras, sin alterar ni dañar la colonia.

Se utilizan maderas resistentes y duras para construir las cajas, para impedir que las maltrate el uso rudo y constante y puedan alcanzar una larga vida útil. Implementar las cajas tecnificadas para la cría y el cultivo de las abejas sin aguijón facilita el trabajo del meliponicultor, esto aunado a que también aumenta el rendimiento en la producción de miel sin perjudicar a las abejas (Gennari, 2019).

Los meliponarios deben ser construidos y ubicados para su fácil manejo, y sobre todo para proteger las colonias de abejas sin aguijón. El fundamento de construcción es tener una base científica y tradicional, ya que se debe asegurar su

principal función, que es cuidar la integridad de las abejas. Es importante tomar en cuenta la ubicación de los meliponarios, ya que deben encontrarse en áreas con material vegetal disponible (plantas con flujo de néctar y polen), en la siguiente figura se muestra un meliponario para la cría y el cultivo de las abejas sin aguijón (Salazar-Vargas et al., 2017).

Figura 14. Meliponario ubicado cerca de habitaciones



Fuente: fotografía por M. Berrones-Morales (2021).

Estrategias de conservación

Las abejas son los principales polinizadores en el mundo, su intervención asegura la reproducción de las plantas con flores, además contribuyen a mantener el equilibrio ambiental y por ende a mantener la seguridad alimentaria (Arnold et al., 2018). Estas actividades dependen en gran medida de las meliponas, la desaparición de estas puede ocasionar la extinción de gran parte de flores y plantas (Infante et al., 2021).

Figura 15. Deforestación, cambio y uso de suelo



Fuente: fotografía por Adrián Cesa (2021).

Existen factores que inciden en la disminución de las abejas. Uno de ellos es la deforestación, ya que pone en peligro de extinción a las abejas sin aguijón. En gran medida, la deforestación se relaciona con actividades agropecuarias y por lo tanto a un cambio de uso de suelo (Figura 15), sobre todo para el establecimiento de praderas y monocultivos. Considerando el ingreso económico que representan estas actividades para las personas, si bien, durante el proceso de deforestación no se destruya directamente los nidos, la explotación forestal reduce el hábitat que contiene sitios de anidación adecuados y de alimentación (Canul-Heredia et al., 2017).

En fechas recientes, los pesticidas se han convertido en una de las actividades antropogénicas con mayores efectos nocivos sobre las poblaciones de insectos. En el caso de los polinizadores, en especial las abejas, los daños pueden ser directos como el ocasionado por los insecticidas o indirecto derivado del uso de herbicidas; estos últimos, reducen la abundancia y la diversidad de flores (Arnold et al., 2018) ya que una gran cantidad de plantas nativas son consideradas arvenses que compiten con las plantas cultivadas.

Las abejas nativas están adaptadas para explorar, alimentarse y recolectar el néctar y polen de las selvas tropicales. Si estos ambientes son substituidos por cultivos, frutales y malezas, ocurrirá que, aunque sigan ofreciéndose fuentes de alimento a las abejas, desafortunadamente se perderá la diversidad, los árboles nuevos no proporcionan los sitios de anidación que sí ofrecen los ambientes sin perturbar (Medellín, 2007).

La conservación del medio ambiente debe incluir el mantenimiento de lugares estratégicos como caminos, jardines, predios, para el crecimiento de árboles viejos, ya que constituyen el principal espacio donde se desarrollan las abejas nativas, esto permitiría aumentar el número de colonias, así podría asegurarse el proceso de polinización en plantas silvestres y cultivos, lo que repercutiría en un aumento de la cantidad de frutos disponibles en las cosechas agrícolas para la fauna silvestre.

A través de la meliponicultura se busca la preservación de las abejas nativas sin aguijón, mismas que van disminuyendo a medida que va pasando el tiempo, es por esa razón que es cada vez más difícil encontrarlas en su hábitat natural. Su disminución tiene varios motivos y el principal responsable es el hombre (Genari, 2019).

Para que el cultivo y crianza de las abejas sin aguijón realmente ayude a su conservación se deben seguir ciertas reglas básicas, que de acuerdo con lo propuesto por Arnold et al. (2018), es necesaria la plantación de árboles nativos, concientizar a la población sobre los daños que ocasionan los pesticidas, reduciendo e incluso evitando su uso en áreas cercanas a los meliponarios. Así como, preferencias el uso de especies nativas, conservar las colmenas silvestres y evitar la introducción de especies provenientes de otras regiones del país.

Proteger las colonias silvestres asegurará el intercambio de genes en los meliponarios mediante la implementación de estrategias comunitarias que ayuden a mantener las condiciones de anidación para colonias silvestres; así como, establecer estrategias que prohíban la recolección de miel, pues destruye muchos nidos silvestres, concientizando a las comunidades del papel fundamental de las abejas en la polinización de la flora silvestre preservando de esta manera las colonias de todas las especies (Arnold et al., 2018).

Es importante añadir que, en la región del Soconusco, Chiapas, es ya muy difícil encontrar colonias silvestres de *M. beecheii*, por lo que el manejo tecnificado ha resultado ser una herramienta valiosa para la preservación de esta especie. A diferencia de los casos del patrimonio arqueológico de la región maya y de los conocimientos tradicionales sobre flora y fauna nativa, la cría de la *M. beecheii* ha sido practicada de manera ininterrumpida durante más de dos mil años, hoy está vigente y es una vía de identidad para los mayas (Negrin y Sotelo, 2016).

Bibliografía

- Álvarez, L. J., y Mariano L. (2018). Una especie nueva de *Trigonisca* y nuevos registros de abejas sin aguijón para la Argentina (Hymenoptera: Apidae). *Caldasia*, 40(2), 232-245.
- Arnold, N., Ayala, R., Mérida, J., Sagot, P., Aldasoro, M. y Vandame, R. (2018b). Registros nuevos de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) para los estados de Chiapas y Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 89(3).
- Arnold, N., Zepeda R., Vázquez, M. y Aldasoro, M. (2018). Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Canul-Heredia, C., Nah-Naal, M., Rosado J., Martínez-Puc J., Cetzal-Ix, W., García-Juárez, G. (2017). Importancia del rescate y la conservación de la meliponicultura en la Península de Yucatán, México. En Martínez-Pérez de Ayala L., Martínez-Puc J. y Cetzal-Ix W. (Eds.), *Apicultura: Manejo, Nutrición, Sanidad y Flora Apícola*. (104-111). Universidad Autónoma de Campeche.
- Chan M., Guelmy A., Vera, G., Aldasoro, E. M. y Sotelo, L.E. (2019). Retomando saberes contemporáneos. Un análisis del panorama actual de la meliponicultura en Tabasco. *Estudios de cultura maya*, 53, 289-326.
- Contreras, L.E.U., Vázquez, A., Aldasoro, E. M., y Mérida, J. (2020). Conocimiento de las abejas nativas sin aguijón y cambio generacional entre los mayas lacandones de Nahá, Chiapas. *Estudios de cultura maya*, 56, 205-225.

- Echazarreta, G.C., Arellano, R.A. y Pech, M. C. (2002). Apicultura en Mesoamérica. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida. 72 p.
- Gennari, G. (2019). *Manejo racional de las abejas nativas sin aguijón*. 1a ed. Ediciones INTA. 48 pp.
- Infante, J., Sánchez, I., Salas, E., Pérez, A., Rodríguez, Y. (2017). Calendario apícola del municipio Atures del estado Amazonas (en línea). Maracay, Venezuela, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 28 p.
- Infante, J., Sánchez, I., Salas, E., Escalona, C. y Pérez, A. (2021). Caracterización de la meliponicultura en comunidades urbanas, periurbanas e indígenas del estado Amazonas, Venezuela. *Zootecnia tropical*, 39, 1–20.
- Martínez-Pérez, L. R., Martínez-Puc, J. F. y Cetzal-Ix, W. R. (2017), Apicultura: Manejo, Nutrición, Sanidad y Flora Apícola, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche. 112 p.
- Medellin, S. (2007). Manual de Trigonicultura para la Huasteca Tamaulipeca. México. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.
- Michener, C.D. (2013). The Meliponini. En: Vit, P, Pedro S.R.M., Roubik D.W., editores. Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees. Berlin, Alemania: *Springer* Verlag. p. 3-17.
- Michener, C.D. (2007) The Bees of the World. 2nd Edition, John Hopkins University Press, Baltimore.
- Muñoz, E. N., y Santos, L. E. S. (2016). Abejas nativas, señoras de la miel. Patrimonio cultural en el estado de Campeche. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 5(9).
- Pat, L. A., Anguebes, E., Pat, J. M., Hernández, P. y Ramos, R. (2018). Condición y perspectivas de la meliponicultura en comunidades mayas de la reserva de la biósfera Los Petenes, Campeche, México. *Estudios de cultura maya*, 52, 227-254.
- Pérez-Sato J.A., García-García C. G., Salazar-Ortiz J., García-Albarado J.C. (2013). Tipos de cavidades para la crianza de abejas sin aguijón en la Región de las Altas Montañas del Estado de Veracruz. *Agroentorno*. 35-36.
- Rasmussen, C. y Delgado, C. (2019). *Abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en Loreto, Perú*. Perú, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- Salazar-Vargas, H. R., Pérez-Sato, J. A., Debernardi-De La Vequia, H., Real-Luna, N., Hidalgo-Contreras, J. V., y De La Rosa-Santamaría, R. (2017). Meliponario para la crianza de abeja sin aguijón (*Scaptotrigona mexicana* Guerin-Meneville). *AGROProductividad*, 10(1), 73+.
- Villalón Moracen, Y., Leal Ramos, A., & León Sánchez, L. (2015). Acciones estratégicas para el fomento de *Melipona beecheii* en la polinización de agroecosistemas cafetaleros. *Avances*, 16(4), 296-306.

4

Enemigos naturales de las abejas sin aguijón: información zoonosanitaria general para considerar durante su manejo

*Reyna Ivonne Torres-Acosta¹**

José Reyes-Hernández

Rodolfo Torres-de los Santos

¹ Los autores se encuentran adscritos a la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Blvd. E. Cárdenas González. No. 1201 Pte. Col. Jardín. C. P. 89840. Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

*Correspondencia: ritorres@docentes.uat.edu.mx

Generalidades

El término abeja sin aguijón incluye un complejo de especies de himenópteros con cerca de 500 especies agrupadas en el taxón Meliponini, las cuales, tienen una distribución en todas las regiones tropicales del mundo. Se cree que tienen una historia evolutiva de alrededor de los 100 millones de años, a través de los cuales, han colonizado numerosos espacios en la gran mayoría de ecosistemas tropicales (Hrncir et al., 2016). Esto sin duda, les ha permitido ser uno de los grupos de polinizadores más robusto dentro de los himenópteros y su rango de distribución e interacción con la vegetación es bastante dinámico, dependiendo de la región donde se establecen (Murillo, 2022).

Estas abejas han llegado a establecer relaciones complejas con otras especies, incluyendo, la depredación y el parasitismo y sus variantes. El conocimiento de estas interacciones debe considerarse por ser parte importante de la biología de estas abejas y también, porque tiene un impacto potencial al momento de considerar el manejo de estas abejas con enfoques productivos (Roubik y Patiño, 2018). Sobre todo, porque al ser un grupo diverso, de amplia distribución y rango de adaptabilidad, tienen una alta probabilidad de ser vulnerables, ya sea el impacto variaciones ambientales, deforestación, afectación por las condiciones de manejo tradicional o moderno (Reyes-González et al., 2020) o incluso por ser blanco de interacciones con enemigos naturales, lo cual puede ser dependiente de la región o la especie en cuestión. Por lo tanto, este capítulo se enfocará en presentar algunos ejemplos de situaciones zoonositarias reportadas en la literatura en diversas especies, tratando de poner en perspectiva el amplio repertorio de enemigos naturales que pudieran incidir en la producción mielera de las abejas sin aguijón.

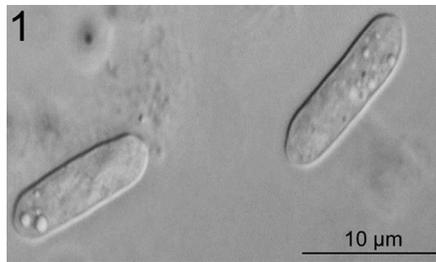
Enfermedades

Es importante considerar la posibilidad de que algunas de las enfermedades que se han reportado en las abejas mieleras (Tribu Apini) pudieran afectar a las abejas sin aguijón (Tribu Meliponini), ya que son grupos biológicos extremadamente relacionados y cercanos en historia biológica. Por lo tanto, la exploración de esta posibilidad es de vital importancia para su manejo (Nunes-Silva et al., 2016; Purkiss y Lach, 2019).

La exploración extensiva como parte de la prospección sanitaria de las abejas sin aguijón en Brasil, mostró que al menos durante sus muestreos, la incidencia de protozoarios patógenos de las abejas (Leshmaniinae y Nosematidae) no fue percibida, y que el nivel de ocurrencia del patógeno neogregarino *Apicystis bombi* fue muy bajo (Figura 16). Esto es un ejemplo, de cómo el diseño de sistemas de monitoreo puede ser de mucha ayuda para el conocimiento de la incidencia y

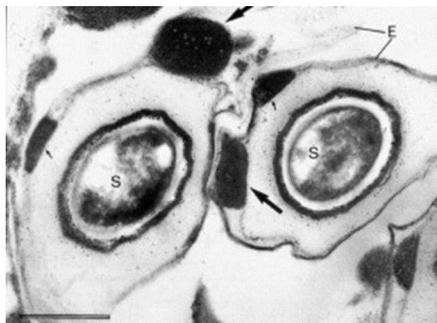
distribución de enfermedades (Nunes-Silva et al., 2016). En este sentido, los estudios enfocados en entender la dinámica sobre la transmisión de enfermedades de las abejas mieleras y abejorros a las abejas sin aguijón, es el punto central para brindar herramientas certeras para la prevención y manejo. Ya que el conocimiento de los mecanismos de infección y transmisión, entre especies de abejas, es un factor muy importante debido a la coexistencia y convivencia en los sitios de recolección de miel y polen. Recientemente, se demostró que la abeja mielera puede fungir como vector de *Nosema ceranae* y provocar infección en *Tetragonula hockingsi* bajo condiciones experimentales (Purkiss y Lach et al., 2019).

Figura 16. Patógeno neogregarino *Apicystis bombi*



Fuente: tomado de Schulz et al., 2019.

Figura 17. Bacteria *Lysinibacillus sphaericus* (Bacillaceae)



Fuente: tomada de Berry, 2012.

A pesar de que han sido poco estudiadas las enfermedades en abejas sin aguijón, hay casos de enfermedades graves, entre ellas destacan las enfermedades bacterianas y virales. El primer caso se relaciona con la especie *Tetragonula carbonaria*, en

la cual se reportó la infección causada por *Lysinibacillus sphaericus* (Bacillaceae) (Figura 17) que afecta la movilidad de las obreras, limitando la realización de sus tareas básicas; además, la zona de crianza fue afectada, al alterarse su estructura, cambio de coloración y desprendimiento de olor a podrido. No hubo presencia de huevos nuevos, esto sugiere inactividad o ausencia de la reina (Shanks et al., 2017).

Se ha reportado recientemente, la enfermedad conocida como Loque europea atacando a *Melipona* spp., la enfermedad es causada por la bacteria *Melissococcus plutonius* (Figura 18). Esta se ha reportado en algunas regiones de Brasil, donde se observó inicialmente que las larvas jóvenes muertas de colores amarillo claro a oscuro fueron removidas de las celdas por los obreros, además de la presencia de alimento de larvas secas en la entrada de las celdas. Se observaron celdas vacías en el área de crianza más joven. La oviposición por parte de la reina pareciera estar afectada, no se observaron nuevos huevos. Al principio las pupas no mostraron afectaciones, pero conforme avanzó la afectación, se observaron larvas maduras muertas y pupas decapitadas o removidas de sus respectivas áreas de crianza. Los almacenes de alimento estuvieron llenos debido al bajo consumo por la población, lo que condujo a la presencia del díptero parásito oportunista (*Pseudohylocera kerteszi*). Se apreció un olor a vinagre conforme la infección avanzó (Teixeira et al., 2020).

Figura 18. Bacteria *Melissococcus plutonius*



Fuente: tomada de Al-Ahbabí, 2016.

La presencia de otros problemas sanitarios potenciales se ha señalado en este tipo de abejas, incluyendo a la bacteria *Paenibacillus larvae*, el hongo *Ascosphaera apis* y el protozoario *Nosema apis*. Además de seis virus entomopatógenos que atacan a las abejas mieleras, que incluyen al virus de las celdas reales negras (BQCV), al virus de la parálisis aguda de las abejas (ABPV), diversas variantes del virus de las alas deformes (DWV), también al virus de Kashemira (KBV), el virus de la parálisis aguda israelí (IAPV) y el virus de la parálisis crónica de las abejas (CBPV), esto

es un indicativo de que existe una transmisión de infecciones que van desde las abejas mieleras europeas (*Apis mellifera*) a las abejas nativas sin aguijón (Alvarez et al., 2018; de Souza et al., 2019; Teixeira et al., 2020). Resaltando así, un problema ecológico muy grave de dispersión de patógenos por parte de las abejas europeas hacia las poblaciones nativas de abejas sin aguijón, siendo de interés el desarrollo de estrategias adecuadas que permitan proteger las poblaciones naturales y nativas, para así garantizar su perpetuación y el desarrollo de esta apicultura ancestral.

Ácaros

La presencia de ácaros que atacan a otros artrópodos, incluyendo insectos, es un tema común y de alto impacto, sobre todo porque la producción mielera puede verse afectada, como es bien sabido para la interacción entre *Varroa* y *Apis* (Nazzi y Le Conte, 2016). Además, se ha reportado la presencia de dos especies de ácaros en los nidos (*Lorryia meliponarum* y *Melissothydeus bipunctata*), de las cuales, hasta el momento, no se tiene un registro de potencial dañino. Su presencia pudiera estar asociada con interacciones como foresis o detritívoro; aunque no habría que descartar su vigilancia para evitar problemas futuros. Estos ácaros se encontraron en colonias de *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz), *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier) y *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Da Costa et al., 2019).

Se han señalado afectaciones importantes en colonias de abejas sin aguijón por el ácaro *Carpoglyphus* sp., que ataca principalmente los depósitos de polen y destruye las celdas de crianza cuando avanza la infestación. Este ácaro resulta sensible a la presencia de timol y ácido fórmico, componentes naturales que se presentan en las mieles, aunque en baja proporción; por lo que, representan opciones benignas para el manejo de este tipo de ácaros (Arul et al., 2019).

Insectos

Los problemas sanitarios más comunes que padecen las abejas sin aguijón incluyen los ataques de diversas especies de hormigas (Pangestika et al., 2018), principalmente los de especies que son depredadoras asiduas de los nidos, entre las figuran especies del género *Ectatomma*, en particular *Ectatomma angustula* que ataca nidos de *Tetragonisca angustula*, donde atrapa formas aladas (Ostwald et al., 2018). También el género *Pheidole* se ha reportado como depredador de abejas sin aguijón en cajas de maderas (Pangestika et al., 2018), además de otras especies nativas e invasivas (*Crematogaster difformis*, *Dolichoderus thoracicus*, *Anoplolepis gracilipes* y *Paratrechina longicornis*) que han mostrado el potencial para consumir abejas sin aguijón (Lehmborg et al., 2008). Esto señala el alto nivel de riesgo que representan algunos miembros de Formicidae como depredadores de las abejas sin aguijón y

que posiblemente, esto podría variar en frecuencia e intensidad dependiendo de las especies de abejas, las condiciones de los ecosistemas y las fuentes de alimentos disponibles para las hormigas. Por lo que debe considerarse implementar medidas preventivas para evitar confrontaciones que afecten la productividad de colonias de abejas sin aguijón bajo un manejo sanitario.

Otros insectos que atacan a las colonias de abejas sin aguijón incluyen a miembros de la familia Phoridae, estos dípteros son parasitoides, pues sus hembras ovipositan sobre abejas adultas, tal es el caso de *Melaloncha sp.* (Cham et al., 2018) y *Apocephalus (Mesophora) apivorus* (Brown et al., 1997), además de la incidencia de *Pseudohylocera kerteszi* mencionada anteriormente (Teixeira et al., 2020). También existen infestaciones de coleópteros depredadores (*Platysoma leonti* y de *Carphophilus sp.*), una especie de cucaracha y termitas como agentes que pudieran causar daño a la estructura de los nidos (Pangestika et al., 2018). Esto permite vislumbrar el amplio espectro de interacciones que tienen las abejas nativas, que tal vez, por su papel en el ecosistema no son un problema; no obstante, cuando son consideradas como centro de un proceso productivo, estas interacciones deben minimizarse o manejarse para disminuir su impacto en la producción mielera o de propóleo a partir de estas abejas sin aguijón.

En perspectiva

Se debe señalar, aun cuando no se menciona, que existe el potencial poco documentado de que los cultivos de estas abejas sean atacados por animales, incluyendo ranas, lagartijas, aves, roedores o animales mayores, ya que acumulan grandes cantidades de biomasa y azúcares que son un foco de atracción para muchos consumidores en la vida silvestre.

