

Recibido: 30.06.2022 • Aceptado: 21.06.2023

Palabras clave: Metabolómica, *Apis mellifera*, plaguicidas.



La metabolómica al rescate de la miel de abeja

BERENICE BALDERAS SEGURA

balderasberenice21@gmail.com

PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO EN CIENCIAS AMBIENTALES, UASLP

MARIBEL RODRÍGUEZ AGUILAR

maribel.rodriguez@uqroo.edu.mx

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA SALUD, UQROO

ROGELIO FLORES RAMÍREZ

rogeliofloresram@gmail.com

CENTRO DE INVESTIGACIÓN APLICADA EN AMBIENTE Y SALUD, UASLP

En las últimas décadas, la degradación de los ecosistemas ha tomado gran relevancia, ya que ha disminuido la capacidad de las especies para subsistir a causa de la sobreexplotación de los recursos naturales. Este fenómeno se manifiesta por la disminución de la riqueza de los ecosistemas, su diversidad biológica, así como la reducción en los bienes y servicios que estos nos otorgan.

Una de las principales causas que contribuyen a la degradación de los ecosistemas es el uso inadecuado de plaguicidas, los cuales destruyen organismos potencialmente perjudiciales para las plantas o algunos animales de producción (Schaaf, 2015). Los plaguicidas se clasifican en insecticidas, herbicidas, larvicidas, bactericidas, fungicidas, entre otros, de acuerdo con el tipo de plaga que controlan; su uso inadecuado provoca graves problemas a la apicultura, ya que impacta a especies de polinizadores y persiste durante años en la biota o en los suelos; mientras que la presencia de plaguicidas en productos derivados como la miel, afecta la inocuidad del alimento y representa un riesgo para la salud de la colmena (Rodríguez, 2011).

Apicultura en México

En nuestro país, la apicultura se posiciona como la tercera actividad pecuaria que genera más divisas por exportación (Magaña *et al.*, 2016 y Cervantes *et al.*, 2018) y está presente en las industrias de alimentos, cosmética y farmacéutica, algunos de sus productos son: el polen, alimento esencial de larvas y zánganos; cera, se emplea para la fabricación de velas, aceites y artesanías; jalea real, alimento exclusivo de abejas reinas; propóleo, sirve para tapar rendijas y fortalecer los panales de cera; y la miel, la cual se considera un alimento nutritivo, saludable y natural producido por las abejas *Apis mellifera* a partir de néctar de plantas o de secreciones de partes vivas de estas.

La miel se clasifica por su origen botánico y geográfico: por su origen botánico en mono florales (cuya procedencia es de flores de una misma familia, género o

especie), poliflorales (compuesta por néctar de varias especies vegetales). Su color varía, desde extra clara hasta llegar a ser casi negra, debido a su contenido de minerales, polen y compuestos fenólicos.

Por sus regiones: el Norte, la Costa del Pacífico, el Golfo, del Altiplano y Sureste. En el año 2020 el 71 por ciento de la producción y consumo de miel se centró en ocho estados de la República mexicana en donde se producen más de 67 483 toneladas de miel al año y el consumo anual es de 300 gramos por persona.

Los tipos de miel que existen en México son: de mezquite, es de color ámbar claro y es producida en zonas semiáridas; de mantequilla, la cual proviene de la planta acahual y también se le conoce como champote o gigantón, es producida en el altiplano, Puebla, Tlaxcala y Estado de México; de azahar, se da en Veracruz, Tabasco y Tamaulipas; la miel de los huertos de aguacate es de color oscuro y de sabor fuerte, se produce en la península de Yucatán, Quintana Roo y Campeche; y la multiflora, cuya variedad de flores es inmensa, son mieles de la península de Yucatán, Veracruz y Zacatecas, ligeramente saladas o ácidas (foto 1). Cada una de estas mieles tiene un color, aroma y textura diferente (Olguín y Medina, 2019).

Ecosistemas impactados

La especie *Apis mellifera* se caracteriza por producir una gran cantidad de miel, lo que representa el valor económico más importante de la polinización de cultivos en todo el mundo y es fundamental en el equilibrio del medio ambiente porque fomenta la polinización en las plantas,

este proceso es fundamental para la supervivencia de los ecosistemas y esencial para la producción y reproducción de cultivos, ya que *Apis mellifera* poliniza 52 de 115 productos alimenticios de frutas y semillas (SADER, 2018). Estudios recientes han demostrado que las abejas melíferas son útiles para monitorear la contaminación ambiental, pues son capaces de demostrar diferencias en patrones espacio-temporales de contaminación, por lo que pueden ser útiles como herramientas de alerta temprana para evidenciar efectos ecológicos antes de que estos ocurran y con ello establecer estrategias de gestión (Vives, 2020).