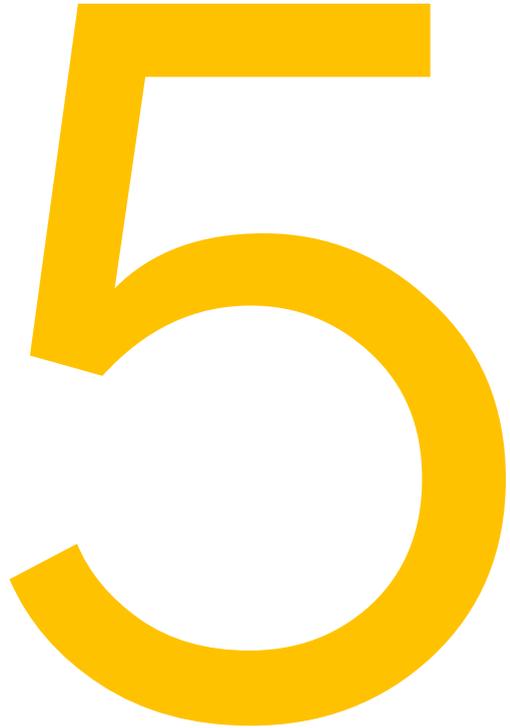
Si bien parecen pocos los reportes de interacciones de las abejas sin aguijón presentadas, habría que esperar su aumento conforme las investigaciones avancen junto con la exploración y aprovechamiento de las abejas con aguijón en diferentes regiones, para así tener un marco de referencia y establecer recomendaciones para el manejo adecuado de este recurso natural nativo.

Bibliografía

- Al-Ahbabi, H. H. (2016). Isolation and identification of *Melissococcus plutonius* from European foulbrood infected beehives and in vivo using of oxytetracycline for treatment. *Al-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences*, 15(1), 139-144.
- Alvarez, L. J., Reynaldi, F. J., Ramello, P. J., Garcia, M. L. G., Sguazza, G. H., Abrahamovich, A. H., & Lucia, M. (2018). Detection of honeybee viruses in Argentinian stingless bees (Hymenoptera: Apidae). *Insectes sociaux*, 65(1), 191-197.

- Arul, G., Srinivasan, M. R., Saravanan, P. A., & Ramaraju, K. (2019). Management of mite (*Carpoglyphus sp.*) in Stingless Bee colony. *Annals of Plant Protection Sciences*, 27(2), 190-193.
- Berry, C. (2012). The bacterium, *Lysinibacillus sphaericus*, as an insect pathogen. *Journal of invertebrate pathology*, 109(1), 1-10.
- Brown, B. V. (1997). Parasitic phorid flies: a previously unrecognized cost to aggregation behavior of male stingless bees. *Biotropica*, 29(3), 370-372.
- Cham, D. T., Fombong, A. T., Ndegwa, P. N., Irungu, L. W., Nguku, E., & Raina, S. K. (2018). *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae), an opportunist parasitoid of honey bees in Cameroon. *African Entomology*, 26(1), 254-258.
- Da-Costa, T., Rodighero, L. F., GL, D. S., Ferla, N. J., & Blochtein, B. (2019). Two new species of Tydeidae (Acari: Prostigmata) associated with stingless bees. *Zootaxa*, 4652(1), zootaxa-4652.
- De Souza, F. S., Kevill, J. L., Correia-Oliveira, M. E., de Carvalho, C. A., & Martin, S. J. (2019). Occurrence of deformed wing virus variants in the stingless bee *Melipona subnitida* and honey bee *Apis mellifera* populations in Brazil. *Journal of General Virology*, 100(2), 289-294.
- Hrcir, M., Jarau, S. & Barth, F.G. (2016). *Stingless bees* (Meliponini): senses and behavior. *J Comp Physiol A* 202, 597–601.
- Lehmberg, L., Dworschak, K., & Blüthgen, N. (2008). Defensive behavior and chemical deterrence against ants in the stingless bee genus *Trigona* (Apidae, Meliponini). *Journal of Apicultural Research*, 47(1), 17-21.
- Murillo Contreras, Katherine Juleisi. *Estudio de la meliponicultura como una explotación alternativa*. 2022. Tesis de Licenciatura. BABAHOYO: UTB, 2022.
- Nazzi, F., & Le Conte, Y. (2016). Ecology of *Varroa destructor*, the major ectoparasite of the western honey bee, *Apis mellifera*. *Annual Review of Entomology*, 61, 417-432.
- Nunes-Silva, P., Piot, N., Meeus, I., Blochtein, B., & Smagghe, G. (2016). Absence of Leishmaniinae and Nosematidae in stingless bees. *Scientific reports*, 6(1), 1-5.
- Ostwald, M. M., Ruzi, S. A., & Baudier, K. M. (2018). Ambush predation of stingless bees (*Tetragonisca angustula*) by the solitary-foraging ant *Ectatomma tuberculatum*. *Journal of Insect Behavior*, 31(5), 503-509.
- Pangestika, N. W., Atmowidi, T., & Kahono, S. (2018). Additional nest structures and natural enemies of stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). *Journal Sumberdaya Hayati*, 4(2), 42-47.
- Purkiss, T., & Lach, L. (2019). Pathogen spillover from *Apis mellifera* to a stingless bee. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1908), 20191071.
- Reyes-González, A., Camou-Guerrero, A., Del-Val, E., Ramírez, M. I., & Porter-Bolland, L. (2020). Biocultural Diversity Loss: the decline of native stingless bees (Apidae:

- Meliponini) and local ecological knowledge in Michoacán, Western México. *Human Ecology*, 48(4), 411-422.
- Roubik, D. W., & Patiño, J. E. M. (2018). *The stingless honey bees (Apidae, Apinae: Meliponini) in Panama and pollination ecology from pollen analysis*. In *Pot-pollen in stingless bee melittology* (pp. 47-66). Springer, Cham.
- Schulz, M., Ścibior, R., Grzybek, M., Łoś, A., Paleolog, J., & Strachecka, A. (2019). A new case of honeybee *Apis mellifera* infection with bumblebee parasite *Apicystis bombi* (Apicomplexa: Neogregarinorida). *Comparative Parasitology*, 86(1), 65-67.
- Shanks, J. L., Haigh, A. M., Riegler, M., & Spooner-Hart, R. N. (2017). First confirmed report of a bacterial brood disease in stingless bees. *Journal of invertebrate pathology*, 144, 7-10.
- Teixeira, É. W., Ferreira, E. A., da Luz, C. F. P., Martins, M. F., Ramos, T. A., & Lourenço, A. P. (2020). European foulbrood in stingless bees (Apidae: Meliponini) in Brazil: old disease, renewed threat. *Journal of invertebrate pathology*, 172, 107357.



Potencial de las abejas sin aguijón: más allá de la polinización y la producción de miel

*Jorge Ariel Torres-Castillo¹ **

Adriana Gutiérrez-Díez²

Sugey Ramona Sinagawa-García

¹ Instituto de Ecología Aplicada. Universidad Autónoma de Tamaulipas. C. Ramón López Velarde. No. 356. C. P 87019. Cd. Victoria, Tamaulipas.

² Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Francisco Villa. S/N. Ex Hacienda El Cañada. C. P. 66050. Cd. Gral. Escobedo, N.L.

*Autor de correspondencia: joatorres@docentes.uat.edu.mx

Introducción

El complejo de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) se ha asociado con procesos productivos directos como polinizadores o para la obtención de miel; no obstante, conforme se exploran nuevas áreas de su biología y ecología, mayor es el potencial que existe para el desarrollo de nuevas formas de manejo y aprovechamiento de este tipo de abejas. De manera general, la miel es una mezcla compleja de azúcares, compuestos fenólicos, terpenoides, metabolitos minoritarios y minerales, que, además presenta niveles considerables de actividad colectora de radicales libres y capacidad antioxidante (Biluca et al., 2016; Kek et al., 2017; Morais-Da silva et al., 2017).

Se ha señalado que estas mieles tienen efectos antibacterianos notables y que incluso el efecto se asocia con alteraciones en la morfología celular, conduciendo a la inhibición de la división celular bacteriana, tal como se observó para las mieles producidas por *Melipona eburnea*, *Melipona grandis*, *Melipona flavolineata* y *Melipona seminigra* (Domingos et al., 2021). Respecto al análisis de la miel, este ha conducido a la identificación de compuestos que se relacionan con los efectos antibacterianos y antioxidantes in vitro e incluyen compuestos fenólicos, ácidos alifáticos y alcoholes de ácidos grasos presentes en algunas mieles, como en el caso de la producida por *Heterotrigona itama* Cockerell (Ngaini et al., 2021). Cabe señalar que, de forma natural, la efectividad de las mieles se ve influenciada por la especie de abeja, su composición química y el origen geográfico. Así mismo, el desarrollo de diversas tecnologías que involucren el enriquecimiento de compuestos antimicrobianos a partir de estas mieles es necesario para realizar un aprovechamiento adecuado y estandarizado, que garantice los efectos benéficos.

Aplicaciones potenciales de las mieles de abejas sin aguijón

Recientemente, se ha observado el potencial de los efectos antimicrobianos aplicados en el manejo poscosecha. Como ejemplo está el reporte del efecto inhibitorio de la germinación de esporas y la reducción del crecimiento micelial de *Colletotrichum brevisporum* (Maringgal et al., 2019). Por lo que se ha considerado a la miel como un agente para crear recubrimientos comestibles de frutas y vegetales, con la finalidad de extender la vida anaquel de algunos de los frutos sensibles al manejo poscosecha. Sobre todo, porque las mieles pueden formar barreras delgadas, que permiten el intercambio de gases, se pueden consumir, no son tóxicas y, además, tienen compuestos antimicrobianos y antioxidantes naturales. El éxito del uso de mieles como recubrimiento comestible se reportó para el caso de la papaya, donde se demostró que la miel producida por especies de *Trigona*, tuvo un efecto protector que disminuyó el deterioro en la calidad de los frutos (Maringgal et al., 2020). Esto

señala que estas mieles debido a sus efectos antioxidantes y antimicrobianos tienen aplicaciones potenciales en el área de manejo de alimentos poscosecha y en el almacenamiento aún por explorar.

La composición química compleja de la miel de estas abejas ha reportado la presencia de componentes proteicos, incluyendo enzimas características del metabolismo de azúcares, que tienen el potencial de ser indicadores de la calidad de las mieles o para aplicaciones industriales (Sahlan et al., 2019). Entre estas actividades enzimáticas se pueden mencionar la actividad de glucosidasa, diastasa e invertasa; se ha señalado que las últimas dos actividades presentan menores niveles en mieles de abejas sin aguijón comparados a la miel de la abeja *Apis mellifera* L. (Julika et al., 2020).

La miel portadora de numerosos compuestos bioactivos asociados preferentemente con actividad antioxidante; no obstante, también se incluyen efectos muy específicos sobre procesos asociados a la modulación de desórdenes metabólicos; por lo tanto, se vislumbra para estas mieles que impidan la progresión de enfermedades crónicas degenerativas. Por ejemplo, algunas de las mieles producidas por *H. itama* han mostrado capacidad inhibitoria contra α -glucosidasa y α -amilasa relacionadas con una disminución en la asimilación y absorción de azúcares libres, amortiguando el efecto de incrementos súbitos de azúcar en sangre. Esto es importante, ya que, tiene un impacto en la predisposición y progresión de la diabetes mellitus (Ali et al., 2020). El efecto inhibitorio de enzimas asociadas con la diabetes se reportó por otra parte, para *Tetragonula biroii* y *Tetragonula laeviceps*, esto remarca, el impacto potencial de estas mieles sobre las enzimas relacionadas con la hiperglicemia (Rahmawati et al., 2019).

También, la ingesta de miel producida por *H. itama*, ha mostrado un impacto positivo en el tratamiento de la obesidad inducida por dieta, al menos en el modelo de ratas Sprague Dawley, comparado con el tratamiento convencional y con un control sin tratamiento. Esto se observó al medir los principales parámetros asociados con la obesidad, incluyendo las fluctuaciones de enzimas hepáticas (Arshad et al., 2020). Además, se ha reportado que la miel de abejas distribuidas en algunas zonas de Malasia tiene un efecto inhibitorio sobre la enzima xantina oxidasa, responsable de la generación de radicales superóxido asociados con numerosas complicaciones metabólicas. Por lo tanto, se ha considerado que los metabolitos presentes en estas mieles pueden ser agentes alternos para la reducción de la actividad de esta enzima, sin los efectos colaterales causados por medicamentos sintéticos (Majid et al., 2019). La inhibición enzimática de ambos casos anteriores permite apreciar el impacto potencial de las mieles en procesos clave de complicaciones metabólicas graves.

Las mieles de estas abejas se han vinculado con efectos benéficos a la salud desde tiempos ancestrales; aunque otros se han detectado hasta épocas recientes, llegándose a conocer los mecanismos de acción y los agentes responsables. Entre otros efectos, se puede mencionar la capacidad de la miel como un agente cicatrizante, anticancerígeno, además de resultar un antioxidante asociado con la disminución de complicaciones del autismo, desarrollar efectos positivos contra enfermedades oculares y mejorar la fertilidad y actividad sexual en varones (Abd et al., 2017; Zulkhairi et al., 2018; Nayan et al., 2020).

Los propóleos de abejas sin aguijón y su potencial

Por otro lado, cabe resaltar que entre los derivados de las abejas sin aguijón se encuentran el propóleo y el geopropóleo, mezclas complejas de fitoquímicos y secreciones, a los cuales se les atribuyen numerosos efectos bioactivos y funciones ecológicas importantes. El primero, es una mezcla de resinas, polen y demás sustancias recolectadas por las abejas y que se acumulan en sus nidos; mientras que, el término geopropóleo se refiere a una mezcla de resinas recolectadas, ceras, secreciones y suelo entremezclado, algo que es común en la biología de las abejas sin aguijón (Liberio et al., 2011; da Cunha et al., 2013).

Estos propóleos presentan contenidos de fitoquímicos muy diversos, entre los que destacan compuestos de tipo terpenoide, compuestos fenólicos, esteroides y alcaloides, incluso, se han descubierto nuevas moléculas al analizar los propóleos producidos por las abejas sin aguijón (Popova et al., 2019). Esto debiera motivar los estudios y la revalorización de la miel, cera y propóleos de estas abejas. Debido a la naturaleza dinámica y diversa de la composición química, se deben considerar estrategias de manejo adecuadas para garantizar que las mieles y propóleos cuenten con niveles estables, lo cual cumpla con los requerimientos relacionados a los efectos bioactivos, con un impacto en el aprovechamiento y la calidad a nivel comercial y de consumo (Oliveria et al., 2017; Damasceno et al., 2018; Katekhaye et al., 2019).

Tanto el propóleo como el geopropóleo se han sugerido como fuentes de compuestos con diversas bioactividades, entre las que caben destacar las propiedades antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas, antiinflamatorias y anticancerígenas, esto muestra el amplio repertorio de aplicaciones potenciales en el área médica e industrial; sin embargo, se debe remarcar que estos efectos se relacionan con el tipo de propóleo, directamente relacionado, con la diversidad química presente en cada tipo de propóleo, de la especie de abeja, la región y las plantas de las cuales se recolectan sus materiales (resinas, polen, mielecillas, exudados) (Akhir et al., 2017; Deepak et al., 2019; Lavinias et al., 2019; Surek et al., 2021).

La diversidad química del propóleo de estas abejas puede jugar roles importantes en la protección de sus colmenas, como es el caso de los efectos repelentes contra depredadores que se dan por la presencia de ciertos compuestos no volátiles usados como material de construcción y colocados en las entradas de los nidos. Este efecto repelente se ha reportado para la hormiga *Iridomyrmex mayri*, la cual fue repelida por extractos de resina de *Corymbia* y el propóleo producido por *Tetragonula carbonaria*. Se ha señalado a los terpenoides resinosos como los responsables de este efecto (Wang et al., 2018). Esto deja entrever el potencial para explorar los propóleos y geopropóleos de estas abejas, con miras a encontrar sustancias que ejerzan un efecto repelente o atrayente para el diseño de trampas, barreras o estrategias para el manejo de insectos rastreros plaga.

El propóleo producido por abejas sin aguijón se ha considerado como un material rico en compuestos antimicrobianos con diversas aplicaciones potenciales. Recientemente, se ha incorporado en el área de empaques biodegradables, empleando para esto, una base de quitosano. Este tipo de formulación presentó características que le permiten compatibilidad con las prácticas de empaqueo, ya que son compuestos naturales, biodegradables, no tóxicos y facilitan el manejo de materiales poscosecha, alimentos, entre otros. Además, la mezcla de propóleo de abeja sin aguijón y quitosano mostró un efecto inhibitorio de bacterias con potencial patogénico (*Escherichia coli* y *Bacillus cereus*) (Azmi et al., 2021). De hecho, estos compuestos han sido formulados en nanopartículas sin perder sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, lo cual, permite considerarlos como agentes alternativos a los fármacos antimicrobianos tradicionales (Fritea et al., 2020), por lo que ofrecen un potencial prometedor de los propóleos para el desarrollo de innovaciones tecnológicas.

Las combinaciones de los compuestos presentes en los propóleos y mezclas con quitosano pueden tener aplicaciones diversas, tal como ocurre para el propóleo de la abeja europea. Por ejemplo, pudieran utilizarse como base para tratamientos y materiales endodónticos, ya que se ha observado que los compuestos presentes en el propóleo tienen efecto antimicrobiano, pudiendo tener efectos positivos en el combate de microorganismos patogénicos de la cavidad oral y en infecciones de encías y dientes, ya que, al formularse con el quitosano se abre un espectro de oportunidades para esta mezcla de materiales naturales en aplicaciones dentales (Skoskiewicz-Malinowska et al., 2017).

También la utilización de los propóleos o geopropóleos puede visualizarse hacia aplicaciones en la tecnología de los recubrimientos comestibles biofuncionales, como se ha reportado para la fresa, en donde se observó que las mezclas de quitosano con propóleo tienen efectos positivos en los parámetros asociados a la

calidad y a la biofuncionalidad (Martínez-González et al., 2020). Así mismo, el potencial para disminuir el impacto de enfermedades poscosecha en frutos, como se ha reportado para la antracnosis del aguacate o el desarrollo de *Aspergillus flavus* en el higo (Marino et al., 2018; Aparicio-García et al., 2021); incluso, existe el potencial para el desarrollo de empaques biodegradables y seguros, por ejemplo, para el almacenamiento de filetes de pescado (Piedrahíta et al., 2019). Esto se respalda con los efectos notorios al inhibir el desarrollo de diversas especies de patógenos de alimentos (como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, entre otros) (Torlak y Sert, 2013).

Microorganismos asociados a las abejas sin aguijón

Recientemente, se ha sugerido también la exploración de la microbiota asociada con las abejas sin aguijón, ya que se ha reportado su asociación con microorganismos simbióticos, que les ayudan a protegerse de infecciones (de Paula et al., 2020). Entre estos, se encuentran microorganismos que sintetizan compuestos de interés clínico por su espectro de acción, ya que pudieran ser fuente de antibióticos y antifúngicos de importancia clínica (Ngalimat et al., 2019; Hamzah et al., 2020).

También, se ha señalado, que algunos de los microorganismos asociados a estas abejas son agentes potencialmente útiles en la biotecnología de alimentos. Ya sea para crear barreras biológicas sobre frutas y alimentos perecederos, que reduzcan la invasión con microorganismos patógenos o para aumentar la vida anaquel. Tal como se ha sugerido para otros modelos en los que se proponen estrategias para promover la acción de la microbiota para el control de enfermedades poscosecha (Droby y Wisniewski, 2018; Hamzah et al., 2020). Algunos reportes, indican el potencial de asociar los microorganismos a las abejas sin aguijón como probióticos potenciales, lo que beneficiaría a la industria médica y de alimentos, al dotarlos de agentes con un beneficio potencial para la salud de los consumidores (Hamzah et al., 2020; Mohammad et al., 2020; Zulkhairi et al., 2019).

Perspectivas

Todo lo anterior muestra una parte del universo de aplicaciones en las que las abejas sin aguijón han podido y podrían incursionar, y sirve de referencia para considerar la exploración y aprovechamiento de las abejas sin aguijón, aún y cuando, existen otras áreas de oportunidad que no fueron tratadas en este capítulo. Por ejemplo, pueden considerarse fuentes de biopolímeros (ya sea por sus ceras o el manejo de sus cadáveres para obtener quitina o quitosano) o su manejo dentro del agroturismo.

Este grupo de abejas debe considerarse como un recurso biótico que bien manejado, puede tener un impacto en el desarrollo regional sustentable, pudiendo

dar origen a productos innovadores de alto impacto social, comercial y ambiental, ya que, al ser especies nativas, presentan adaptaciones específicas a sus ambientes en comparación con otros tipos de abejas no nativas, aumentando las probabilidades éxito de su establecimiento con buenas estrategias de manejo.

Bibliografía

- Abd Jalil, M. A., Kasmuri, A. R., & Hadi, H. (2017). Stingless bee honey, the natural wound healer: *A review. Skin Pharmacology and Physiology*, 30(2), 66-75.
- Akhir, R. A. M., Bakar, M. F. A., & Sanusi, S. B. (2017, October). *Antioxidant and antimicrobial activity of stingless bee bread and propolis extracts. In AIP conference proceedings* (Vol. 1891, No. 1, p. 020090). AIP Publishing LLC.
- Ali, H., Abu Bakar, M. F., Majid, M., Muhammad, N., & Lim, S. Y. (2020). In vitro anti-diabetic activity of stingless bee honey from different botanical origins. *Food Research*, 4(5), 1421-1426.
- Aparicio-García, P. F., Ventura-Aguilar, R. I., Del Río-García, J. C., Hernández-López, M., Guillén-Sánchez, D., Salazar-Piña, D. A., Ramos-García, M. D. L., & Bautista-Baños, S. (2021). Edible chitosan/propolis coatings and their effect on ripening, development of *aspergillus flavus*, and sensory quality in fig fruit, during controlled storage. *Plants*, 10(1), 1-12. [112]. <https://doi.org/10.3390/plants10010112>
- Arshad, N. A., Lin, T. S., & Yahaya, M. F. (2020). Stingless bee honey reduces anxiety and improves memory of the metabolic disease-induced rats. *CNS & Neurological Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-CNS & Neurological Disorders)*, 19(2), 115-126.
- Azmi, N. N. A. N., Basri, H., & Muslihati, A. (2021). Chitosan Incorporated with Stingless Bee Propolis for Active Food Packaging Application. *Enhanced Knowledge in Sciences and Technology*, 1(1), 27-33.
- Biluca, F. C., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50, 61-69.
- Domingos, S., Clebis, V. H., Nakazato, G., de Oliveira, A. G., Jr, Takayama Kobayashi, R. K., Peruquetti, R. C., Pereira, C. D., Santa Rosa, M. T., & Dos Santos Medeiros, L. (2021). Antibacterial activity of honeys from Amazonian stingless bees of *Melipona* spp. and its effects on bacterial cell morphology. *Journal of the science of food and agriculture*, 101(5), 2072–2077. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10828>
- Da Cunha, M. G., Franchin, M., de Carvalho Galvão, L. C., de Ruiz, A. L., de Carvalho, J. E., Ikegaki, M., de Alencar, S. M., Koo, H., & Rosalen, P. L. (2013). Antimicrobial and antiproliferative activities of stingless bee *Melipona scutellaris* geopropolis. *BMC complementary and alternative medicine*, 13, 23. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-23>

- Damasceno do Vale, M. A., Gomes, F. A., Cunha dos Santos, B. R., & Batista Ferreira, J. (2018). Honey quality of *Melipona* sp. bees in Acre, Brazil. *Acta Agronómica*, 67(2), 201-207.
- de Paula, G. T., Menezes, C., Pupo, M. T., & Rosa, C. A. (2020). Stingless bees and microbial interactions. *Current Opinion in Insect Science*. Vol 44 pág. 41-47.
- Droby, S., & Wisniewski, M. (2018). The fruit microbiome: A new frontier for postharvest biocontrol and postharvest biology. *Postharvest Biology and Technology*, 140, 107-112.
- Fritea, L., Pasca, P. M., Vlase, L. A. U. R. I. A. N., Gheldiu, A. M., Moldovan, L. I. V. I. U., Banica, F., ... & Cavalu, S. (2020). Electrochemical methods for evaluation of antioxidant properties of propolis extract incorporated in chitosan nanoparticles. *Mater. Plast*, 57(4), 96-108.
- Hamzah, S. A., Zawawi, N., & Sabri, S. (2020). A Review on the Association of Bacteria with Stingless Bees. *Sains Malaysiana*, 49(8), 1853-1863.
- Julika, W. N., Ajit, A., Ismail, N., Aqilah, N., Naila, A., & Sulaiman, A. Z. (2020). Sugar profile and enzymatic analysis of stingless bee honey collected from local market in Malaysia. In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering* (Vol. 736, No. 6, p. 062001). IOP Publishing.
- Deepak M Kasote, Minal V Pawar, Shridevi S Gundu, Riya Bhatia, Vinod S Nandre, Suresh D Jagtap, Swapnil G Mahajan & Mohan V Kulkarni (2019). Chemical profiling, antioxidant, and antimicrobial activities of Indian stingless bees propolis samples, *Journal of Apicultural Research*, 58:4, 617-625, DOI: 10.1080/00218839.2019.1584960
- Katekhaye, S., Fearnley, H., Fearnley, J., & Paradkar, A. (2019). Gaps in propolis research: challenges posed to commercialization and the need for an holistic approach. *Journal of Apicultural Research*, 58(4), 604-616.
- Kek, S. P., Chin, N. L., Tan, S. W., Yusof, Y. A., & Chua, L. S. (2017). Classification of honey from its bee origin via chemical profiles and mineral content. *Food Analytical Methods*, 10(1), 19-30.
- Lavinas, Flavia C., Macedo, Ellis Helena B.C., Sá, Gabriel B.L., Amaral, Ana Claudia F., Silva, Jefferson R.A., Azevedo, Mariana M.B., Vieira, Bárbara A., Domingos, Thaisa Francielle S., Vermelho, Alane B., Carneiro, Carla S., & Rodrigues, Igor A. (2019). Brazilian stingless bee propolis and geopropolis: promising sources of biologically active compounds. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29(3), 389-399. Epub August 26, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.11.007>
- Liberio, S. A., Pereira, A. L., Dutra, R. P., Reis, A. S., Araújo, M. J., Mattar, N. S., Silva, L. A., Ribeiro, M. N., Nascimento, F. R., Guerra, R. N., & Monteiro-Neto, V. (2011). *Antimicrobial activity against oral pathogens and immunomodulatory effects and toxicity of geopropolis produced by the stingless bee Melipona fasciculata Smith*. *BMC complementary and alternative medicine*, 11, 108. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-11-108>.

- Majid, M., Bakar, M. F. A., & Mian, Z. (2019, July). Determination of xanthine oxidase inhibition in stingless bee honey from different botanical origin. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* (Vol. 269, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.
- Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A., Mohamed, M. T. M., Hamzah, M. H., & Shukor, N. I. A. (2019). The causal agent of anthracnose in papaya fruit and control by three different Malaysian stingless bee honeys, and the chemical profile. *Scientia Horticulturae*, 257, 108590.
- Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A., Mohamed, M. T. M., Hamzah, M. H., Ali, M. M., & Abd Razak, M. F. H. (2020). Kinetics of quality changes in papayas (*Carica papaya* L.) coated with Malaysian stingless bee honey. *Scientia Horticulturae*, 267, 109321.
- Marino, A. K., Junior, J. S., Magalhães, K. M., & Mattiuz, B. H. (2018). Chitosan-propolis combination inhibits anthracnose in 'Hass' avocados. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 681-687.
- Martínez-González, M. D. C., Bautista-Baños, S., Correa-Pacheco, Z. N., Corona-Rangel, M. L., Ventura-Aguilar, R. I., Del Río-García, J. C., & Ramos-García, M. D. L. (2020). Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage. *Coatings*, 10(2), 90.
- Mohammad, S. M., Mahmud-Ab-Rashid, N. K., & Zawawi, N. (2020). Probiotic properties of bacteria isolated from bee bread of stingless bee *Heterotrigona itama*. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 172-187.
- Morais da Silva, P. D. L., de Lima, L. S., Caetano, Í. K., & Torres, Y. R. (2017). Comparative analysis of the volatile composition of honeys from Brazilian stingless bees by static headspace GC-MS. *Food research international*, 102, 536-543.
- Nayan, N. S., Yazid, M., Nallappan, K., Amran, A. A., Zaidi, N. S., Zakaria, F., Hassan, H., & Karim, N. A. (2020). *In Vitro* Modulation of Endogenous Antioxidant Enzyme Activities and Oxidative Stress in Autism Lymphoblastoid Cell Line (ALCL) by Stingless Bee Honey Treatment. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2020, 4539891. <https://doi.org/10.1155/2020/4539891>
- Ngaini, Z., Kelabo, E. S., Hussain, H., & Wahi, R. (2021). High Therapeutic Properties of Honey from the Borneo Stingless Bee, *Heterotrigona itama*. *Int J Cur Res Rev* | Vol, 13(04), 100.
- Ngalimat, M. S., Rahman, R. N. Z. R. A., Yusof, M. T., Syahir, A., & Sabri, S. (2019). Characterisation of bacteria isolated from the stingless bee, *Heterotrigona itama*, honey, bee bread and propolis. *PeerJ*, 7, e7478.
- Oliveira, R. G. D., Jain, S., Luna, A. C., Freitas, L. D. S., & Araújo, E. D. D. (2017). Screening for quality indicators and phenolic compounds of biotechnological interest in honey

- samples from six species of stingless bees (Hymenoptera: Apidae). *Food Science and Technology*, 37(4), 552-557.
- Piedrahíta Márquez, D. G., Fuenmayor, C. A., & Suarez Mahecha, H. (2019). Effect of chitosan-propolis edible coatings on stability of refrigerated cachama (*Piaractus brachyomus*) vacuum-packed fish fillets. *Packaging Technology and Science*, 32(3), 143-153.
- Popova, M., Trusheva, B., & Bankova, V. (2019). *Propolis of stingless bees: A phytochemist's guide through the jungle of tropical biodiversity*. Phytomedicine, 153098.
- Rahmawati, O., Pratami, D. K., Raffiudin, R., & Sahlan, M. (2019, April). Alpha-glucosidase inhibitory activity of stingless bee honey from *Tetragonula biroi* and *Tetragonula laeviceps*. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2092, No. 1, p. 030001). AIP Publishing LLC.
- Sahlan, M., Mahira, K. F., Wiratama, I., Mahadewi, A. G., Yohda, M., Hermansyah, H., & Noguchi, K. (2019). Purification and characterization of proteins in multifloral honey from kelulut bee (stingless bee). *Heliyon*, 5(11), e02835.
- Skoskiewicz-Malinowska, K., Kaczmarek, U., Malicka, B., Walczak, K., & Zietek, M. (2017). Application of chitosan and propolis in endodontic treatment: a review. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 17(5), 410-434.
- Surek, M., Fachi, M. M., de Fátima Cobre, A., de Oliveira, F. F., Pontarolo, R., Crisma, A. R., de Souza, W. M., & Felipe, K. B. (2021). Chemical composition, cytotoxicity, and antibacterial activity of propolis from Africanized honeybees and three different Meliponini species. *Journal of ethnopharmacology*, 269, 113662. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113662>
- Torlak, E., & Sert, D. (2013). Antibacterial effectiveness of chitosan-propolis coated polypropylene films against foodborne pathogens. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 52-55.
- Wang, S., Wittwer, B., Heard, T. A., Goodger, J. Q., & Elgar, M. A. (2018). Nonvolatile chemicals provide a nest defence mechanism for stingless bees *Tetragonula carbonaria* (Apidae, Meliponini). *Ethology*, 124(9), 633-640.
- Zulkhairi Amin, F. A., Sabri, S., Ismail, M., Chan, K. W., Ismail, N., Mohd Esa, N., Mohd Lila, M. A., & Zawawi, N. (2019). Probiotic Properties of Bacillus Strains Isolated from Stingless Bee (*Heterotrigona itama*) Honey Collected across Malaysia. *International journal of environmental research and public health*, 17(1), 278. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010278>
- Zulkhairi Amin, F. A., Sabri, S., Mohammad, S. M., Ismail, M., Chan, K. W., Ismail, N., Norhaizan, M. E., & Zawawi, N. (2018). Therapeutic Properties of Stingless Bee Honey in Comparison with European Bee Honey. *Advances in pharmacological sciences*, 2018, 6179596. <https://doi.org/10.1155/2018/6179596>



Utilización de marcadores moleculares para la identificación de las abejas sin aguijón

*María del Socorro Ramírez-González¹ **

Xóchilt Fabiola De La Rosa-Reyna

José Alberto Narváez-Zapata

¹ Los autores se encuentran adscritos al Centro de Biotecnología Genómica-IPN. Blvd. Del Maestro. S/N y esq. Elías Piña. Col. Narciso Mendoza. C.P. 88710. Cd. Reynosa, Tamaulipas, México.

*Autor de correspondencia: mdramirezg@ipn.mx

Resumen

Las abejas sin aguijón se clasifican dentro de la familia Apidae, subfamilia Apinae, tribu Meliponini. Actualmente, el número de especies es controversial, pero se estima que está en un rango de 512 a 525. Su distribución se ubica principalmente en regiones tropicales y subtropicales en el mundo. Específicamente en México hay aproximadamente 16 géneros y 46 especies de meliponinos, de los cuales, el mayor número se encuentra en los estados de Oaxaca y Chiapas con 39 especies. Las abejas sin aguijón son utilizadas en diversos estados del país, principalmente en la actividad económica denominada meliponicultura, para la producción de miel, cerumen y propóleos. A pesar de su importancia económica y ecológica se conoce muy poco acerca de su diversidad y algunos estudios indican que principalmente la actividad humana (movilización de la colmena, deforestación de los bosques y contaminación química derivada de la actividad agrícola), ha influido en la disminución de su diversidad. Se utilizan marcadores moleculares para la identificación de las abejas sin aguijón, esto permite obtener información sobre la dinámica de poblaciones y evolución.

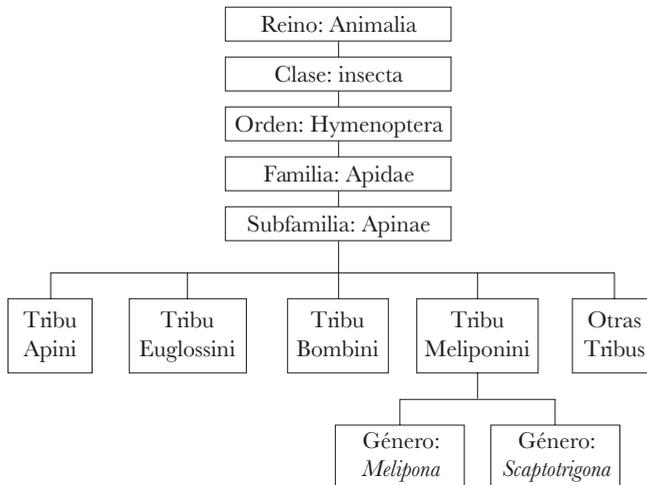
Introducción

De acuerdo con Freitas y colaboradores (2009), solo existen aproximaciones de la diversidad de las abejas sin aguijón, lo que sugiere que la diversidad solo corresponde a un tercio de la riqueza actual existente en la región del Neotrópico, incluyendo muchas especies crípticas que aún no han sido descubiertas (Michener, 2007). Incrementar el conocimiento taxonómico e identificar con precisión las especies es de vital importancia dada la actual crisis de biodiversidad, particularmente en taxones que están poco estudiados, así también como en puntos críticos en la biodiversidad, como en la existente en las áreas tropicales. El descubrimiento y delimitación de especies se ha incrementado debido al uso de métodos basados en el ADN. Por lo que el uso de marcadores moleculares es de gran relevancia. Así tenemos que los microsátélites han ayudado al análisis de parentesco, variación intraespecífica, hibridación entre especies, dinámica de poblaciones, mapeo de genes y filogeografía (Hurtado-Burillo et al., 2016). También los marcadores moleculares denominados ITS se han usado principalmente para realizar estudios de filogenia y análisis de poblaciones genéticas (May-Itzá et al., 2010; 2012). A la fecha ha sido importante el uso de diferentes marcadores moleculares mitocondriales y nucleares (microsátélites e ITS), o una combinación de ambos, para la mejor identificación y delimitación de las diferentes especies de abejas sin aguijón.

Características generales de las abejas sin aguijón

A nivel mundial existen alrededor de 20000 especies de abejas, agrupadas en 7 familias, una de ellas es la familia Apidae y contiene a la subfamilia Apinae, la cual incluye diferentes tribus: las abejas sin aguijón (Meliponini), los abejorros (Bombini), las abejas Melíferas (Apini), las abejas de las orquídeas (Euglossini) y otras abejas menos conocidas como se muestra en la clasificación de la Figura 19. En conjunto las tribus antes mencionadas forman el grupo de corbiculados. La corbícula es una estructura que se encuentra en la tibia de las patas traseras que les permite transportar polen. El grupo de los corbiculados se remarca en el rectángulo rojo (Arnold et al., 2018b).

Figura 19. Agrupación jerárquica de las abejas



Fuente: adaptado de Arnold et al., 2018b.

Los meliponinos se pueden distinguir del resto de las abejas de la subfamilia Apinae por la falta de aguijón, venación reducida de las alas anteriores, presencia de uñas simples y por presentar una línea de pelos cerosos a modo de peine ubicado en la articulación de las tibias posteriores que ayudan a mover polen.

Las abejas “corbiculadas” *Apini* y *Meliponini* son las dos tribus que despliegan un nivel alto de comportamiento social (eusocial). Sin embargo, *Apini* es una tribu monogénica que comprende 11 especies válidas, *Meliponini* presenta por lo menos 48 géneros (ITIS, 2021). El número total de especies dentro de *Meliponini* es hasta ahora controversial, se estima que es cercano a 400. Estudios más recientes, identifican de 512 a 525 especies (Engel y Rasmussen., 2020; Michener, 2007).

En contraste con *Apini*, la cual tiene una distribución geográficamente endémica restringida al Viejo Mundo, las abejas Meliponini tienen una amplia distribución y son encontradas en áreas tropicales de todo el mundo. La región Neotropical tiene un alto número de especies y ha sido indicada como el centro de origen y dispersión de las abejas sin aguijón. En México habitan 46 especies de meliponinos. Aunque tienen mayor presencia en los estados del Sur, también se distribuyen al norte en los estados de Sinaloa, Nuevo León y Tamaulipas. El estado de Oaxaca es el más diverso con al menos 35 especies (Ayala et al., 2013., Arnold et al., 2018a).

Importancia de las abejas sin aguijón

La docilidad de las abejas sin aguijón permite que estas especies puedan ser utilizadas en la polinización de cultivos. También facilita su manejo en la meliponicultura para la producción de miel, cerumen y propóleos. Estos productos se caracterizan por su alto valor nutricional y propiedades medicinales, principalmente como antibióticos y antioxidantes (Al-Hatamleh et al., 2020). En México, la meliponicultura se ha practicado por los mayas en la península de Yucatán, desde antes de la conquista. En la actualidad, la meliponicultura se practica en Veracruz, Tabasco, Puebla, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Yucatán. Es debido a esta diversidad que se requiere un mejor conocimiento de cada especie, su distribución y biología (Ayala et al., 2013., Arnold et al., 2018a).

Riesgos que enfrentan las abejas sin aguijón

Algunos riesgos para la sobrevivencia de las colonias de abejas sin aguijón se relacionan con la meliponicultura. Por ejemplo, durante la movilización de colonias, esta práctica puede llevar a la muerte de la colonia al no estar adaptada a un nuevo clima, además de fomentar la pérdida de diversidad genética ocasionada por la competencia con especies localmente adaptadas y por la exposición a enfermedades y parásitos (Quezada-Euán et al., 2012). Otros riesgos son ocasionados por la actividad humana, esencialmente por la deforestación de los bosques y la contaminación química derivada de la actividad agrícola. Así también, otro riesgo es la presencia de colonias de abejas africanizadas, las cuales pueden atacar y destruir los nidos de los meliponinos (Arnold, et al., 2018a). En México, el esfuerzo de conservación de las abejas sin aguijón se enfoca en incentivar la conservación de ecosistemas forestales. De igual manera, esta especie está bajo resguardo en las Áreas Naturales protegidas del país (Semarnat, 2021).

Uso de marcadores moleculares en la identificación de abejas sin aguijón y su importancia

El desarrollo de marcadores moleculares está relacionado directamente con los avances en el campo de la biología molecular. La reciente caracterización de genomas completos o parciales y el conocimiento de las bases moleculares de la variación genética han sido recursos muy importantes para el desarrollo de marcadores y establecimiento de modelos evolutivos a nivel inter e intraespecífico (Li, 1997). En décadas pasadas numerosos marcadores moleculares han sido caracterizados. La mayoría de estos derivan de variaciones de secuencia dentro del ADN mitocondrial (ADNmt) y loci microsatélites. Estos marcadores moleculares han sido aplicados en estudios de una gran variedad de organismos. Los resultados han proporcionado información acerca de la biología de las especies, ecología, comportamiento, dinámica de poblaciones y evolución (Arias et al., 2006).

a) Identificación con microsatélites

Los microsatélites son secuencias repetidas en tándem de 1 a 6 nucleótidos distribuidos aleatoriamente a lo largo del genoma. Los microsatélites son marcadores codominantes, selectivamente neutrales, altamente polimórficos y muestran herencia Mendeliana. El alto nivel de polimorfismo de los microsatélites se debe a nuevas mutaciones acumuladas por deriva génica y ligamiento a genes bajo selección. Debido a estas características han sido extremadamente útiles en el análisis de parentesco, variación intraespecífica, hibridación entre especies, dinámica de poblaciones, mapeo de genes y filogeografía. Otros estudios evalúan el impacto del comportamiento reproductivo. Los meliponinos pueden presentar sistemas de apareamiento monógamo y polígamo (poliandria y poliginia) con efecto sobre la diversidad genética, la estructura social y poblacional (Paxton, 2000; Vollet-Neto et al., 2018). En meliponinos se han reportado por lo menos 18 marcadores microsatélites hetero específicos (Peters et al., 1998; da Silva et al., 2019). Su aplicación Inter especie se considera efectiva para el análisis de la estructura poblacional (Hurtado-Burillo et al., 2016).

b) Identificación a partir de regiones del ADN mitocondrial (ADNmt)

De acuerdo con (Wolstenholme, 1992, Dowling et al., 1996), el ADN mitocondrial (ADNmt) es altamente conservado entre especies, aunque la organización de los genes en la molécula de ADNmt es más variable de lo que se pensaba inicialmente. Sin embargo, dentro de la molécula hay genes o regiones con alto o bajo rango de sustitución de bases (Vawter and Brown, 1986). Por lo tanto, es posible seleccionar una región apropiada para cada análisis y de acuerdo con el nivel taxonómico requerido.

La mayoría de los estudios de caracterización de ADNmt implican digestión con enzimas de restricción y el mapeo de sitios de restricción. A la fecha, se ha caracterizado el genoma mitocondrial de 16 especies de *Meliponini* que incluyen, 5 del género *Plebeia*, 7 de *Melipona*, 2 de *Partamona*, 1 de *Tegragonisca* y 1 de *Schwarziana*. Los mapas de restricción para todas las especies fueron construidos usando 17 enzimas de restricción y visualizados por la técnica “Southern blotting”. Comparando los 16 mapas de restricción se identificaron los sitios de restricción que se conservan entre especies. Las enzimas y genes más informativos fueron Pst I / 16S, Cla I / CytB, y otros sitios que se conservan por género y especie (Crozier y Crozier, 1993 citado en Arias et al., 2006).