En los últimos años, las abejas han sufrido severas pérdidas debido al síndrome de colapso de las colmenas (SCC), una variedad de factores que han sido implicados como causas potenciales, incluyendo los plaguicidas agrícolas como el imidacloprid y fipronil, que pueden viajar a través de las plantas hacia el polen y el néctar; la exposición en las abejas genera daños irreversibles en su sistema nervioso y ocasiona la desorientación, pérdida de la memoria y la muerte. Asimismo, se ha reportado que algunos factores como el cambio climático, la intensificación de la agricultura, la destrucción del hábitat, la contaminación, la sobreexplotación, el desarrollo urbano y la presencia de especies invasoras también han sido causas de pérdida de diversidad biológica, provocando cambios en la distribución de la especie *Apis mellifera*, como alteraciones en la sincronía de sus ciclos

de vida, lo cual afecta la funcionalidad y resiliencia de los ecosistemas (Blandi *et al.*, 2014).

El uso intensivo de plaguicidas y agroquímicos en monocultivos tecnificados buscan potenciar el rendimiento de la producción, pero, como resultado, ha habido una disminución drástica de las abejas melíferas. También es importante conocer la ubicación de los apiarios, pues la falta de biodiversidad vegetal limita la cantidad de alimento, provocando disminución en abundancia y riqueza de polinizadores (Kovács-Hostyánszki *et al.*, 2017).

Estudios realizados por Vargas Valero *et al.* (2011) en la Comarca Lagunera, analizaron plaguicidas en muestras de cera y miel en colonias de abejas melíferas con bajo colapso de colonias, antecedentes de colapso y sin antecedentes de colapso y encontraron un total de ocho plaguicidas en miel de abejas con bajo colapso, 26 plaguicidas en abejas con antecedentes de colapso y 22 plaguicidas en abejas sin antecedentes de colapso. El plaguicida más encontrado fue el acetamiprid (0.686 mg kg⁻¹), la peligrosidad de la exposición aumenta dependiendo de la concentración y la toxicidad del plaguicida; sin embargo, este rebasó los límites máximos de residuos (LMR) de la Unión Europea (0.05 mg kg⁻¹). Por tanto, la detección, cuantificación y exposición al plaguicida es alta, debido a la presencia de componentes volátiles encontrados en las muestras analizadas, lo que refleja una alta exposición de las abejas.



Foto 1.
Obtención de muestras de diferentes tipos de miel y regiones de la República mexicana

Las abejas melíferas son útiles para monitorear la contaminación ambiental, por lo que podrían ser una herramienta de alerta temprana para evidenciar efectos ecológicos



Para evaluar la salud de las colmenas existen diversas técnicas, algunas de ellas son: visuales, de campo y de laboratorio y permiten observar el funcionamiento interno que tienen los polinizadores en un ecosistema (figura 1); sin embargo, algunas de ellas son tardadas, costosas y pueden arrojar resultados cuando ya se encuentre un daño en las colmenas, por lo que se necesitan implementar nuevas técnicas que ayuden a los apicultores a identificar la salud de las colmenas, antes de que exista un SCC. Ante esta problemática pueden desarrollarse métodos analíticos basados en las ciencias ómicas (las cuales nos permiten estudiar un gran número de moléculas, implicadas en el funcionamiento de un organismo), también nos permite estudiar a gran escala algunos genes, proteínas y metabolitos, permitiendo la creación de las ciencias como la genómica, proteómica y metabolómica. Es por ello que se han ido aplicando métodos basados en estas ciencias que son sensibles, confiables, fáciles de aplicar, de bajo costo y permiten a los apicultores conocer el estado de salud de sus colmenas y relacionarlo con el SCC.

Metabolómica y ecometabolómica

La metabolómica es una ciencia que estudia los compuestos químicos presentes en un tejido, órgano u organismo en un momento de desarrollo concreto, bajo condiciones ambientales particulares, esta ciencia se ha aplicado entre otros aspectos en la búsqueda de nuevos biomarcadores (sustancias presentes en el cuerpo, que permiten detectar una enfermedad o saber cómo va evolucionando), utilizando los cambios que se producen en los metabolitos (moléculas pequeñas de un individuo) (Callejón, 2019); en este contexto, la metabolómica también se puede utilizar en estudios de ecología. La ecometabolómica es una rama de la metabolómica que se encarga de ayudar a entender la función interna que presentan los organismos en un ecosistema, permitiendo la investigación de biomarcadores generados por la exposición a sustancias tóxicas. Así, las respuestas ecometabolómicas de especie como *Apis mellifera* ayudan a conocer su comportamiento metabólico, convirtiéndose en una herramienta para monitorear un ecosistema (Lara-Del Río, Flores-Ramírez, Díaz-Barriga, García-Chávez y Espinosa Reyes, 2020).