El tamaño total del genoma mitocondrial *Meliponini* ha sido estimado en 18500 pb, esto equivale a aproximadamente 2200 pb más que *Apis mellifera* (Francisco et al., 2001). Esta diferencia de tamaño respecto con *Apis mellifera*, parece residir debido a una inserción de una región rica de A+T (región control). La amplificación de otras regiones del ADNmt también produce diferencia en el tamaño de los fragmentos, esto puede explicarse por diversos eventos moleculares, incluyendo transposiciones de ARNt, inserciones y deleciones (Silvestre, 2002).

c) Identificación con espaciadores internos transcritos (ITS)

Otros marcadores moleculares adecuados para realizar filogenia y análisis de poblaciones genéticas son los espaciadores internos transcritos o ITS (ITS1 e ITS2) de genes ribosomales (ARNr). La evolución pudo haber permitido la homogeneidad y motivos repetidos dentro de las regiones ITS. Por lo que han sido exitosamente empleados para estudios filogenéticos y poblacionales de algunas especies de abejas sin aguijón. En particular en la Tribu Meliponini, se ha determinado la secuencia completa del ITS1 a partir de tres especies de *Melipona* y usando secuencias parciales de ocho abejas para inferir las relaciones filogenéticas. A nivel intraespecífico, la región ITS ha demostrado su utilidad para el análisis de poblaciones en especies mexicanas de *Melipona beecheii* Bennett y también en dos especies brasileñas: *Melipona subnitida* Ducke y *Melipona quinquefasciata* (citado en MayItza et al., 2009., 2012).

Estudios moleculares preliminares de poblaciones de *Meliponina yucatanica* de México y Guatemala, han producido patrones diferentes utilizando RFLP y la región ITS2, sugiriendo una especiación alopátrica en poblaciones separadas geográficamente. Los análisis morfométricos y bayesianos con el gen mitocondrial COX1 y marcadores microsatélites han revelado diferencias geográficas entre poblaciones de Guatemala y México, sugiriendo que *M. yucatanica* de México y Guatemala podrían representar dos especies distintas (citado en May-Itza et al., 2010).

d) Importancia del uso de multilocus para la delimitación de especies

Uno de los principales enfoques usados es delimitar especies usando un gen único para evaluaciones rápidas y a gran escala de la diversidad de especies, aunque esta prueba ha sido ampliamente criticada porque los datos de un locus tienden a representar la historia de un gen individual que podría no ser representativo de la historia del organismo, por lo tanto, potencialmente produciría resultados poco confiables. Por ende, la variabilidad del código de barras puede ser limitada para identificar nuevas especies (Hurtado-Burillo et al., 2013). En consecuencia, existe consenso en la utilización de diferentes e independientes marcadores genéticos (mitocondriales y nucleares), los cuales pueden proveer mejor resolución para el establecimiento de relaciones filogenéticas y delimitación de especies.

Estudios previos basados en marcadores mitocondriales o microsatélites, y análisis morfométricos han llevado a la hipótesis de que existen especies crípticas dentro de *S. mexicana* (Hurtado-Burillo et al., 2013; Hurtado-Burillo et al., 2016) y *S. hellwegei* (Quezada-Euan et al., 2012). Así también se están realizando aproximaciones utilizando multilocus, y han adoptado el concepto biológico de especie, reconociendo como especies potenciales aquellos grupos que no han experimentado recientemente flujo de genes (sin otra evidencia que el aislamiento reproductivo) y asumiendo que el movimiento comercial de colmenas no es aún, una práctica común en la región de Mesoamérica (May-Itzá et al., 2012).

e) Estudios moleculares utilizando multilocus para la delimitación de especies de abejas sin aguijón

Para la delimitación de tres especies del género *Scaptotrigona* (Hurtado-Burillo et al., 2017), combinaron marcadores mitocondriales ADNmt(16S y *cox1*) y nucleares (*ArgK*, *EF1-a* e *ITS1*), los resultados de limitación de especies fueron fuertemente influenciados por señales filogenéticas de los marcadores mitocondriales, porque los marcadores nucleares (*ArgK*, *EF1-a* e *ITS1*) contienen pocos sitios variables (13,16 y 5, respectivamente) comparado con los marcadores mitocondriales 16S con (20) y *cox1* con (42).

Se realizó, otro estudio multilocus, utilizando la filogenia de las abejas sin aguijón del género *Melipona*, el cual fue publicado por Ramírez y colaboradores (2010), basándose en un conjunto de datos multigénicos (nuclear: *EF1- α* , *ArgK* y genes *Pol-II* de ARN, y mitocondriales: *Cox1* y ARNr 16S). En ese estudio 35 de 50 especies *Melipona* fueron agrupadas en cuatro subgéneros previamente descritos con morfología y caracteres ecológicos (Camargo y Pedro, 2007), pero aun algunas especies de *Melipona* siguen sin estar asignadas a un subgénero específico (Ruiz et al., 2014).

Conclusión

Estudios moleculares dirigidos a las abejas sin aguijón son necesarios para respaldar los estudios de morfología, filogenia, dinámica poblacional, delimitación de especies y evolución. Por su importancia en la meliponicultura y su servicio en los ecosistemas es de suma relevancia conocer la diversidad de este grupo de abejas. De esta manera, será posible dirigir esfuerzos de conservación de acuerdo con el estatus de riesgo de cada especie. Para la identificación de meliponinos, se han empleado exitosamente los marcadores mitocondriales y nucleares (microsatélites e ITS). Debido a la complejidad del grupo de abejas sin aguijón, algunos autores recomiendan combinar distintos tipos de marcadores del genoma mitocondrial y nuclear. De esta manera se tendría mayor certeza para la identificación de especies crípticas.

Bibliografía

- Al-Hatamleh, M. A., Boer, J. C., Wilson, K. L., Plebanski, M., Mohamud, R., & Mustafa, M. Z. (2020). Antioxidant-based medicinal properties of stingless bee products: recent progress and future directions. *Biomolecules*, *10*(6), 923.
- Arias, M. C., Brito, R. M., Francisco, F. O., Moretto, G., de Oliveira, F. F., Silvestre, D., & Sheppard, W. S. (2006). Molecular markers as a tool for population and evolutionary studies of stingless bees. *Apidologie*, *37*(2), 259-274. <https://doi.org/10.1051/apido:2006021>
- Arnold, N., Ayala, R., Merida, J., Sagot, P., Aldasoro, M., & Vandame, R. (2018a). New records of stingless bees (Apidae: Meliponini) for the Mexican states of Chiapas and Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *89*(3), 651-665. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2429>.
- Arnold, N., Zepeda, R., Dávila, M. A. V., y Maya, M. A. (2018b). *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México: con catálogo de especies*/ ECOSUR, El Colegio de la Frontera Sur. E-ISBN 978-607-8429-53-0.
- Ayala, R., González, V. H., & Engel, M. S. (2013). Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): diversity, distribution, and indigenous knowledge. In *Pot-Honey* (pp. 135-152). Springer, New York, NY.
- Camargo, J. y Pedro, S. (2007). Meliponini Lapeletier 1836. En J. S. Moure, G. A. R. Melo y D. Urban (Eds.), *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region* (p. 1058). Curitiba, Brasil: Sociedade Brasileira de Entomologia. Curitiba.
- Crozier R.H., Crozier Y.C. (1993) The mitochondrial genome of the honeybee *Apis mellifera*: complete sequence and the genome organization, *Genetics* *133*, 97–117.

- Da Silva, G. R., Pereira, F. D. M., Souza, B. D. A., Lopes, M. D. R., & Diniz, F. M. (2019). Research on stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) and applicability of molecular markers: a systematic review of the literature. *PUBVET*, *13*(1).
- Dowling T.E., Moritz C., Palmer J.D., Rieseberg L.H. (1996) Chapter 8: Nucleic acids III: análisis of fragments and restriction sites, in: Hillis D.M., Moritz C., Mable B.K. (Eds.), *Molecular Systematics*, 2nd ed., Sinauer Associates, Massachusetts, pp. 249–320
- Engel, M. S., & Rasmussen, C. (2020). Corbiculate bees. *Encyclopedia of Social Insects*. Springer, Berlin.
- Francisco F.O., Silvestre D., Arias M.C. (2001) Mitochondrial DNA characterization of five species of Plebeia (Apidae: Meliponinae): RFLP and restriction maps, *Apidologie* *32*, 323–332.
- Freitas BM, Imperatriz-Fonseca VM, Medina LM, Kleinert AM, Galetto L, Nates-Parra G, Quezada-Eua'n JJG (2009) Diversity, threats and conservation of native bees in the neotropics. *Apidologie* *40*, 332–346
- Hurtado-Burillo, M., Ruiz, C., de Jesús May-Itzá, W., Quezada-Eúan, J. J. G., & De la Rúa, P. (2013). Barcoding stingless bees: genetic diversity of the economically important genus *Scaptotrigona* in Mesoamerica. *Apidologie*, *44*(1), 1-10.
- Hurtado-Burillo, M., Jara, L., de Jesús May-Itzá, W., Quezada-Euán, J. J. G., Ruiz, C., & De la Rúa, P. (2016). A geometric morphometric and microsatellite analyses of *Scaptotrigona mexicana* and *S. pectoralis* (Apidae: Meliponini) sheds light on the biodiversity of Mesoamerican stingless bees. *Journal of Insect Conservation*, *20*(5), 753-763.
- Hurtado-Burillo, M., May-Itza, W. D., Quezada-Euan, J. J. G., De La Rúa, P., & Ruiz, C. (2017). Multilocus species delimitation in Mesoamerican *Scaptotrigona* stingless bees (Apidae: Meliponini) supports the existence of cryptic species. *Systematic Entomology*, *42*(1), 171-181. <https://doi.org/10.1111/syen.12201>
- ITIS. Integrated Taxonomic Information System. Revisado el 14 de mayo, 2021. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=633943#null
- Li W. (1997) *Molecular Evolution*, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.
- May-Itzá, W. de J., Quezada-Euán, J.J.G. & De la Rúa, P. (2009). Intraspecific variation in the stingless bee *Melipona beecheii* assessed with PCR-RFLP of the ITS1 ribosomal DNA. *Apidologie*, *40*: 549–555. DOI: 10.1051/apido/2009036
- May-Itza, W. D., Quezada-Euan, J. J. G., Medina, L. A. M., Enriquez, E., & De la Rúa, P. (2010). Morphometric and genetic differentiation in isolated populations of the endangered Mesoamerican stingless bee *Melipona yucatanica* (Hymenoptera: Apoidea) suggest the existence of a two species complex. *Conservation Genetics*, *11*(5), 2079-2084. <https://doi.org/10.1007/s10592-010-0087-7>

- May-Itzá, W. de J., Quezada-Euán, J.J.G., Ayala, R., & De la Rúa, P. (2012). Morphometric and genetic analyses reveal two taxonomic units within *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponidae), a Mesoamerican endangered stingless bee. *J. Insect. Conserv.*, 16: 723–731 DOI: 10.1007/s10841-012-9457-4
- Michener, C. D. (2007). *The bees of the world* (2a Ed.). Baltimore, Maryland: Johns Hopkins University Press.
- Paxton, R. J. (2000). Genetic structure of colonies and a male aggregation in the stingless bee *Scaptotrigona postica*, as revealed by microsatellite analysis. *Insectes Sociaux*, 47(1), 63-69.
- Peters, J. M., Queller, D. C., Imperatriz Fonseca, V. L., & Strassmann, J. E. (1998). Microsatellite loci for stingless bees. *Molecular Ecology*, 7(6), 784-787.
- Quezada-Euán, J.J.G., May-Itzá, W.d.J., Rincón, M., De la Rúa, P. & Paxton, R.J. (2012) Genetic and phenotypic differentiation in endemic *Scaptotrigona hellwegeri* (Apidae: Meliponini): implications for the conservation of stingless bee populations in contrasting environments. *Insect Conservation and Diversity*, 5, 433–443.
- Ramírez, S.R., Nieh, J.C., Quental, T.B., Roubik, D.W., Imperatriz- Fonseca, V.L. & Pierce, N.E. (2010) A molecular phylogeny of the stingless bee genus *Melipona* (Hymenoptera: Apidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 56, 519–525.
- Ruiz, C., May-Itza, W. D., Quezada-Euan, J. J. G., & De la Rúa, P. (2014). Utility of the ITS1 Region for Phylogenetic Analysis in Stingless Bees: a Case Study of the Endangered *Melipona yucatanica* Camargo, Moure and Roubik (Apidae: Meliponini). *Sociobiology*, 61(4), 470-477.
- Semarnat, (2021). Secretaria de Medio ambiente y recursos naturales. *Las abejas contribuyen a salvaguardar la biodiversidad*. Fecha de visita: 20 de mayo, 2021. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/las-abejas-contribuyen-a-salvaguardar-la-biodiversidad?idiom=e>
- Silvestre D. (2002). *Sequenciamento e análise do genoma mitocondrial de Melipona bicolor (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*, MS thesis, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP [online] <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-06052002-110339/> (accessed on 6 March 2006).
- Vawter L., Brown W.M. (1986) Nuclear and mitochondrial DNA comparisons reveal extreme rate variation in the molecular clock, *Science* 234, 194–196.
- Vollet-Neto, A., Koffler, S., dos Santos, C. F., Menezes, C., Nunes, F. M. F., Hartfelder, K., and Alves, D. A. (2018). Recent advances in reproductive biology of stingless bees. *Insectes sociaux*, 65(2), 201-212
- Wolstenholme D.R. (1992) Animal mitochondrial DNA: structure and evolution, in: Wolstenholme D.R., Jeon K.W. (Eds.), *Mitochondrial Genomes*, Academic Press, San Diego, pp. 173–216.



Diversidad biocultural de las abejas sin aguijón

*Yolanda del Rocío Moreno-Ramírez¹**

Mario Rocandio-Rodríguez

Aremi Rebeca Contreras-Toledo

¹ Los autores se encuentran adscritos al Instituto de Ecología Aplicada. Universidad Autónoma de Tamaulipas. C. Ramón López Velarde. No. 356. C. P87019. Cd. Victoria, Tamaulipas.

*Correspondencia: yrmoreno@docentes.uat.edu.mx

Dentro de un sistema socioecológico se generan vínculos y adaptaciones recíprocas entre la naturaleza y la sociedad, que se suscitan a través de manifestaciones biológicas, culturales y lingüísticas coexistentes (Maffi, 2018). Estas interrelaciones las hace mutuamente dependientes y geográficamente colindantes (Toledo, 2013) al grado de converger en un ensamble denominado “diversidad biocultural”. Este amplio y heterogéneo complejo es desarrollado a lo largo del tiempo entre las sociedades humanas y sus entornos locales (Maffi, 2018) donde cada sistema cultural interactúa con un ecosistema concreto, con la composición del ambiente y la biodiversidad contenida en ella. Lo que resulta en una serie compleja de interacciones, finas y específicas (Elands et al., 2019) y, por ende, son un indicador del estado y de los vínculos entre la diversidad biológica, cultural y lingüística (Vidal y Brusca, 2020).

La coincidencia espacial entre elementos biológicos, ambientales, geográficos y sociales genera áreas de diversidad biocultural (Gutiérrez-Santillán, 2019). Por lo que, tanto lenguas y especies amenazadas en peligro de extinción que se encuentren en estas áreas deben protegerse (Mooij et al., 2019). Las comunidades locales mantienen una conexión intergeneracional con el lugar y la naturaleza a través de los medios de vida, identidad cultural, visiones del mundo y conocimiento ecológico, entre otros. Los sistemas de conocimientos indígenas y locales son comprendidos como cuerpos de conocimientos, prácticas y creencias integradas, holísticas, sociales y ecológicas relacionados con la asociación de los seres vivos, que incluyen personas, entre sí y con su entorno (Hill et al., 2020).

Ejemplo de esa asociación son los sistemas de polinizadores. Los polinizadores son parte esencial para una buena calidad de vida de la gente, contribuyen al sustento familiar, al mantenimiento de los ecosistemas, a las cadenas de producción, así como a valores espirituales, sociales y culturales (Potts et al., 2016). La diversidad biocultural de los polinizadores se expresa por medio de saberes indígenas relacionados al entorno natural, a los polinizadores y por la interrelación de éstos en entornos geográficos o áreas particulares. Genera, además, conocimiento local y comprensiones complejas en relación con la fertilidad, fecundidad y espiritualidad (Fijn y Baynes-Rock, 2018). La asociación a ecosistemas, los valores espirituales y culturales y los sistemas de gobernanza indígena hacen a los polinizadores el elemento de sustento de los medios de vida (Hill et al., 2020). Bajo esta consideración, la polinización es un servicio ecosistémico esencial que parte de un sistema integrado de interacciones y vincula la vegetación, la vida silvestre y el bienestar humano (Van der Sluijs y Vaage, 2016).

La polinización como servicio ecosistémico es realizada por una amplia gama de especies animales, principalmente insectos, como abejas, abejas solitarias, abejas sin aguijón, abejorros, moscas, mariposas, avispas, polillas, escarabajos, mos-

quitos, así como por algunos vertebrados como murciélagos, ardillas, loros, colibríes, algunos primates y humanos (polinización manual) (Kovács-Hostyánszki et al., 2017). La polinización es una simbiosis entre plantas y polinizadores. Los insectos polinizadores buscan néctar (carbohidratos) o polen (proteína) y su comportamiento, y anatomía específicos les permite recoger y distribuir el polen entre las flores promoviendo así la diversidad genética en la población vegetal (Marshman et al., 2019). Además, genera suministros de medicamentos (agentes antibacterianos, antifúngicos y antidiabéticos), biocombustibles, fibras, materiales de construcción, instrumentos musicales, artes y oficios y, son además fuentes de inspiración para el arte, la música, la literatura, la religión y la tecnología (Fijn y Baynes-Rock, 2018).

De las 2000 especies de insectos que se tiene hasta el momento registrado, las abejas sin aguijón contribuyen a la seguridad alimentaria a través de la polinización y sus derivados (Halvorson et al., 2021). Son consideradas como un activo importante para asegurar la biodiversidad de las plantas en muchos ecosistemas naturales y satisfacer la creciente demanda agrícola de polinización. Forman parte de la biodiversidad local de distintos ecosistemas tropicales y subtropicales y están bien adaptadas a condiciones locales. Al carecer de un aguijón funcional, no pueden picar, lo que facilita su manejo principalmente dentro de invernaderos (Jaffé et al., 2015).

La diversidad biocultural de este tipo de abejas tiene un componente histórico radicado en Mesoamérica desde épocas prehispánicas (Vásquez-García et al., 2021). En México, estas abejas representan una porción relativamente pequeña (2.6 %) de la gran diversidad de abejas presentes, pero con grandes impactos económicos, sociales y culturales, ya que un alto porcentaje de abejas sin aguijón (41.3 %) han sido aprovechadas desde tiempos precolombinos (Ayala et al., 2013). En México, el manejo y registro de abejas sin aguijón ha sido realizado en poblaciones locales que pertenecen al centro y suroeste del país. Uno de los datos indica que la cera era utilizada en pago de tributos y elemento de trueque entre los distintos grupos culturales (Quezada-Euán et al., 2001). Acereto, 2012 menciona que en la antigua Tenochtitlan se utilizaba un sistema de trueque que consistía en elaborar una lista describiendo las cantidades de miel (utilizada para uso y consumo) las cuales debían pagar los súbditos de tierras lejanas (hoy península de Yucatán), al emperador Moctezuma.

La cría de abejas sin aguijón está íntimamente ligada a la cosmovisión y por tanto a la diversidad biocultural. Hace 2 a 3 mil años, los registros de la meliponicultura quedaron plasmados en el Códice Maya de Madrid, desde esos tiempos se realizaban inspecciones precisas oculares de la parte frontal, antenas, alas, bandas de abdomen, nervaduras, así como la tibia, tarsos y fémur de las patas con vello-sidades. Se tiene registrado que, de los invertebrados, la melipona es la única que

aparece en el códice, y se manifiesta, además, en varias secciones como la dedicada a la agricultura, a la petición de lluvias e incluso en la representación de caza, junto a aves, iguanas, y armadillos. Del mismo códice, se aprecia a la deidad Chac manipulando colmenas en jobón (pieza de madera hueca para alojar a las *abejas*) y la cosecha de miel (Acereto, 2012). Para los mayas la divinidad de la miel era representada por Ah Mucen Kab y Balam Cab. En tanto que, la abeja reina era referida como abeja jaguar y se consideró como un ente divino cuya custodia se resguardaba por los bakabs quienes eran los dioses mayas de las abejas nativas (Vit et al., 2004). Una de las tradiciones culturales más importantes de la península de Yucatán, es la crianza y cultivo de las abejas sin aguijón, y su uso es principalmente medicinal.

Las abejas sin aguijón almacenan y modifican químicamente los néctares florales produciendo una miel peculiar en su sabor y aroma, con una textura más fluida y de cristalización lenta (Biluca et al., 2016), produce además propóleos y geopropóleos que tienen características sensoriales específicas y son reconocidos en la medicina popular tradicional (Biluca et al., 2020). La miel producida por una abeja sin aguijón es históricamente conocida en la medicina popular por brindar beneficios a la salud humana, los cuales se atribuyen a la presencia de compuestos biológicamente activos como los compuestos fenólicos (Al-Hatamleh et al., 2020). El uso de la miel en contra de las enfermedades varía desde el control y disminución de trastornos digestivos, respiratorios, de fertilidad femenina, de la piel y visuales. Mientras que el polen y la cera (cerumen) de los nidos se utilizan en terapias locales, y las larvas de las especies *Melipona* y *Trigona* se incluyen en las dietas locales de las personas (Vit et al., 2004). De manera contraria para los mayas lacandones de Nahá, Chiapas, uno de los principales usos para este grupo, es utilizar a la miel como endulzante y fines medicinales. Además, los conocimientos que tienen sobre el uso de productos derivados de las abejas sin aguijón se relacionan con hechos simbólicos, un ejemplo es el vínculo planta-animal-humano (Contreras-Cortés et al., 2020). En Tabasco, la abeja nativa *Melipona beecheii* habita junto con las personas yoko t'anob o chontales de las tierras bajas mayas establecidos desde la época prehispánica, permitiendo una asociación múltiple, dinámica, multicausal a partir de procesos biocognitivos y de cosmovisión del grupo. Productos como miel (yoko Chab), cera (Chäh) y el polen (sisim) derivados de *M. beecheii* tienen gran importancia en el consumo alimenticio, medicinal y amplio valor en rituales; en su conjunto forman parte de la estrategia de uso múltiple por parte de los grupos yoko t'anob (Vásquez-Dávila y Hernández-Hipólito, 2011).

Por su dinámica e interacción con los grupos humanos y comunidades, las abejas sin aguijón contribuyen en los medios de vida de comunidades que las cultivan bajo diferentes esquemas de manejo, o bien que aprovechan sus nidos

localizados en la naturaleza. Diversos productos como polen, cera, miel y resina se han producido desde tiempos antiguos y se reconocen dentro de los saberes locales e indígenas como una fuente de salud además de generar ingresos adicionales a la unidad familiar (Alavez-Sosa et al., 2021).

En el estado de Oaxaca, en Santa María Zoquitlán, las abejas sin aguijón son conocidas como “enfadosos” o “moscos”, referidos así por su comportamiento de perseguir el sudor de las personas, enredarse en el cabello y hasta entrar en la boca o nariz. Otro nombre que relacionan a las abejas sin aguijón es la palabra “colmena”, distinguiéndola de *Apis mellifera*, a la cual se refieren como “enjambre”. Algunas actividades relacionadas con estas abejas es principalmente el cultivo y crianza en cajas, troncos con huecos, ollas de barro, en nidos que se encuentran en troncos, y la obtención de cera y miel, conocida como caza de miel o caza de monte (Arnold et al., 2018).

En Michoacán, la extracción de productos apícolas a partir de abejas sin aguijón del medio silvestre se presenta de diversas maneras. Por ejemplo, de manera fortuita, cuando se ubican nidos, contrario a los “colmeneros”, denominados así a quienes se dedican a otras actividades, pero pueden extraer los nidos. También se ha observado la organización de grupos con el propósito de buscar nidos, actividad nombrada como “colmenear” (caza de miel en nido). Esta práctica asocia el uso de herramientas manuales como hachas y machetes para abrir la corteza de los árboles y extraer los productos apícolas, aunque recientemente algunos lugareños utilizan motosierras (Reyes-González et al., 2020).

Las diferentes prácticas desarrolladas por los pobladores indígenas y locales son determinantes en la conservación del sistema. La práctica de valorar la diversidad y fomentar la diversidad biocultural como tal, las prácticas de manejo del paisaje y los sistemas de producción diversificados, engloban prácticas de conservación de los polinizadores (Hill et al., 2019). La apicultura, por ejemplo, representa una base para las economías locales debido a que requiere de una inversión mínima, se pueden obtener diversos productos para uso y/o venta, y existe un amplio conocimiento indígena y local y tradicional (Hilmi et al., 2011). Las abejas sin aguijón son usadas para la polinización de diferentes cultivos en México, por ejemplo, *Scaptotrigona mexicana* es usada para la polinización de aguacate (*Persea americana*), rambután (*Nephelium lappaceum*) y café (*Coffea arabica*) a nivel local en Hidalgo, Puebla y Chiapas; *Nannotrigona perilampoides* es usada en la polinización de chile habanero (*Capsicum chinense*); y *Melipona* es usada en otros cultivos más tradicionales, como jitomate (*Solanum lycopersicum*) (May-Itzá et al., 2008). Por otro lado, muchas comunidades nahuas en Puebla dependen del manejo de abejas sin

agujón, particularmente *S. mexicana* o “pisilnekmej”, mientras que las comunidades huicholes usan la cera de *S. hellwegeri* para elaborar artesanías (Ayala et al., 2013).

Hay, sin embargo, una preocupación sobre la creciente pérdida del conocimiento indígena ancestral y local, así como el incremento de prácticas no sustentables de manejo y aprovechamiento de los polinizadores (Díaz et al., 2015).

Se han observado en municipios de Cuzalapa y Zenzontla, Jalisco, que después de recolectar miel, las personas no resguardan otra vez el nido, y una vez cosechado permanece abierto resultando en su destrucción debido el ataque de varios depredadores que habitan la región. Esto ocurre también en localidades del estado de Guerrero, donde algunos mieleros destruyen colonias de abejas sin agujón derribando los árboles donde anidan. Lo anterior es un indicativo del conocimiento limitado y empírico sobre estas abejas y su manejo sustentable por parte de los habitantes de dichas comunidades, en relación con la conciencia biocultural de los mayas de la península de Yucatán y los nahuas de la Sierra Norte de Puebla (Escareño et al., 2019).

Vásquez-García et al. (2021) han señalado que la pérdida de la apifauna nativa corresponde principalmente a diversos problemas en conjunto, como manejo no sustentable de los sistemas agrícolas, introducción de especies exóticas de *Apis mellifera*, baja floración y la caza de miel. Lo anterior ha provocado la muerte de abejas nativas, así como efectos colaterales y directos del cambio climático en la dinámica poblacional de las abejas, incluyendo reducciones considerables en el tamaño de las poblaciones y cambios en la distribución geográfica. Adicionalmente, se ha señalado la ausencia de conocimiento y documentación en torno a la riqueza de especies de abejas nativas (Mérida y Arnold, 2016), y se destaca el hecho de los pocos estudios realizados con enfoques ecológicos y etnoecológicos (Arnold et al., 2018). Contreras-Cortés et al. (2020) precisan que, cambios o desconocimiento en el manejo de la meliponicultura, considerada como una práctica económica milenaria y cultural, se debe a motivos socioculturales, entre ellos la deforestación que resulta de diversas actividades con mayor alcance económico como la ganadería. El estudio de Contreras-Cortés et al. (2020) realizado en Nahá, Chiapas reveló que el consumo de medicamentos alópatas y azúcar está sustituyendo el consumo de la miel de abeja sin agujón así como otros derivados, una de las razones, es que es mayor facilidad para la adquisición de esos productos, y la recolección u obtención de la miel, implicaría mayor esfuerzo en la selva. Por su parte, Alavez-Sosa et al. (2021) señalan que es necesario establecer agroecosistemas sostenibles con las abejas sin agujón nativas, excluyendo todo tipo de agroquímicos y emprendiendo programas de reforestación con especies locales.

El vínculo entre la diversidad biológica y la diversidad cultural, así como la identificación de los puntos críticos de conservación ecológica y lingüística, requieren de una comprensión y atención holística particular para cada región. Especialmente, es el caso de estas abejas para transitar al enfoque de sostenibilidad a distintos niveles, se ha señalado que la cría de abejas sin aguijón puede llegar a ser una actividad de desarrollo sostenible. La reproducción de especies locales generalmente no daña el medio ambiente ni modifica el grado de polinización de las especies botánicas locales (Quezada-Eúan, 2018).

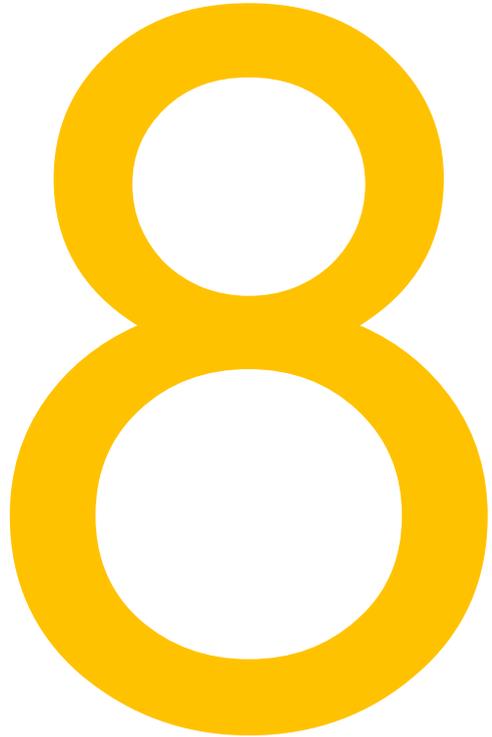
La cubierta forestal influye sobre la riqueza y diversidad de especies de abejas sin aguijón. Su presencia y distribución son indicadores del impacto debido a la deforestación del paisaje, por lo cual se apuesta a la cría de abejas sin aguijón nativas como práctica para proteger los bosques y mantener la diversidad floral. Además, esta miel es altamente apreciada por los consumidores, lo que la hace valiosa comercialmente. El creciente interés global en los productos obtenidos, además de su estatus como productos agroecológicos, podrían mejorar la presencia en los mercados internacionales como productos especializados (González-Acereto et al., 2006). En este sentido, Reyes-González et al. (2020) señalan que el método tradicional de extracción de la miel de abejas sin aguijón, cosechada directamente de nidos silvestres, no resulta un obstáculo para asegurar su aprovechamiento sustentable. Otorgar el reconocimiento al conocimiento indígena y local sobre la diversidad, el comportamiento y el uso de las abejas puede contribuir a su conservación. Muchos enfoques bioculturales han sido aplicados exitosamente en la conservación de los polinizadores; por ejemplo, el requerimiento de un consentimiento previo informado para la implementación de proyectos de conservación y desarrollo; el fortalecimiento de las áreas conservadas por comunidades indígenas y locales para la protección de los vínculos que aseguren la polinización a través de la gobernanza tradicional; el apoyo a las actividades para la generación de conocimiento, como el desarrollo y evaluación participativa de prácticas de cultivo amigables con los polinizadores; buscar el reconocimiento de los sistemas de manejo y uso como patrimonio intangible cultural; promover la soberanía alimentaria, siendo los polinizadores un elemento primordial en los sistemas de producción vegetal, entre otros (Gavin, et al., 2015). La implementación de tales acciones en torno a las abejas sin aguijón puede ayudar a comprender la diversidad e interacciones bioculturales, así como promover su conservación y aprovechamiento sustentable.

Bibliografía

- Acereto, J.A.G. (2012). La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrociencias*, 1: 34-41.
- Alavez-Sosa, L., Calyecac-Cortero H.G., Cuevas-Sánchez J.A., Samano-Rentería M.Á., Cruz-Rodríguez, J.A., y Flores-Pérez, L.R. (2021). 33. Abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) en Santa María Zoquitlán, Oaxaca, aprovechamiento y potencialidad para la meliponicultura. *Biodiversidad y ecología mexicana*, 202.
- Al-Hatamleh, M. A., Boer J. C., Wilson K. L., Plebanski M., Mohamud R., y Mustafa M. Z. (2020). Antioxidant-based medicinal properties of stingless bee products: recent progress and future directions. *Biomolecules*, 10(6): 923.
- Arnold, N.; Zepeda R.; Vásquez D. y Aldasoro M. 2018. *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México con catálogo de especies*. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). 1ra. (Ed). Chiapas, México. 147 p.
- Ayala R., Gonzalez, V.H. and Engel, M.S. (2013) Chapter 9 Mexican Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, Distribution, and Indigenous Knowledge. In: P. Vit et al. (eds.), *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*, DOI 10.1007/978-1-4614-4960-7_9, Springer Science+Business Media, New York. Pp. 135-152.
- Biluca, F. C., da Silva B., Caon T., Mohr E. T. B., Vieira G. N., Gonzaga L. V., Vitali L., Micke G., Fett R., Monguilhott Dalmarco E. y Costa, A. C. O. (2020). Investigation of phenolic compounds, antioxidant and anti-inflammatory activities in stingless bee honey (Meliponinae). *Food Research International*, 129:108756.
- Biluca, F.C., Braghini F., Gonzaga L.V., Costa A.C.O. y Fett, R. (2016). Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 50: 61-69.
- Contreras-Cortés, L. E. U., Vázquez García A., Aldasoro Maya E. M., y Mérida Rivas J. (2020). *Conocimiento de las abejas nativas sin aguijón y cambio generacional entre los mayas lacandones de Nahá, Chiapas*. Estudios de cultura maya, 56: 205-225.
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I. A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K. M. A., Figueroa, V. E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R., ... Zlatanova, D. (2015). The IPBES Conceptual Framework - connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- Elands, B.H.M., Vierikko K., Andersson E., Fischer LK., Gonçalves P., Haase D., Kowarik I., Luz A.C., Niemelä J., Santos-Reis M. y Wiersum, K.F. (2019). Biocultural diversity: A novel concept to assess human-nature interrelations, nature conservation and stewardship in cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, 40: 29-34.

- Escareño, F. C., Echazarreta C. M., Gusmán-Nóvoa E. y Macías-Macías, J. O. (2019). Traditional knowledge and potential use of stingless bees (Hymenoptera: Meliponinae) in the manantlan sierra, Jalisco, Mexico. *Sociobiology*, 66(1): 120-125.
- Fijn, N. y Baynes-Rock, M. (2018). A social ecology of stingless bees. *Human Ecology*, 46(2): 207-216.
- Gavin, M. C. et al. (2015) Defining biocultural approaches to conservation. *Trends Ecol. Evol.* 30, 140–145.
- González-Acereto, A., Quezada-Euán, J.J.G. and Medina-Medina, L.A. (2006). New perspectives for stingless beekeeping in the yucatan: results of an integral program to rescue and promote the activity, *Journal of Apicultural Research*, 45:4, 234-239. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.2006.11101356>
- Gutiérrez-Santillán, T.V., Moreno-Fuentes Á., Sánchez-González A. y Sánchez-Rojas G. (2019). Knowledge and use of biocultural diversity by Nahua in the Huasteca region of Hidalgo, Mexico. *Ethnobiology and Conservation*, 8.
- Halvorson, K., Baumung R., Leroy G., Chen C. y Boettcher, P. (2021). Protection of honeybees and other pollinators: one global study. *Apidologie*, 1-13.
- Hill, R., Adem, Ç., Alangui W. V., Molnár Z., Aumeeruddy-Thomas Y., Bridgewater P., Tengö M., Thaman R., Adou Yao C., Berkes F., Carino J., Carneiro da Cunha M., Diaw C. M., Díaz S., Figueroa E. V., Fisher J., Hardison P., Ichikawa K. y Xue, D. (2020). Working with indigenous, local and scientific knowledge in assessments of nature and nature's linkages with people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 43: 8-20.
- Hill, R., Nates-Parra, G., Quezada-Euán, J.J.G. et al. (2019). Biocultural approaches to pollinator conservation. *Nature Sustainability* 2, 214–222. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0244-z>
- Hilmi, M., Bradbear, N. & Mejia, D. (2011). *Beekeeping and Sustainable Livelihoods*. 2nd edn. FAO, Rome.
- Jaffé, R., Pope N., Carvalho A.T., Maia U.M., Blochtein B., de Carvalho C.A.L., Carvalho-Zilse G. A., Magalhães F. B., Menezes C., Ribeiro M.F., Venturieri G.C. e Imperatriz-Fonseca, V. L. (2015). Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. *PLoS one*, 10(3): e0121157.
- Kovács-Hostyánszki, A., Espíndola, A., Vanbergen, A. J., Settele, J., Kremen, C., y Dicks, L. V. (2017). Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. *Ecology Letters*, 20(5): 673-689.
- Maffi, L. (2018). *Biocultural diversity*. The International Encyclopedia of Anthropology, 1-14.
- Marshman, J., Blay-Palmer, A. y Landman, K. (2019). Anthropocene crisis: climate change, pollinators, and food security. *Environments*, 6(2): 22.

- May-Itzá W de J, González JA, De La Rúa P, Serrano J, Medina-Medina LA, Quezada-Euán JJG. (2008) Crianza de abejas sin aguijón en Mesoamérica. *Vida Apícola* 152:50–55.
- Mérida, J. y Arnold, N. 2016. Las abejas su importancia para la naturaleza y nuestra sobrevivencia. *Suplemento Científico de La Jornada Veracruz*. 6(65):1-4.
- Mooij, M. L., Dessartre Mendonça, S. y Arts K. (2019). Conserving Biocultural Diversity through Community–Government interaction: a practice-based approach in a Brazilian extractive reserve. *Sustainability*, 11(1): 32.
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J., & Vanbergen, A. J. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220–229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Quezada-Euán, J.J.G. (2018). Managing and Preserving Stingless Bees. In *Stingless Bees of Mexico*, Quezada-Euán, J.J.G (ed.). The Biology, Management and Conservation of an Ancient Heritage. Springer, Cham. 193-242
- Quezada-Euán, J.J.G., de Jesús May-Itzá W. y González-Acereto, J. A. (2001). Meliponiculture in Mexico: problems and perspective for development. *Bee World*, 82(4): 160-167.
- Reyes-González, A., Camou-Guerrero A., Del-Val E., Ramírez M. I. y Porter-Bolland, L. (2020). Biocultural diversity loss: the decline of native stingless bees (Apidae: Meliponini) and local ecological knowledge in Michoacán, western México. *Human Ecology*, 48(4): 411-422.
- Toledo, V.M. (2013). El paradigma biocultural: crisis ecológica, modernidad y culturas tradicionales. *Sociedad y ambiente*, 1(1): 50-60.
- Van der Sluijs, J.P. y Vaage, N.S. (2016). Pollinators and global food security: the need for holistic global stewardship. *Food ethics*, 1(1): 75-91.
- Vásquez-Dávila, M. A. y Hipólito-Hernández E. (2011). Uso múltiple de los productos de la abeja nativa *Melipona beecheii* entre los yoko t'anob en Tabasco, México. En: *Memorias del 7° Seminario Mesoamericano sobre abejas nativas*. Ecosur, Unión de Cooperativas Tosepan. Cuetzalan, Puebla, México. p. 51-54.
- Vidal, O. y Brusca, R. C. (2020). Mexico's biocultural diversity in peril. *Revista de Biología Tropical*, 68(2): 669-691.
- Vit, P., Medina, M. y Enríquez, M.E. (2004). Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. *Bee world*, 85(1): 2-5.



Modelo de colaboración para la gestión y transferencia del conocimiento: Caso de *Melipona beecheii*

*Frida Carmina Caballero-Rico*¹*

José Alberto Ramírez-de León

Frida Porras-Caballero

¹ Los autores se encuentran adscritos al Instituto de Ecología Aplicada. Universidad Autónoma de Tamaulipas. C. Ramón López Velarde. No. 356. C. P87019. Cd. Victoria, Tamaulipas.

*Correspondencia: fridacaballero@hotmail.com

Resumen

A pesar de que la cría de *Melipona beecheii* (meliponicultura) es una práctica ancestral y benéfica asociada a la cultura y tradiciones de comunidades principalmente de origen maya, a lo largo de los años ha sido desatendida y en muchos casos, sustituida por la apicultura, que se considera más rentable. Por lo que en el presente documento se realiza una propuesta para la promoción de la cría, comercialización y conservación de *Melipona beecheii* en Tamaulipas, región en donde la meliponicultura es un área de oportunidad. Asimismo, se presenta un modelo de colaboración para la gestión y transferencia del conocimiento cuyo objetivo es generar interacciones productivas entre los involucrados en beneficio de la ciencia y de la sociedad.

Introducción

Actualmente es necesario abordar el uso de los recursos naturales a partir de visiones, conceptos y estrategias fundamentadas en la colaboración de ciencia y política ya que las complejas relaciones e interdependencias entre los ecosistemas y las personas así lo demandan.

Las redes colaborativas se definen como un conjunto de personas con visión colectiva y automotivadas, las cuales desean contribuir al logro de un objetivo en común, una de las formas para lograrlo es realizando intercambio de información, formas de trabajo, ideas, a través de la web. Para garantizar que este trabajo colaborativo cumpla con las principales características de una red de innovación, se debe tener comunicación directa entre miembros, respetar el código ético, e implementar la innovación por medio de la creatividad masiva, además de trabajar con transparencia, honestidad, y democracia en el conocimiento y aprendizaje (Peter Gloor, 2008).

En este contexto, se propone el uso y la conservación de la sociodiversidad mediante la promoción de la cría de abejas sin aguijón -*Melipona beecheii*- en Tamaulipas. Es una oportunidad para rescatar, según Balvanera et al., (2020):

Las visiones, el conocimiento y las prácticas del mundo de los pueblos indígenas y locales que están desapareciendo rápidamente y los diferentes valores de la naturaleza no se están integrando plenamente en los mercados de productos básicos y las políticas de desarrollo (p. 346)

La cría de *Melipona beecheii* (meliponicultura) es una práctica antigua que encuentra sus raíces y cultura en las tradiciones de las comunidades de origen maya ubicadas en Yucatán, Campeche, norte de Puebla y Veracruz principalmente (Barreto y Rendón, 2020). Aunque la apicultura (*Apis mellifera*), presentaba mayor rentabilidad económica y comercial en comparación con la meliponicultura, actividad poco

practicada en la actualidad (Rodríguez-Balam y Pinkus-Rendón, 2015; Barreto y Rendón, 2020).

El estudio realizado por Pat Fernández et al., (2018) titulado *Condición y perspectivas de la meliponicultura en comunidades mayas de la reserva de la biósfera Los Petenes, Campeche, México*, muestra que el manejo de la abeja ko'olel kaab se realiza en el 35 % de las comunidades mayas estudiadas y está a cargo de “meliponicultores, mayoritariamente por hombres de edad avanzada con débil organización para comerciar la miel”. En ese estudio se encontró que la revitalización del sistema de producción se sustenta en dos factores: las orientaciones agroecológicas en la administración ambiental y las relaciones intergeneracionales basadas en una ética feminista de cuidado entre especies. Quezada-Euán (2018), señala que la meliponicultura enfrenta diversas amenazas como el cambio climático, el cambio de uso del suelo, y la pérdida de saberes y prácticas asociadas con esta actividad.

Stephan Lorenz (2021) llama la atención con lo siguiente: “Cuando el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente publicó un estudio sobre las amenazas mundiales a las abejas melíferas y otros polinizadores” (p. 41) se realizaron muchas investigaciones entre 2006 y 2007 pero las ciencias sociales no estuvieron involucradas, lo que derivó en inapropiados patrones sociales, culturales e institucionales que aún prevalecen.

Estudios realizados por el investigador, “sugieren que la percepción de que las abejas no son solo seres naturales tiene sus raíces en tres cosas: la práctica de la apicultura, la polinización de las abejas en los ecosistemas agrícolas y el papel de las abejas melíferas en las narrativas humanas”(p. 32). En este sentido, existen propuestas para que los procesos de conservación deban ser estudiados desde la óptica socio ecológica en un proceso de investigación colaborativa donde se privilegia el uso de ‘socio indicadores’ y ‘socio diversidad’, como contrapartes de ‘bioindicadores’ y ‘biodiversidad’ para permitir una mejor comunicación entre las ciencias sociales y naturales (Lorenz, 2021).