Por su parte, Luoluo, Meeus, Rombouts, Meulebroek, Vanhaecke y Smagghe (2019) realizaron un estudio para

mejorar el diagnóstico de los factores estresantes de las abejas, mediante un enfoque basado en la metabolómica y encontraron ocho metabolitos en 84 muestras de hemolinfa (es un fluido que tiene funciones similares a las que cumple la sangre, pero es propia del sistema circulatorio de los artrópodos) pertenecientes a la especie *Bombus terrestris* (abejorros polinizadores clave en las regiones de clima templado). Este estudio demostró que el descubrimiento de biomarcadores tiene un potencial prometedor para mejorar monitoreo de la salud de las abejas e identificar factores estresantes relacionados con la ingesta de energía y otros factores ambientales.

Conclusión

La apicultura representa un impacto en la sostenibilidad de los ecosistemas debido a la actividad polinizadora de las abejas, así como efectos importantes para la supervivencia de los ecosistemas y la productividad de cultivos

agrícolas; sin este servicio, la producción y reproducción de plantas silvestres, los cultivos alimentarios en el mundo y el mantenimiento de la diversidad se verían afectados y muchos de los procesos de un ecosistema desaparecerían. Esta situación es preocupante y se ha visto afectada por el uso intensivo de plaguicidas y agroquímicos en monocultivos. Por lo tanto, una perspectiva en la investigación en ecología, debería centrarse en el desarrollo e implementación de métodos basados en la metabolómica, los cuales pueden representar grandes cambios en la determinación oportuna de factores de riesgo en las colonias, no sólo como herramienta para los apicultores, sino también como auxiliar en la toma de decisiones en actividades agropecuarias, para facilitar el monitoreo, conservación y apoyo en la toma de decisiones oportunas que puedan incidir en la evaluación de la calidad de otros alimentos de origen animal y vegetal.

Cómo evaluar la salud de un apiario

Observar la limpieza de la colmena



revisar que no exista mal olor y observar la postura de la reina



Se revisa que la colmena no presente enfermedades como la diarrea en abejas



o plagas como la polilla, la cual es la mas común



Se realizan exámenes microscópicos, pruebas bioquímicas, inmunológicas y moleculares



para enfermedades como: varroasis y acariosis

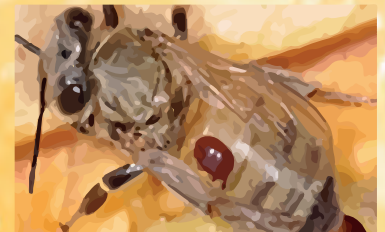


Figura 1.

Evaluación del estado de salud de un apiario mediante tres tipos de técnicas: visual, campo y laboratorio.

Es Licenciada en Biología por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y maestra en Ciencias Ambientales por la UASLP. En la actualidad escribe el artículo de investigación "Evaluación ecometabólica de miel de abeja (*Apis mellifera*) de sitios impactados por el uso de plaguicidas".



Finalmente, el desarrollo y aplicación de metodologías metabolómicas, que permitan de manera precisa y oportuna la identificación de factores de riesgo en las colonias de abejas melíferas, sería de gran utilidad para el sector apícola al cuidado, conservación y correcto manejo de sus colonias. **UP**

Referencias bibliográficas:

- Callejón-Leblic, B., Pereira-Vega, A., Vázquez-Gandullo, E., Sánchez-Ramos, J. L., Gómez-Ariza, J. L. y García-Barrera, T. (2019). Study of the metabolomic relationship between lung cancer and chronic obstructive pulmonary disease based on direct infusion mass spectrometry. *Biochimie*, 157, pp.111-122. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2018.11.007>
- Lara-Del Río A. J., Flores-Ramírez, R., Díaz-Barriga Martínez, F., García-Chávez, E., Espinosa Reyes, G. (2020). Uso de la metabolómica ecológica como herramienta complementaria para el estudio de la salud integral de los ecosistemas. *Revista de Salud Ambiental*. 20(1), pp. 3-13.
- Wang, L., Meeus, I. Rombouts, C., Meulebroek, L. V., Vanhaecke L. y Smagghe G. (2019). Metabolomics-based biomarker discovery for bee health monitoring: A proof of concept study concerning nutritional stress in *Bombus terrestris*. *Nature Research*. 9, 11423.
- Vargas-Valero A., Reyes-Carrillo, J., Moreno-Reséndez, A. Véliz-Deras, F. Gaspar-Ramírez, O. y Rodríguez-Martínez, R. (2020). Residuos de plaguicidas en miel y cera de colonias de abejas de La Comarca Lagunera. *Abanico Veterinario*. 10, e7.
- Vives Barcelona, J. (27 de julio, 2020). Las abejas de la miel serán utilizadas como indicadores de la contaminación ambiental, *La Vanguardia*.