En los siguientes apartados, se irán develando conceptos como capital social, capital territorial e interfaz ciencia-política; que derivarán en una propuesta para el cultivo, crianza, conservación y comercialización de la abeja sin aguijón (meliponicultura) de *Melipona beecheii* así como en un modelo de colaboración cuyo objetivo es generar interacciones productivas entre los involucrados.

Desarrollo

El concepto de capital social es un elemento presente en la construcción de interacciones entre los distintos actores, donde la confianza es el eje a partir del cual se generan normas para la generación de redes, participación civil, reglas,

reciprocidad e instituciones formales como informales (Ostrom y Ahn, 2003). Los distintos aspectos del contexto en el que los individuos interactúan afectan la forma en que estos aprenden, se desarrollan e interactúan. La relación de individuos puede afectar la forma de aprendizaje de estos, por lo que se debe tomar en cuenta la conducta individual, así como las preferencias de cada uno (Ostrom, 2010).

Por ello, es también importante rescatar el *concepto de capital territorial* que es más que la economía, los negocios y el estatus socioeconómico de los residentes. Es también la forma en que los habitantes de las localidades forman redes sociales y cómo estas se entrelazan con las configuraciones políticas, institucionales y administrativas locales (Jorgensen et al., 2021).

El trabajo *Desafíos y oportunidades para promover las contribuciones de las interfaces ciencia-política* realizado por Balvanera et al., (2020) señala que existe mayor visibilidad y comprensión de las complejas relaciones e interdependencias entre los ecosistemas y las personas. Estudios recientes:

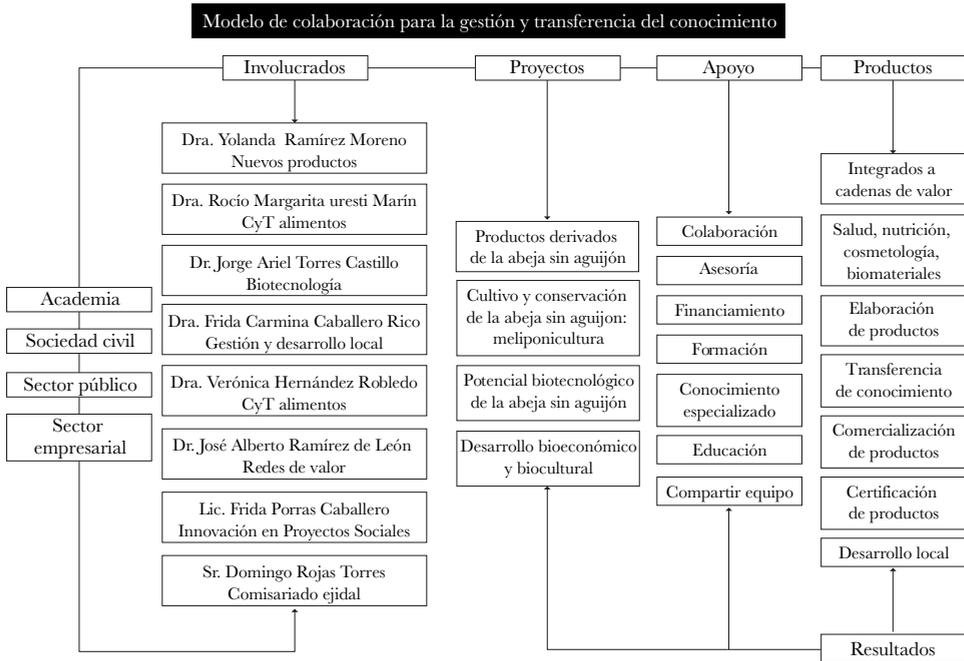
[...] han revelado cuán dramáticamente insostenibles e inequitativas son las interacciones entre los ecosistemas y las personas, como resultado de un largo legado de consumismo y utilitarismo, patriarcado y colonialismo, y la expansión global de las relaciones con la naturaleza orientadas a la producción (p. 345).

Se propone que este ejercicio de promoción de la meliponicultura -cría, comercialización, conservación de *Melipona beecheii*- se desarrolle a partir de los retos establecidos (Balvanera et al., 2020):

- Definir las interfaces entre ciencia y política para realizar la vinculación de los hallazgos científicos con el desarrollo y la implementación de políticas y la toma de las decisiones y tratar de resarcir el deterioro de los ecosistemas y sus consecuencias para las personas. En este proceso, la ciencia debe desempeñar un rol completamente distinto.
- Reconocer y abordar la compleja interconexión de los ecosistemas y las personas. No pueden analizarse y atenderse de forma aislada, deben ser abordados desde la óptica de los sistemas socio ecológicos para la gestión conjunta y transferencia del conocimiento entre los distintos actores y establecer una vía para la toma de decisiones.
- Reconocer la especificidad del contexto, y la importancia de incorporar distintos actores y sectores para el establecimiento de interacciones productivas para la construcción compartida de diversas formas de conocimiento y perspectivas para la incorporación de valores relacionales de cuidado, responsabilidad por la naturaleza.
- Diseñar equipos de trabajo en el que converjan e integren participantes de distintas edades, saberes y conocimientos que permitan un abordaje desde una

mirada transdisciplinar a complejos problemas socioambientales. En este sentido, el modelo para la colaboración desarrollado se presenta en la siguiente figura.

Figura 20. Diseño del modelo de colaboración para la gestión y transferencia del conocimiento



Fuente: elaborado por F. C. Caballero-Rico (2022).

- Gestionar procesos de toma de decisiones más inclusivos y equitativos, sustentados en valores relacionales vinculados a la equidad y la justicia presentes, ya que cada vez son más considerados e incorporados en la evaluación sistemática de la naturaleza.
- Diseñar esquemas para que los procesos de toma de decisiones basados en evidencia científica que aborden las complejidades de la interfaz ciencia-política. La participación de la ciencia es altamente reconocida en estos procesos (Raymond et al., 2010), los esquemas generados bajo una metodología científica permiten obtener información que proporciona una visión sobre las alteraciones en los ecosistemas, el estado de recursos naturales, y por ende el impacto en sistemas sociales. Cook et al. (2013), señalan que el conocimiento generado tiene más posibilidades de ser considerado por los tomadores de decisiones si este es, sobresaliente (relevante y oportuno), creíble (que sea generado por una autoridad, verosímil y confiable) y se considere legítimo por investigadores y tomadores de decisiones (desarrollado

mediante un proceso que considera los valores y perspectivas de todos los actores relevantes). Lacey et al. (2015), han encontrado que si se busca realizar un intercambio de conocimientos resulta fundamental transitar hacia un diseño institucional innovador de las entidades donde estén adscritos los investigadores, los tomadores de decisiones y las agencias financiadoras de la investigación. Esta transformación debería promover el intercambio de conocimientos mediante la difusión del conocimiento no solo a través de artículos científicos, así como la obligatoriedad de trabajar con miembros involucrados en la toma de decisiones, buscar que los tomadores de decisiones reciban alguna certificación por parte de investigadores reconocidos en el ámbito de competencia, y también realizar pasantías en ambos lugares, entre otras actividades.

- Transformar las posturas y contribuciones de los científicos y sus instituciones. En este sentido, es necesario el desarrollo de capacidades para maximizar la efectividad, la eficiencia, la sostenibilidad y la apropiación del desarrollo de las partes interesadas para que puedan gestionar de forma adecuada los ecosistemas y su relación con las personas y tomar decisiones basadas en evidencia. Tanto Lemieux et al. (2018, p. 392) como Cook et al. (2013) señalan que las barreras para la utilización de la ciencia en la política y práctica de la conservación son resultado de percepciones, necesidades e intereses de investigadores y administradores. Cvitanovic et al. (2015) asumen una postura similar al considerar que el intercambio de conocimientos entre los científicos y los tomadores de decisiones en áreas naturales es un desafío, ya que estos últimos confían más en su experiencia individual y en fuentes secundarias de conocimiento que en la evidencia científica. Derivado de lo anterior ha surgido un nuevo campo de investigación llamado “intercambio de conocimientos”, orientado a identificar y superar las barreras para el intercambio de conocimientos entre científicos y responsables de la toma de decisiones. Fazey et al. (2013) señalan que el intercambio de conocimientos es un factor clave que facilita los impactos sociales, ambientales y económicos de la investigación, mejorando así la gestión de los sistemas naturales y de los bienes y servicios que prestan, y a su vez garantiza la seguridad y el bienestar de las personas que dependen de ellos. Raymond et al. (2010) plantean que el intercambio de conocimientos se puede analizar bajo dos modelos complementarios.

Un modelo explorado son las interacciones productivas, que se definen como encuentros entre investigadores y partes interesadas en los que se desarrolla y utiliza tanto el conocimiento académico como el socialmente valioso. El impacto de la investigación se da cuando las partes interesadas o actores (investigadores, sector público, sociedad civil, empresario) modifican positivamente actitudes, opiniones y

comportamiento como resultados de la investigación. Las interacciones productivas se definen como “intercambios entre investigadores y partes interesadas en donde el conocimiento se produce y se valora que sea científicamente robusto y socialmente relevante”. “La interacción es productiva cuando conduce a esfuerzos de las partes interesadas y de alguna manera utilizar o aplicar resultados de investigación o información práctica o experiencias” (Spaapen y Drooge, 2011).

Las interacciones productivas, como una alternativa para determinar el impacto social de la investigación, se concentran en el desarrollo del proceso de producción de conocimiento y en el papel que desempeñan los involucrados en este proceso. Existen tres tipos de “interacciones productivas” que indican cómo los investigadores se comunican con su entorno y que se pueden realizar durante diferentes momentos: antes, durante, al finalizar o después del proyecto (Spaapen y Drooge, 2011).

- Interacciones directas: se refieren a interacciones “personales” que involucran contactos directos entre personas, interacciones que giran en torno a encuentros cara a cara o por teléfono, correo electrónico o videoconferencia.
- Interacciones indirectas: son los contactos que se establecen a través de algún tipo de material “o medio”, por ejemplo, artículos científicos, libros, datos de proyectos, exposiciones.
- Interacciones financieras: suceden en los procesos de intercambio económico-investigadores, por ejemplo, cuando se establece un contrato de investigación, con el objetivo de generar o aportar un bien económico o contribuir en especie a determinado programa de investigación. Éstas suceden en el marco de interacciones directas o indirectas.

En este proceso, las estructuras institucionales tradicionales jerárquicas que determinan las actividades desde lo alto de las organizaciones se transforman en un proceso interactivo horizontal, en el que interactúan las partes interesadas y cualquiera de los tres tipos de interacciones puede llegar a ser productiva (Spaapen y Drooge, 2011).

Se reconoce qué interacciones deben interpretarse considerando los contextos y los campos del conocimiento en los cuales emerge este impacto; la comprensión de estos elementos puede resolver los problemas de atribución (Bornmann, 2013; Godin y Doré, 2005).

Se ha encontrado que cuando la comunicación se realiza “cara a cara” se evalúa en los participantes expresiones de tipo corporal, de lenguaje, facial, tono de voz, el objetivo de este análisis es la búsqueda de factores como la reputación, honestidad, confiabilidad y conocimientos de los participantes. A medida que esto

aumenta o disminuye se muestran indicios de cooperación en los procesos donde se busca que los individuos obtengan de los otros a partir de la reciprocidad (Spaapen y Drooge, 2011).

Las interacciones productivas de la investigación con las partes interesadas se consideran vitales para lograr un impacto social y pueden emplearse para gestionarlas estratégicamente, de forma que puedan repetirse un sinnúmero de veces (Spaapen y Drooge, 2011) basadas en el concepto de democracia del conocimiento (Daniel Innerarity, 2011) como un discurso teórico útil para comprender la investigación realizada desde la comunidad y las asociaciones e interacciones que contribuyen a la construcción de aprendizajes orientados a la construcción de una acción colectiva transformadora.

Conclusión

El avance de las investigaciones sobre ecosistemas y personas pone de manifiesto su interconexión y la necesidad de inclusión de diversas visiones del mundo, de sistemas de gestión y transferencia de conocimiento, de las interacciones entre gobiernos con sus diseñadores de políticas y orientación del financiamiento hacia proyectos más integrales de investigadores, del sector privado y de la sociedad civil y la participación central de las comunidades locales.

El desafío que se enfrenta requiere re-imaginar formas de pensamiento diversas, así como un compromiso respetuoso con las diferentes comunidades de investigación, políticas y práctica para crear un futuro mejor para las personas y el resto de la naturaleza. Se deben generar nuevas herramientas para el desarrollo, aprovechamiento y conservación de los recursos para la socio biodiversidad en atención a la crisis ambiental que se padece actualmente.

Es incuestionable la necesidad de enfoques más inclusivos e integrales que aseguren la interacción y participación de las partes interesadas para generar resultados sustentados en evidencias científicas y validadas socialmente. Se necesitará el diseño de nuevas instituciones, más flexibles e innovadoras, que puedan trabajar en el ámbito local temas globales. De la misma manera se requerirá el compromiso sistémico de los científicos para abordar la urgente crisis de la naturaleza y la construcción de capacidades duras tangibles y visibles, incluidas las estructuras, los sistemas, las políticas y los procedimientos organizativos, así como las “blandas” intangibles e invisibles, sociales y relacionales, incluyendo liderazgo, valores, comportamientos, compromiso y responsabilidad.

Bibliografía

- Balvanera, P., Jacobs, S., Nagendra, H., O'Farrell, P., Bridgewater, P., Crouzat, E., ... & Washbourne, C. L. (2020). *The science-policy interface on ecosystems and people: challenges and opportunities*. <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1819426>
- Barreto, M. L., y Rendón, M. P. (2020). Indicadores bioculturales en proyectos de gestión ambiental. El caso de la meliponicultura en Yucatán. *Polis. Revista Latinoamericana*, (57). <http://dx.doi.org/10.32735/S0718-6568/2021-N57-1564>
- Bornmann, L. (2013). What is societal impact of research and how can it be assessed? A literature survey. *Journal of the American Society for information science and technology*, 64(2), 217-233. <https://doi.org/10.1002/asi.22803>
- Cook, C. N., Mascia, M. B., Schwartz, M. W., Possingham, H. P., & Fuller, R. A. (2013). Achieving conservation science that bridges the knowledge-action boundary. *Conservation Biology*, 27(4), 669-678. <https://doi.org/10.1111/cobi.12050>
- Cvitanovic, C., Hobday, A. J., van Kerkhoff, L., Wilson, S. K., Dobbs, K., & Marshall, N. A. (2015). Improving knowledge exchange among scientists and decision-makers to facilitate the adaptive governance of marine resources: a review of knowledge and research needs. *Ocean and Coastal Management*, 112, 25-35.
- Fazey, I., Evely, A. C., Reed, M. S., Stringer, L. C., Kruijssen, J., White, P. C., ... & Trevitt, C. (2013). Knowledge exchange: a review and research agenda for environmental management. *Environmental Conservation*, 40(1), 19-36. <https://doi.org/10.1017/S037689291200029X>
- Gloor, P. A., Paasivaara, M., Schoder, D., & Willems, P. (2008). Finding collaborative innovation networks through correlating performance with social network structure. *International Journal of Production Research*, 46(5), 1357-1371. <https://doi.org/10.1080/00207540701224582>
- Godin, B., & Doré, C. (2005). Measuring the impacts of science: Beyond the economic dimension. *INRS Urbanisation, Culture et Société. HIST Lecture, Helsinki Institute for Science and Technology Studies, Helsinki, Finland*. http://www.csiic.ca/PDF/Godin_Dore_Impacts.pdf.
- Innerarity, D. (2011). *La democracia del conocimiento: Por una sociedad inteligente*. Paidós, Barcelona, 2011. ISBN: 9788449325670.
- Jorgensen, A., Fallov, M. A., & Nielsen, R. S. (2021). 'Just ask Eric': On the Importance of Governance Efficacy, Territorial Ties and Heterogenous Networks for Rural Development. *Sociologia Ruralis*. <https://doi.org/10.1111/soru.12328>
- Lacey, J., Howden, S. M., Cvitanovic, C., & Dowd, A. M. (2015). Informed adaptation: ethical considerations for adaptation researchers and decision-makers. *Global Environmental Change*, 32, 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.011>

- Lemieux, C.J., Groulx, M. W., Bocking, S., & Beechey, T.J. (2018). Evidence-based decision-making in Canada's protected areas organizations: Implications for management effectiveness. *Facets*, 3(1), 392-414. <https://doi.org/10.1139/facets-2017-0107>
- Lorenz, S. (2021). The sociodiversity of biodiversity. Interdisciplinary communication and the example of honeybees. *Ecosystems and people*, 17(1), 41-46. <https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1890225>
- Ostrom, E. (2010). Beyond markets and states: polycentric governance of complex economic systems. *American economic review*, 100(3), 641-72. <https://doi.org/10.1257/aer.100.3.641>
- Ostrom, E., & Ahn, T. K. (2003). Una perspectiva del capital social desde las ciencias sociales: capital social y acción colectiva. *Revista mexicana de sociología*, 65(1), 155-233.
- Pat Fernández, L. A., Anguebes Franceschi, F., Pat Fernández, J. M., Hernández Bahena, P., & Ramos Reyes, R. (2018). Condición y perspectivas de la meliponicultura en comunidades mayas de la reserva de la biósfera Los Petenes, Campeche, México. *Estudios de cultura maya*, 52, 227-254. <https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2018.52.939>
- Quezada-Euán (2018). *Abejas sin aguijón de México: biología, manejo y conservación de una herencia ancestral*. UAY. Libro. ISBN. 978-607-8527-62-5
- Raymond, C. M., Fazey, I., Reed, M. S., Stringer, L. C., Robinson, G. M., & Evely, A. C. (2010). Integrating local and scientific knowledge for environmental management. *Journal of environmental management*, 91(8), 1766-1777. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.03.023>
- Rodríguez-Balam, E. y Pinkus-Rendón M. Á. (2015). Apicultura, Entorno y Modernidad en Localidades de Yucatán, México. *Biotemas* 28(3):143-157. doi: 10.5007/ 2175 7925.2015v28n3p143.
- Spaapen, J., & Van Drooge, L. (2011). Introducing 'productive interactions' in social impact assessment. *Research evaluation*, 20(3), 211-218. <https://doi.org/10.3152/095820211X12941371876742>



Dinámica poblacional del género *Melipona*

Nohemi Niño-García^{1*}

Elsa Verónica Herrera-Mayorga

María de Lourdes Cosme-Martínez

¹ Los autores se encuentran adscritos a la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Blvd. E. Cárdenas González. No. 1201 Pte. Col. Jardín. C. P. 89840. Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

*Autor de correspondencia: nnino@docentes.uat.edu.mx

Resumen

El conocimiento de la dinámica poblacional de las especies del Género *Melipona*, ha permitido la conservación de una práctica ancestral que se da principalmente en las franjas tropicales y subtropicales de la tierra. A diferencia de las abejas del Género *Apis*, las meliponas son de menor tamaño, colores variados y la principal característica es la reducción o ausencia del aguijón. Su organización es totalmente social con presencia de una reina, zánganos y obreras. Cada colmena puede poseer hasta 5000 individuos adultos. Hoy en día enfrentan varios desafíos representados por algunos insectos plaga, disminución del hábitat, el cambio climático, la falta de cultura de protección, competencia de recursos con otros géneros, entre otros. Su cultivo es una actividad económica de muchas familias ya que se ha encontrado múltiples propiedades terapéuticas e industriales a la miel, al propóleo el cerumen, permitiendo el sustento y la conservación de las especies.

Introducción

En la actualidad, existen más de 20 000 especies de abejas distribuidas a nivel mundial (Michener, 2007). El Género *Melipona* es conformado por un grupo de abejas sin aguijón que al igual que las abejas del Género *Apis*, poseen una gran importancia a nivel mundial considerándose esenciales para la continuidad de la vida, por su inigualable poder de polinización de muchas especies florales. Las meliponas son insectos sociales que se caracterizan por producir diversos productos, entre ellos, polen, cera (cerumen), propóleo y sobre todo miel. En sus colonias se pueden encontrar reinas, obreras y zánganos. Una característica que las diferencia, es su tamaño, ya que por lo general son de menor tamaño y no poseen aguijón o lo tienen disminuido). Dicha característica les aporta una ventaja para su crianza en zonas urbanas cercanas a humanos, donde la abeja melífera sería peligrosa. Otra característica diferente es el sabor de su miel que normalmente puedes tener un sabor distinto del acostumbrado, algo amargo o ácido, por lo que nos puede resultar extraño (Vossler, 2019).

El conocimiento de estas abejas meliponas ha dado como resultado la meliponicultura, considerada una práctica ancestral que en los últimos tiempos se ha visto en peligro de desaparecer, aun cuando se considera una práctica rentable debido a que el ingreso generado por la venta de miel de este grupo de abejas es hasta tres veces más que lo obtenido por la miel de *Apis mellifera*, pues la miel obtenida no sobrepasa los 5 litros por colmena. Aunado a lo anterior se tiene registro de múltiples propiedades terapéuticas tanto de la miel como del propóleo y la cera (Fernández et al., 2018).

A continuación, se presentan algunas características biológicas y ecológicas sobre la dinámica poblacional y el papel que juegan este tipo de abejas sin aguijón para su conocimiento y manejo sustentable.

Taxonomía

Las abejas melíferas se clasifican taxonómicamente en el Reino Animal, Phylum Arthropoda, Clase Insecta, Subclase Pterygota, División Endopterygota, Orden Hymenoptera, Suborden Apoidea, Familia Apidae. Dentro de la familia Apidae existen dos grandes géneros que son *Apis* y *Melipona*. Este último se caracteriza por no tener aguijón, denominadas abejas meliponas o meliponinos, agrupadas en la subfamilia *Meliponinae* (Wille, 1983; Ruttner, 1988; Ayala et al., 1992; Biesmeijer, 1997; Velthuis, 1997; Michener, 2000). En total existen más de 600 especies de abejas pertenecientes al Género *Melipona*, agrupadas en 56 géneros, distribuidas exclusivamente en los trópicos (Cortopassi-Laurino et al., 2006).

Distribución

El Género *Melipona* o abejas sin aguijón está distribuido principalmente en zonas tropicales y subtropicales, se conocen más de 600 especies que habitan en Oceanía, Asia, África y América (Cortopassi-Laurino et al., 2006; Michener, 2013). Se consideran muy densas las colonias y muy productivas en el neotrópico, lo que les confiere sustancial importancia en la polinización de un buen número de especies importante para el buen funcionamiento de los ecosistemas de estas regiones (Wille, 1961; Michener, 2007, 2013; Arnold et al., 2018).

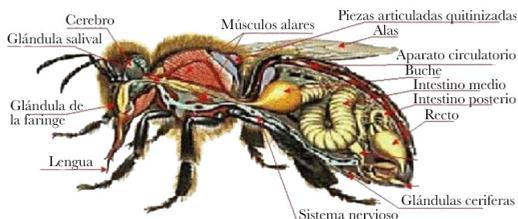
En el continente americano el Género *Melipona* posee la mayor diversidad con más de 400 especies, por lo que se considera un grupo endémico del continente distribuyéndose desde el norte de México hasta Argentina. En una primera revisión de Schwarz en 1932 solo se identificaron 12 especies. Posteriormente, se encontraron unas 40 especies (Camargo et al., 1988). En México, se encuentra una diversidad de al menos 11 géneros y 46 especies pertenecientes a la Tribu Meliponini, los géneros que presentan una mayor riqueza de especies son *Plebeia* (12 sp.), *Trigona* (9 sp.), *Melipona* (7 sp.), y *Trigonisca* (5 sp.) (Ayala, 1999).

Características morfológicas

Las meliponinos son abejas que miden entre 2 y 18 mm de largo. Son bastante similares a las abejas melíferas (género *Apis*), pero se caracterizan por una reducción del aguijón y de la venación alar. Como grupo presentan gran variabilidad morfológica en cuanto a conformación, tamaño y color, ya que mientras las especies del género *Melipona* son robustas y peludas, las *Trigonas* son delgadas, más pequeñas

y lisas (Wille, 1983; Espina y Ordetx, 1984; Ruttner, 1988; Biesmeijer, 1997). Otra característica que distingue a estas abejas de otras es la presencia de un *penicillum*, una fila de largos pelillos localizados en el ápice de la tibia (Wille, 1983; Ruttner, 1988). La anatomía de las abejas meliponas se muestra en la Figura 21.

Figura 21. Anatomía de las abejas meliponas



Fuente: tomada de Jacome N.I. y Guarderas F. L. (2012).

Organización interna

Las abejas sin agujijón exhiben un comportamiento eusocial avanzado, viviendo generalmente en colmenas y divididas en obreras, zánganos (machos) y, normalmente, una reina. Las colonias pueden albergar desde cientos hasta varios miles de individuos, dependiendo de la especie (Espina y Ordetx, 1984; Biesmeijer, 1997); utilizan materiales como barro, fibras y hojas vegetales, heces de vertebrados, resinas y cera para construir sus colmenas, generalmente dentro de cavidades en troncos de árboles, aunque en ocasiones también en hoyos en el suelo, madrigueras, grietas en rocas, edificios, e inclusive llegan a utilizar termiteros, en la Figura 22 se muestra un ejemplo de nido de las abejas meliponas (Wille, 1983; Roubik, 1989; Velthuis, 1997).

Figura 22. Nido de abeja *Melipona sp.*, en una roca en el Municipio de Gómez Farías, Tamaulipas, México



Fuente: fotografía tomada por H. Hernández-Torres (2021).

De los grupos de abejas existentes en el mundo, únicamente los meliponinos y las especies del género *Apis* son consideradas altamente sociales, debido a que viven en colonias perennes con dos tipos de castas (reinas y obreras), mismas que presentan una división de labores dentro de la colmena organizada de forma cooperativista. Además, conviven con más de una generación simultáneamente (Jaramillo-Monroy et al., 1992). Se consideran como los principales polinizadores de las selvas tropicales (Vergara et al., 1994; Martínez-Puc y Martínez-Pérez, 2017).

Una nueva colonia se forma con abejas obreras que abandonan la colonia original, al encontrar un nuevo lugar para edificar el nuevo nido. Cuando lo encuentran, ellas mismas se encargan de informar a otras abejas del nido anterior, a través de una comunicación propia de la especie. Parte de las obreras de la colonia antigua migra al nuevo nido, retirando el cerumen (mezcla de cera y resina) y transportándose a la nueva colonia (Fernández et al., 2018). Canul-Heredia et al. (2017) mencionan que los meliponinos acopian varios tipos de recursos, los más comunes son néctar y polen que son las fuentes básicas de carbohidratos y proteínas respectivamente. Sin embargo, también existe acopio de agua, resinas, heces, lodo, sudor, savia de frutos, semillas, aceites, ligamasa (exudado de pulgones) e incluso sangre y carroña (Fernández et al., 2018), también mencionan que hay estudios realizados sobre la actividad de pecoreo en meliponinos, se ha encontrado que el principal recurso recolectado por la mañana es el polen, y la colecta del néctar la realizan posteriormente. El pico de colecta de polen se presenta por las mañanas generalmente de 6 a 9 am; mientras que el néctar ocurre entre las 10 am y las 13 pm (Roubik, 1989). La división del trabajo en las colonias de meliponas se encuentra al igual que en las abejas melíferas, relacionada con la edad de las obreras y también parece existir variación dentro de una misma especie debido a factores genéticos. En la Figura 23 se observa un nido de abejas meliponas.

Figura 23. Nido de abeja *Melipona sp.*, en el tronco de un árbol



Fuente: fotografía tomada por H. Hernández-Torres (2021).

Crecimiento poblacional

Construyen sus nidos en diversidad de hábitats tales como suelo, tallos huecos, termiteros, madera, nidos abandonados de avispas, nidos expuestos sobre tallos o rocas (Ayala et al., 1992). En la Figura 24 se muestra un nido de *Melipona* en un tronco de madera. Las colmenas de abejas sin aguijón se multiplican ya sea produciendo enjambres o produciendo zánganos, una colmena puede poseer desde 4000 a 5000 individuos adultos. La reproducción mediante la producción de machos (huevecillos no fecundados) consiste en que éstos salen de la colmena y se agrupan en la entrada o en el campo, esperando la llegada de una reina virgen. Sin embargo, la competencia entre los machos es fuerte, ya que, en algunas especies, una agrupación puede constar de más de mil machos, por lo que la oportunidad para un macho de fertilizar una hembra virgen se reduce bastante (Biesmeijer, 1997). La otra forma de reproducción, la producción de enjambres inicia cuando algunas abejas salen de la colmena en busca de un sitio de anidación para una colmena hija. Localizado el sitio, las obreras empiezan a transportar materiales al nuevo lugar para su preparación, proceso que puede durar varios días, inclusive semanas. Al final llega al nuevo nido una reina virgen junto con un grupo de obreras; luego, la reina realiza el vuelo nupcial y retorna fertilizada, iniciando la oviposición (Roubik, 1989; Biesmeijer, 1997; Velthuis, 1997).

Figura 24. Nido de abeja *Melipona* sp., en la localidad de El Tigre en el Municipio de Ocampo, Tamaulipas, México.



Fuente: fotografía tomada por H. Hernández-Torres (2021)

Desafíos por superar de las abejas sin aguijón

Hoy en día, existen innumerables peligros a los que se enfrentan las abejas meliponas, los principales: son las plagas, disminución de hábitat por la práctica de monocultivos, el cambio climático, el proceso de africanización y la falta de cultura, la competencia por el recurso con la abeja europea, entre otros.

El monitoreo es una actividad que se realiza frecuentemente con la finalidad de disminuir los riesgos por otros insectos o plagas. Su principal función es prevenir el daño por otros insectos perjudiciales como hormigas y moscas principalmente. Algunos estudios mencionan que la principal plaga que ataca los nidos de meliponas es la hormiga arriera (*Eciton burchelli parvispinum*) cuyo nombre en maya es *xuulá*, según el 47 % de los meliponicultores. La presencia de la hormiga arriera se da en los meses de junio a septiembre cuando ocurre la época de lluvia. El ataque generalmente es controlado por los mayas con aspersión de una solución de jabón en agua.

Otro porcentaje de daño lo provoca la mosca parasitaria *nenem* (*Pseudohypocera kerteszi*) con el 20 % y afortunadamente el 33 % no mencionó problemas de plagas. La incidencia y ataque de la mosca *nenem* ocurre durante la recolección de miel y el fraccionamiento de los jobones. Durante la época de seca puede haber un mejor control de este insecto. De acuerdo con González, Quezada y Medina (2006), “Se usan hojas de *tok’aban* (*Pluchea odorata*), *chakaj* (*Bursera simaruba*) y guayaba (*Psidium guajaba*) como repelentes naturales. En el estado de Yucatán se reporta el uso del *chakaj* (*Bursera simaruba*), ruda (*Ruta chalapensis*) e *ik-kabán* (*Croton humilis*)”. A esta última especie se le considera de riesgo debido a que su resina puede ser causal de ceguera en animales y humanos (Pat Fernández, 2018).

La deforestación o disminución de hábitat es uno de los primordiales elementos que ponen en riesgo a las abejas nativas, en muchos casos esto se da para la creación de monocultivos, debido al ingreso económico que representa. Se ha considerado que existe una pérdida de polinizadores a pesar de que exista un certificado que autorice el manejo de la madera. Canul-Heredía et al. (2017) refieren que, aunque, en el proceso de deforestación no se destruya ninguna colmena, se subraya el hecho de que la explotación forestal reduce el hábitat que contiene sitios de anidación adecuados y desocupados (Villanueva et al., 2005). Por otra parte:

- a) En la península de Yucatán ha ocurrido un fenómeno de reducción de hábitat de la selva subcaducifolia para las meliponas, debido a la deforestación de grandes extensiones para la implementación de monocultivos.
- b) Los cambios de origen climático que están perturbando la estacionalidad y que a su vez afectan el campo y sus cultivos.
- c) La cultura de globalización y estilos de vida que acarrea el consumismo están dominando las pequeñas culturas y estilos de convivencia naturales.
- d) La africanización de las abejas, se ha convertido en un factor que propicia el detrimento de las meliponas en la península de Yucatán. Es necesario hacer mención que la abeja africana tiene una gran capacidad de adaptación, lo que

le permite distribuirse prácticamente en todo el continente americano. En la actualidad casi han desplazado a la abeja europea gracias a su alta producción de miel.

Por último, el conocimiento ecológico y etológico de las abejas meliponas ha permitido preservar una práctica ancestral, así como también conservar especies de importancia extrema en la polinización de las zonas tropicales y subtropicales de México y otros países donde se distribuyen. Lo anterior sin dejar de mencionar que se han vuelto parte de la economía por ser la fuente de ingreso de muchas familias que las cultivan.

Bibliografía

- Arnold, N., Ayala, R., Mérida, J., Sagot, P., Aldasoro, M., & Vandame, R. (2018). Registros nuevos de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) para los estados de Chiapas y Oaxaca, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(3), 651-665.
- Ayala, R. (1999). Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera; Apidae; Meliponini). *Folia Entomologica. México*. 106: 1-123.
- Ayala, R., Griswold, T. L. y Bullock, S. H. (1992). Las abejas nativas de México. En: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A.F., editores. *Biological Diversity of Mexican Origin and Distribution*. pp: 179-227.
- Biesmeijer, J. C., Richter, J.A.P., Smeets M. A. y Sommeijer, M. J. (1999). Niche differentiation in nectar-collecting stingless bees: the influence of morphology, floral choice and interference competition. *Ecological Entomology*. 24: 380-388.
- Camargo, J. M. F., J. S. Moure & D. Roubik. (1988). *Melipona yucatanica* new species (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae); stingless bees dispersal across de Caribbean arc and post-Eocene vicariance. *Pan Pacif. Ento.*, 64:147-157.
- Canul-Heredia, C., Nah-Naal, M. I., Rosado, J., Carrasco, J. F., Cetzal-Ix, W., & García-Juárez, G. D. (2017). Importancia del rescate y la conservación de la meliponicultura en la Península de Yucatán, México. En Martínez Ayala et al. 2017. *Lic. Gerardo Montero Pérez*, 104.
- Cortopassi-Laurino, M., Imperatriz-Fonseca, V. L., Roubik, D.W., Dollin, A., Heard, T., Aguilar, I., Venturieri, G. C., Eardley, C. y Nogueira-Neto, P. (2006). Global Meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie* 37: 275-292.
- Espina, D. y Ordetx, G. S. (1984). *Apicultura Tropical*. Ed. Tecnología de Costa Rica. 4ª edición. Costa Rica.
- Fernández, L. A. P., Bahena, P. H., Fernández, J. M. P., Vázquez, F. G., & Reyes, R. R. (2018). *Cría y manejo tradicional de la abeja Melipona beecheii (ko'olel kaab) en comunidades aledañas a la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México*. El Colegio de la Frontera Sur.

- González, J., J. Quezada y L. Medina. (2006). New Perspectives for Stingless Beekeeping in the Yucatan: Results of an Integral Program to Rescue and Promote the Activity, *Journal of Apiculture Research*, 45 (4): 234-239. DOI: 10.1080/00218839.2006.11101356.
- Jacome N.I. Guarderas F. L. (2012). *Biología y manejo de abejas melíponas amazónicas*
- Jaramillo-Monroy O., Guzmán-Díaz M. A., Cuadriello-Aguilar J. I., Medina-Camacho M. (1992). Biología y cultivo de *Scaptotrigona pachysoma*. Parte I: Características de los nidos naturales de abejas “Congo” en Unión Juárez, Chiapas. *Memorias del VI Seminario Americano de Apicultura; Oaxtepec, Morelos*. pp. 102–106.
- Michener, C. D. (1974). *The social behavior of the bees: a comparative study*. Harvard University Press.
- Michener, C. D. (2000). *The Bees of the World*. Johns Hopkins University Press. Baltimore, MD, USA.
- Michener, C. D. (2013). The Meliponini. En P. Vit, S. Pedro y D. Roubik (Eds.), *Pot-honey: a legacy of stingless bees* (pp. 3-17). New York: Springer.
- Pat Fernández, L. A., Anguebes-Franceschi, F., Pat Fernández, J. M., Hernández-Bahena, P., & Ramos-Reyes, R. (2018). Condición y perspectivas de la meliponicultura en comunidades mayas de la reserva de la biósfera Los Petenes, Campeche, México. *Estudios de cultura maya*, 52, 227-254.
- Roubik, D. W. (1989). *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. Cambridge Tropical Biology Series. Cambridge University Press. USA.
- Ruttner, F. (1988). *Biogeography and taxonomy of Honeybees*. Springer-Verlag. New York.
- Schwarz, H. (1932). The genus *Melipona*. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 63:231-480.
- Velthuis, H. W. (1997). *The biology of Stingless bees*. The Department of Ethology, Utrecht University, The Netherlands, & Department of Ecology, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil.
- Vergara C., Noreña S., Contreras H., Moo H. (1994). Colecta de alimentos en *Scaptotrigona hellwegeri* Friese. In: Peter G. Kevan, Carlos F. Greco (eds.), Observaciones sobre la biología de la polinización de algunas especies de la estación biológica Chámela, Jalisco (México). *Facultad de Ciencias UNAM y University of Guelph*. pp. 8-11.
- Villanueva, R., D. Roubik y W. Colli. (2005) Extinction of *Melipona beecheii* and Traditional Beekeeping in the Yucatan Peninsula, *Bee World*, 86 (2): 35-41. DOI: 10.1080/0005772X.2005.11099651.
- Vossler, F.G. (2019). *Meliponas, abejas melíferas sin aguijón*. 28(166):42-48. CONICET Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/100454/CONICET_Digital_Nro.821c76ff-4fd1-41f5-8cbc-8674e7f5c321_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Wille, A. (1961). Las abejas jicotes de Costa Rica. *Revista de la Universidad de Costa Rica*, 22, 1-30.
- _____. (1983). Biology of the Stingless Bees. *Ann. Rev. Entomol.* 28: 41-64.



Métodos y tecnologías para el monitoreo de abejas

*Ángel Mario Lerma-Sánchez¹**

Verónica Hernández-Robledo

Sergio Benito Marroquín-Cortez

¹ Los autores se encuentran adscritos a la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Mante. Blvd. E. Cárdenas González. No. 1201 Pte. Col. Jardín. C. P. 89840. Ciudad Mante, Tamaulipas, México.

*Correspondencia: amlerma@docentes.uat.edu.mx

Introducción

Las abejas tienen la posibilidad de ser empleadas como indicadores de la calidad ambiental. Los parámetros que se analizan típicamente en este contexto incluyen la diversidad de especies, la condición de la colonia y la conducta de búsqueda de alimento. Las abejas exploran el área alrededor de sus colmenas, cuyo tamaño y ubicación varían según los rangos de vuelo y las preferencias de anidación de las respectivas especies. El entorno alrededor de la colmena debe contener los recursos apropiados, que son recolectados por las abejas durante la búsqueda de alimento. Por lo tanto, el entorno interno de la colmena está conectado con el entorno externo mediante la búsqueda de alimento (Nunes-Silva et al., 2018).

Comprender las actividades de alimentación y vuelo de las abejas puede proporcionar información valiosa para evaluar el impacto de una amplia gama de factores ambientales estresantes en las abejas y en ese sentido es recomendable conocer cómo la tecnología nos puede apoyar para tal fin con diferentes métodos de monitoreo de abejas y/o sustitución de funciones de las abejas como la de polinización, que es parte de la producción agrícola a nivel mundial y en ese sentido la disminución de la población de las abejas con lleva a explorar mecanismos de monitoreo y control (Souza Cunha et al., 2020).

Importancia de la abeja

Las abejas son un grupo de insectos sociables, considerados de los más antiguos, habitan en casi todos los continentes, de ellas se conoce que existe una gran diversidad y abundancia, por lo que miles de especies han sido encontradas alrededor del mundo, una de las funciones principales de las abejas, es ser polinizadoras, ya que gracias a esta característica es posible que se logre un equilibrio en el medio ambiente, las abejas al polinizar diversas plantas (Figura 25), es decir llevando el polen de una planta a otra, es posible la reproducción de éstas y por consecuencia se genera el crecimiento y producción (más del 60 %) de diversos cultivos hortícolas y frutícolas de calidad, que pueden ser incluso exportados, algunos cultivos que son beneficiados por las abejas son jitomate, chile, cítricos, manzana, fresas, café, aguacate, pepino, berenjena, calabaza, melón, etcétera. Esta actividad tiene un impacto económico importante tanto para el apicultor o meliponicultor y para el productor agrícola. Otras funciones de las abejas en los ecosistemas es conservar las especies vegetales, favorecer el intercambio genético de las plantas, a su vez manteniendo disponibles los recursos y renovando los distintos ecosistemas con la presencia de abejas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Figura 25. Abeja en el proceso de polinización de una planta



Fuente: obtenido de www.gob.mx

Otro aspecto importante de las abejas es que son generadoras de diversos productos como cera, geopropóleo, polen, los cuales presentan diversas propiedades y son de valor comercial, por último y no menos importante se obtiene la miel, alimento con alto valor nutricional que contiene diversos componentes como proteína, agua, carbohidratos, minerales, compuestos fenólicos, que la hacen un alimento funcional, y con propiedades medicinales y terapéuticas que tienen aplicación en la industria cosmética e industrial (Gela et. al., 2021).

Objetivo e importancia de las tecnologías de monitoreo

El comportamiento de las abejas es de primordial interés, ya que sin esta información no sería posible establecer el tipo de cultivo, manejo y crianza para que se reproduzcan y así mantener su presencia en el medio ambiente. En los últimos años la crianza de las abejas se ha visto afectada por diversos factores como el cambio climático, contaminación y uso excesivo de plaguicidas en diversos cultivos, enfermedades y parásitos o plagas, invasión de especies diferentes introducidas por el hombre, por lo que esto ha llevado a la pérdida de hábitats naturales para el desarrollo, crecimiento y distribución de las mismas, es por ello que el monitoreo de las abejas y/o sustitución de alguna de sus funciones a través de nuevas tecnologías permite dar ventajas a los apicultores y meliponicultores, aprovechando los diversos métodos con el propósito de aportar una mejora reduciendo costos en el proceso de crianza de las abejas (Córdoba-Ramírez, 2021).

Métodos tecnológicos para monitoreo y/o sustitución en procesos y funciones de las abejas

Actualmente el uso de nuevas tecnologías implementadas en diversas áreas y campos, se ha observado que se logran mejores resultados de producción y nuevos

recursos al trabajar en conjunto con el desarrollo humano, un ejemplo de esto es el surgimiento de la Polinización con vehículos aéreos no tripulados (VANT), tecnología que tiene por objetivo aumentar los niveles y procesos de polinización artificial, ya que polinizadores naturales como las abejas han ido en disminución por diversos factores antes mencionados (Nimmo, 2021). A continuación, se muestra en la Tabla 4, diversos estudios con tecnología VANT que han sustituido la polinización natural por la polinización artificial.

Tabla 4. Polinización artificial utilizando Tecnología VANT (vehículos aéreos no tripulados)

Método y/o tecnología	Objetivo	Aplicación	Resultado	Fuente
Empleo de algoritmos en los procesos de polinización (NGFPA)	Planificación de rutas en un dron con enfoque multidimensional y óptimo en vuelos con obstáculos en la trayectoria	Drones con simulación de vuelo y evaluación de consumo de combustible y obstáculos en los recorridos	Diversos algoritmos fueron comparados, el NGFPA aplicado en drones obtuvo una alta optimización en comparación con otros analizados	Chen et al. (2021)
Proyecto: creación de un polinizador eléctrico	Evaluación de 5 métodos de polinización utilizando un diseño de experimento a campo abierto	Este método fue aplicado para la determinación de la eficiencia de la polinización artificial y natural	El polinizador eléctrico mostró resultados que favorecen la polinización artificial, reemplazando el método tradicional (polinización natural por las abejas)	Akhavan et al. (2020)
Uso de robots y tecnologías en sustitución de polinización natural por polinización artificial en cultivos.	Evaluación de los drones utilizados a microescala con la función de polinizador (absorción y depósito de granos de polen) en los cultivos	Drones unidos a tiras de cabellos naturales de caballo que dan las propiedades electrostáticas, imitando los cuerpos de las abejas y la evaluación de la capacidad de recolección del polen	Los resultados muestran que esta tecnología es capaz de reemplazar a las abejas, respecto a la función de polinización	Nimmo (2021)

Método y/o tecnología	Objetivo	Aplicación	Resultado	Fuente
Empleo de teléfonos inteligentes (con Bluetooth y sensores) como método de monitoreo por agricultores	Utilizar una tecnología inalámbrica, económica y disponible como el <i>Smart Bluetooth</i> , que se caracteriza por la rápida transferencia de datos entre dispositivos	Aplicación de dispositivos con <i>bluetooth</i> en diversas actividades económicas, con facilidad de manejo para los agricultores	La tecnología Bluetooth permite transmitir datos de importancia como la ubicación de otros dispositivos en tiempo real a distancias cortas	Maddikunta et al. (2021)
Creación de drones y su utilización como polinizadores empleando pompas de jabón	Equipo tecnológico (dron) para polinización de flores utilizando pompas de jabón	Dispositivos dron que reparten burbujas de cargadas de polen	Los dispositivos (drones) lograron la polinización artificial y se controló de forma autónoma pudiendo ser implementados en sistemas agrícolas con problemas de polinización	Yang & Miyako (2020)
Dispensación de polen mediante drones en lugares y tiempos específicos de forma rápida y eficiente	Implementar drones para la polinización de cultivos	Los drones fueron utilizados para polinizar cultivos permanentes	Los resultados obtenidos mostraron que factores como las condiciones de la tierra, los tipos de cultivo influyen en el proceso de polinización, para tal estudio, este proceso mejoró de un 25 % a un 60 %	Dropcopter (2021)
Apoyo y asesoramiento en el uso de tecnología, hardware, software, y procesamiento de datos la agricultura	Apoyar la agricultura mediante la automatización	Se utilizaron drones con el fin de suplir la polinización	De acuerdo con la tecnología implementada, los dispositivos (drones) utilizados para el proceso de polinización artificial, en promedio el rendimiento fue de 100 kg, lo que representa el 90 %, la cual corresponde a producto de exportación	Bluwhiterobotics (2021)

Método y/o tecnología	Objetivo	Aplicación	Resultado	Fuente
Colocar registradores de vuelo a las abejas y enlistar recorridos y procesamiento de datos	Adquirir y registrar datos para mejorar la gestión agrícola	Se realizó el monitoreo en huertos, con el objetivo de conocer y registrar los recorridos de polinización de las abejas melíferas	De acuerdo con los resultados obtenidos, esta tecnología tiene alto potencial en las actividades agrícolas, ya que con este sistema se pueden obtener datos fidedignos de los recorridos de vuelos de las abejas	Abdel-Raziq et al. (2021)

Fuente: Obtenido de Montilla et. al., 2021.

Hagler et al., 2011 menciona que uno de los primeros métodos utilizados para monitorear la conducta de las abejas fue la verificación manual, mediante el seguimiento del vuelo de las abejas hasta la entrada de las colmenas; de ese modo se evaluaban los recorridos. En otro procedimiento se utilizó un dispositivo en forma de cilindro, este contenía un tubo extraíble que dispensaba polvo fluorescente que marcaba a las abejas al entrar o salir de las colmenas, para permitir reconocerlas mediante la inspección visual. En la (Figura 26) se puede apreciar dicho método.

Figura 26. Método de cilindro

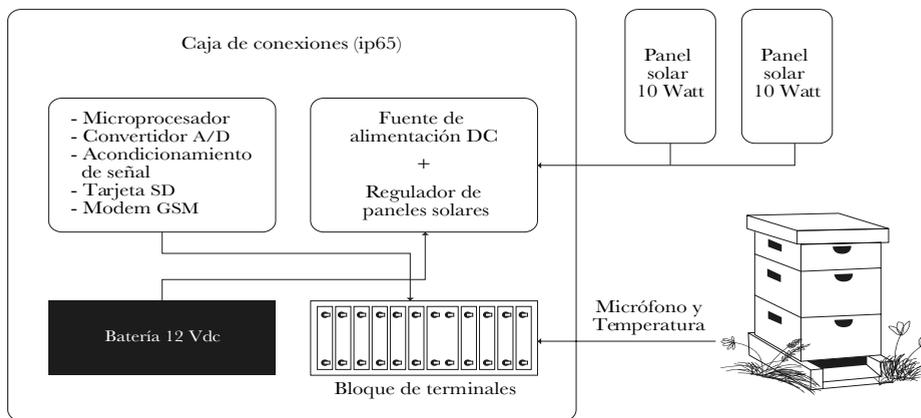


Fuente: Hagler et al., 2011.

Con frecuencia, los patrones de sonido en las colmenas son analizados para determinar la salud de las abejas, el método consiste en colocar un micrófono en un compartimento protegido dentro de la colmena, por lo que resulta económico colocarlo en un gran número de colmenas para dar un seguimiento continuo al

sonido emitido en ellas. Se realizan diversas mediciones que evitan que el micrófono se obstruya con cera, para esto se toman cientos de señales adquiridas en diferentes días y en diferentes horas. Físicamente el sistema de monitoreo está construido sobre una caja de conexiones IP65 para protección al aire libre, dicho compartimiento contiene el procesador principal, acondicionamiento de señal, adquisición, registro y transmisión de datos, la fuente de alimentación, compuesto por el regulador de panel solar para cargar la batería y el regulador de voltaje para obtener el valor deseado. Todos los espectros promediados se registran en una tarjeta de memoria SD. Respecto al análisis de los datos recabados estos se vinculan mediante los comportamientos específicos de las abejas y patrones de sonido (Pérez et al., 2016). Esta tecnología se muestra en la Figura 27.

Figura 27. Tecnología de análisis de patrones de sonido



Fuente: Pérez et al., 2016.

Otro dispositivo, llamado Radar Doppler, permite monitorear la actividad de las abejas. El efecto Doppler se define como un cambio en la frecuencia o longitud de onda reflejada desde un objetivo en movimiento y medida por un observador fijo. El dispositivo consta de un amplificador de acondicionamiento de señal, un microcontrolador para adquirir y procesar datos, un reloj que marca la hora de los datos, una tarjeta microSD para almacenar de datos y un bloque de administración de energía, todo lo anterior montado enfrente de una colmena para realizar las mediciones. Los resultados obtenidos al implementar este dispositivo fue que en una primera fase se detectó la actividad de las abejas en la entrada de la colmena, a su vez estaba relacionado con el tamaño de la población de la colmena y la salud de esta. La segunda fase implicó evaluar si las mediciones del monitor de

actividad de la colmena Doppler se correlacionaban con los recuentos visuales de la actividad de las abejas en la parte delantera de las colmenas. La tercera y última fase involucró el uso de las mediciones del monitor de actividad de la colmena Doppler para predecir la salud de la colonia (Souza Cunha, A. E et al., 2020). En la Figura 28 se muestra el sistema que forma parte del Radar Doppler.

Figura 28. Tecnología de Radar Doppler



Fuente: Souza Cunha, A. E et al., 2020.

Figura 29. Tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (TIRF)



Fuente: Nunes-Silva et al., 2018.

Otra tecnología para el monitoreo de abejas es la denominada tecnología de identificación por radiofrecuencia (TIRF) (Figura 29) consistente en un sistema basado en ondas de radio para la lectura automática de etiquetas especiales. Tres componentes principales integran el sistema: una antena, un lector y una etiqueta.

Las señales de radio son emitidas por la antena a una cierta frecuencia y hacen que la etiqueta se active, y luego comunican los datos almacenados en la etiqueta al lector usando una señal modulada. Después, estos datos se almacenan en una computadora, donde se registran junto con la hora en la que se detectó la etiqueta TIRF (Nunes-Silva et al., 2018).

Una de las ventajas de esta tecnología es que permite el monitoreo continuo de un número ilimitado de abejas, porque cada etiqueta se puede programar con un número de identificación único al contrario de las observaciones directas y la grabación de video consumen más tiempo que los métodos TIRF, ya que la persona debe estar presente durante todo el período de observación o ver las grabaciones de video, lo que limita la cantidad de tiempo de monitoreo. Esta tecnología se puede comparar con el radar armónico, se menciona que, para rastrear vuelos de abejas en distancias grandes mayores de 50 m, la técnica del radar armónico es la apropiada ya que en el TIRF su alcance es corto, pero en otro sentido el tamaño de los transpondedores de radar armónico restringe el número de especies de abejas a las que se puede aplicar esta tecnología porque las únicas abejas capaces de transportarlas son más grandes que las abejas melíferas.

Figura 30. Tecnología de cámara TIRF y Raspberry Pi



Fuente: Hiroyuki and Shinya, 2021.

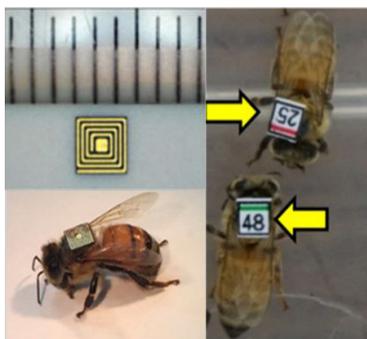
Los sistemas TIRF utilizan etiquetas que no necesitan antenas grandes, lo que representa una ventaja sobre el sistema de radar armónico porque las etiquetas son menos perjudiciales que los transpondedores utilizados con el radar. Además, las etiquetas TIRF empleadas en experimentos con insectos son pasivas porque

obtienen energía del proceso de lectura, lo que las hace más livianas, económicas y fáciles de producir que las etiquetas activas, que requieren una batería interna. La presencia de obstáculos en el entorno entre el radar y las abejas y el tamaño del radar representan problemas adicionales.

Contar con un sistema de monitoreo de vida útil para abejas que asista la tarea de observar el comportamiento de los animales individuales es una tarea difícil y requiere mucho tiempo para comprender la relación entre la comunicación dentro de la colmena y los cambios ambientales fuera de ella, por tal razón es necesario que en cualquier intento se aplique una tecnología de teledetección, en este caso utilizando grabaciones de cámara TIRF y Raspberry Pi (Costa L. et al., 2021; Hiroyuki and Shinya, 2021). Esta tecnología se muestra a continuación.

En otro estudio relacionado con el anterior, los autores informan sobre un sistema de registro automático para el seguimiento a largo plazo del comportamiento de las abejas con sensores de identificación por radiofrecuencia (IRF) (Figura 31) y grabadoras de películas de alta resolución que utilizan varias computadoras de tablero de tamaño pequeño. Para un análisis sistemático y teórico de la comunicación de las abejas, se desarrolló un algoritmo de seguimiento automático para múltiples abejas utilizando procesamiento de imágenes. Se confirmó que dicho algoritmo puede rastrear las abejas marcadas y no marcadas en la grabación del video automáticamente. También se realizaron experimentos de grabación a largo plazo durante un mes. A partir de la grabación de registros y películas de IRF, se confirmó que el sistema propuesto puede analizar parte del proceso de desarrollo de las abejas adultas jóvenes desde su aparición hasta el inicio de la comunicación con otras abejas (Takahashi et al., 2019).

Figura 31. Identificación por radio frecuencia (IRF)



Fuente: Takahashi et al., 2019.

Existen otras tecnologías vanguardistas que en conjunto con otras permiten estudiar a las abejas para distintos propósitos. Arruda et al., 2018 realizó un estudio para clasificar las especies de abejas y se logró mediante el empleo de diferentes vectores de características y algoritmos de aprendizaje automático que le permitieron recopilar datos de patrones de alimentación, obtenidos con etiquetas electrónicas de radiofrecuencia pegadas al tórax de las abejas. Cada vez que una abeja entraba o salía de la colmena, se almacenaba la marca de tiempo. Los datos se analizaron en un formato de series de tiempo, en el que las actividades de las abejas se agruparon en diferentes categorías. Donde los modelos de aprendizaje automático empleados fueron los llamados: *Random Forest*, *Multilayer Perceptron*, y *Support Vector Machine*.

Gomes et al., 2020 busca comprender el comportamiento habitual de las abejas en la polinización y para lo anterior se buscaron modelos de pronóstico más precisos apoyados en las técnicas de inteligencia artificial llamadas Redes Neuronales Recurrentes (RNR) con un conjunto de datos ambientales como temperatura, radiación solar y presión barométrica; donde la investigación sigue su curso, pero la técnica computacional mencionada ha mostrado resultados prometedores.

Figura 32. Tecnología de identificación mediante dron



Fuente: Shearwood et al., 2020.

En cambio, Shearwood et al., 2020 utilizaron un dispositivo tipo dron (Figura 32) que realiza la localización y rastreo autónomo de las abejas en un hábitat natural.

El método consiste en capturar la energía mecánica producida por el movimiento de las abejas que se captura y convierte, lo anterior para alimentar un transmisor portátil de abejas en miniatura que pesa 30 mg, posteriormente una antena de matriz en fase compacta permite la estimación del ángulo de llegada y la localización de abejas a través de un enfoque de indicador de intensidad de la señal recibida. La estimación del ángulo de llegada alimenta de forma autónoma al sistema de control del dron, lo que permite actualizaciones continuas de la posición. Esta tecnología es reciente y se encuentra aún en fase de pruebas.

Perspectivas

El estudio del comportamiento de las abejas utilizando nuevas tecnologías es de suma importancia, ya sea con métodos manuales o automatizados, debido a que sus recorridos, sonidos y hábitos nos darán una visión de su estado natural y de salud y por lo tanto se tendrá el conocimiento para manejar el cultivo, crecimiento y reproducción de estas, ya que las abejas sanas y aptas impactan profundamente en la cadena alimenticia del planeta. Los investigadores siguen aportando su conocimiento y habilidades con nuevos estudios y prototipos para proponer estrategias que ayuden al manejo adecuado de esta especie invaluable para el hombre y la naturaleza.

Bibliografía

- Abdel-Raziq, H. M., Palmer, D. M., Koenig, P. A., Molnar, A. C., & Petersen, K. H. (2021). System design for inferring colony-level pollination activity through miniature bee-mounted sensors. *Scientific reports*, 11(1), 1-12.
- Akhavan, F., Kamgar, S., Nematollahi, M. A., Golneshan, A. A., Nassiri, S. M., & Khaneghah, A. M. (2021). Design, development, and performance evaluation of a ducted fan date palm (*Phoenix dactylifera* L.) pollinator. *Scientia Horticulturae*, 277, 109808.
- Arruda, H., Imperatriz-Fonseca, V., de Souza, P., & Pessin, G. (2018). *Identifying Bee Species by Means of the Foraging Pattern Using Machine Learning*. 2018 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). doi:10.1109/ijcnn.2018.8489608
- Bluewhiterobotics (2021). *The safest, most reliable, and productive solution is our Autonomous Farm - Blue White Robotics (BWR)*. Available in: <https://bluewhiterobotics.com/>
- Chen, Y., Pi, D., & Xu, Y. (2021). Neighborhood global learning-based flower pollination algorithm and its application to unmanned aerial vehicle path planning. *Expert Systems with Applications*, 170, 114505.
- Córdoba Ramírez, M. D. (2021). Uso de sensores remotos en la crianza de abejas para la producción de miel y la conservación de polinizadores.

- Costa, L., Nunes-Silva, P., Galaschi-Teixeira, J. S., Arruda, H., Veiga, J. C., Pessin, G., ... Imperatriz-Fonseca, V. L. (2021). RFID-tagged amazonian stingless bees confirm that landscape configuration and nest re-establishment time affect homing ability. *Insectes Sociaux*, 68(1), 101–108. doi:10.1007/s00040-020-00802-4
- Dropcopter (2021). *Agricultural aerial solutions*. Available in: <https://www.dropcopter.com/agricultural-aerial-solutions>
- Gela, A., Hora, Z. A., Kebebe, D., & Gebresilassie, A. (2021). *Physico-chemical characteristics of honey produced by stingless bees (Meliponula beccarii) from West Showa zone of Oromia Region, Ethiopia*. *Heliyon*, 7(1), e05875. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05875>
- Gomes, P.A.B., Suhara, Y., Nunes-Silva, P. et al. An Amazon stingless bee foraging activity predicted using recurrent artificial neural networks and attribute selection. *Sci Rep* 10, 9 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56352-8>
- Hagler, J., Mueller, S., Teuber, L. R., Deynze, A. V., & Martin, J. (2011). A Method for Distinctly Marking Honey Bees, *Apis mellifera*, Originating from Multiple Apiary Locations. *Journal of Insect Science*, 11(143), 1–14. doi:10.1673/031.011.14301
- Hiroyuki Ai and Shinya Takahashi, The Lifelog Monitoring System for Honeybees: RFID and Camera Recordings in an Observation Hive, *J. Robot. Mechatron.*, Vol. 33, No.3, pp. 457-465, 2021. DOI: 10.20965/jrm.2021.p0457
- Maddikunta, P. K. R., Hakak, S., Alazab, M., Bhattacharya, S., Gadekallu, T. R., Khan, W. Z., & Pham, Q. V. (2021). Unmanned aerial vehicles in smart agriculture: Applications, requirements, and challenges. *IEEE Sensors Journal*.
- Montilla-Pacheco, Argenis de Jesús, Pacheco-Gil, Henry Antonio, Pastrán-Calles, Félix Reinaldo, & Rodríguez-Pincay, Irene Rosario. (2021). Polinización con drones: ¿Una respuesta acertada ante la disminución de polinizadores entomófilos? *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 509-516. Epub 00 de octubre de 2021. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.055>
- Nimmo, R. (2021). Replacing cheap nature? Sustainability, capitalist future-making and political ecologies of robotic pollination. *Environment and Planning E: Nature and Space*, 0(0), 1-21.
- Nunes-Silva, P., Hrnçir, M., Guimarães, J. T. E., Arruda, H., Costa, L., Pessin, G., ... Imperatriz-Fonseca, V. L. (2018). Applications of RFID technology on the study of bees. *Insectes Sociaux*. doi:10.1007/s00040-018-0660-5
- Pérez, N., Jesús, F., Pérez, C., Niell, S., Draper, A., Obrusnik, N., ... Monzón, P. (2016). Continuous monitoring of beehives' sound for environmental pollution control. *Ecological Engineering*, 90, 326–330. doi:10.1016/j.ecoleng.2016.01.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022.
- Shearwood, J., Williams, S., Aldabashi, N., Cross, P., Freitas, B. M., Zhang, C., & Palego, C. (2020). *Localization and Tracking Bees Using a Battery-less Transmitter and an Autonomous*

- Unmanned Aerial Vehicle*. 2020. IEEE/MTT-S International Microwave Symposium (IMS). doi:10.1109/ims30576.2020.9223950
- Souza Cunha, A. E., Rose, J., Prior, J., Aumann, H. M., Emanetoglu, N. W., & Drummond, F. A. (2020). *A novel non-invasive radar to monitor honey bee colony health*. *Computers and Electronics in Agriculture*, *170*, 105241. doi:10.1016/j.compag.2020.105241
- Takahashi, S., Hashimoto, K., Maeda, S., Li, Y., Tsuruta, N., & Ai, H. (2019). *Development of Behavior Monitoring System for Honeybees in Hive Using RFID sensors and Image Processing*. 2019 16th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE). doi:10.1109/jcsse.2019.8864160
- Yang, X., & Miyako, E. (2020). Soap Bubble Pollination. *Science*, *23*(6), 101188.

Abejas sin aguijón: melíponas con diversidad, potencial funcional, terapéutico y biotecnológico de Verónica Hernández Robledo y Ma. Guadalupe Bustos Vázquez, coordinadoras, se publicó de manera digital por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Fontamara en diciembre 2022 bajo el cuidado de Ediciones Coyoacán, S.A. de C.V. Av. Hidalgo No. 47-B, Colonia Del Carmen, Alcaldía de Coyoacán, 04100, Ciudad de México. La revisión y diseño editorial correspondieron al Consejo de Publicaciones UAT.

Las abejas sin aguijón, conocidas como meliponas, han demostrado ser una maravilla de la naturaleza, ya que su papel en el medio ambiente se basa principalmente en dar vida a las plantas, hacerlas crecer y reproducirse por medio de la polinización, proceso ecológico que mantiene a los ecosistemas vivos y saludables. Sin la polinización la agricultura no sería beneficiada y no sería posible obtener algunos cultivos que constituyen buena parte de la alimentación del ser humano. Además, el poder medicinal de la miel que producen es extraordinario, pues en su composición se encuentran diversos bioactivos que benefician la salud de quienes la consumen. Se ha demostrado con estudios científicos que la miel posee propiedades antiinflamatorias, cicatrizantes y antimicrobianas conocidas por diversas culturas desde tiempos antiguos, sin dejar de mencionar que la miel también se ha utilizado como un alimento funcional o líquido milagroso por todas las bondades que presenta.

La miel de abeja sin aguijón representa todo un mundo misterioso, ya que al observar a las abejas tan pequeñas y frágiles no imaginamos todas las bondades que podemos obtener de ellas a través de la meliponicultura; actividad ancestral desarrollada de forma natural, para preservar la alimentación humana muchos años más sin afectar los ecosistemas donde se practica.

ISBN UAT: 978-607-8888-11-5

ISBN Editorial Fontamara: 978-607-736-792-5

ISBN: 978-607-736-792-5

