

¿Qué sabemos de las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) en México?: Diversidad, Ecología y polinización

What do we know about stingless bees (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in Mexico? Diversity, Ecology and pollination

 ¹FERNANDA BAENA-DÍAZ,  ²ESTRELLA CHÉVEZ,
 ^{1*}LUCIANA PORTER-BOLLAND

¹Instituto de Ecología, A.C. Red de Ecología Funcional, Carretera Antigua a Coatepec No. 351, El Haya, 91070, Xalapa, Veracruz. México.

²Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado Ciencias de la Sostenibilidad, Ciudad de México, México.



Editor responsable: Magdalena Cruz Rosales

Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)

*Autor correspondiente:

 Luciana Porter-Bolland
luciana.porter@inecol.mx

Cómo citar:

Baena-Díaz, F., Chévez, E., Porter-Bolland, L. (2023) ¿Qué sabemos de las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) en México?: Diversidad, Ecología y polinización. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 39, 1–17.
10.21829/azm.2023.3912565
elocation-id: e3912565

Recibido: 24 agosto 2022

Aceptado: 07 febrero 2023

Publicado: 22 marzo 2023

RESUMEN. El decremento en las poblaciones naturales y manejadas de polinizadores ha situado el interés sobre el papel de los polinizadores, principalmente en el sector agrícola, por los efectos reportados en lo que se conoce como la “crisis de los polinizadores”. Dentro de los polinizadores más representativos se encuentran las abejas, y dentro de éstas, las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini). Estas últimas tienen gran relevancia ecológica, económica y cultural en el mundo y particularmente en México, por ser un grupo manejado desde hace cientos de años para obtención de miel y otros productos de la colmena. En esta revisión de literatura nos enfocamos en documentar lo que se sabe sobre las abejas sin aguijón en cuanto a su distribución, genética y ecología. En particular nos interesa resaltar aspectos sobre sus interacciones y los servicios ecosistémicos que proveen. Nuestro objetivo fue sintetizar la

información disponible para México e identificar áreas de oportunidad en el estudio de estas abejas, con el fin de promover mejores estrategias de conservación y manejo. Encontramos que falta intensificar los estudios de este grupo para poder realizar un análisis de cómo los cambios ambientales afectan la riqueza de especies, abundancia, distribución e interacciones. Así mismo, la falta de estudios longitudinales nos impide conocer la magnitud del declive de estos polinizadores. Finalmente, proponemos incluir en los estudios de ecología y genética de abejas sin aguijón un enfoque de participación social, la cual puede proveer información muy valiosa sobre abejas nativas en México.

Palabras clave: miel; polinizadores; servicios ecosistémicos

ABSTRACT. The decrease in the natural and managed populations of pollinators has placed interest on the role of pollinators, mainly in the agricultural sector, because of what is known as the "pollinator crisis". Among the most representative pollinators are bees, and within these, stingless bees (Apidae: Meliponini) are an important group. Stingless bees have great ecological, economic and cultural relevance in the world and particularly in Mexico, as a group managed for hundreds of years to obtain honey and other products from the hive. In this literature review we focus on documenting what is known about stingless bees in terms of their distribution, genetics, and ecology. Particularly, we are interested in highlighting aspects of their interactions and the ecosystem services they provide. Our objective was to synthesize the information available for Mexico and identify areas of opportunity in the study of these bees to promote better conservation and management strategies. We find that studies in this group need to be intensified to carry out an analysis of how environmental changes affects species richness, abundance, distribution, and interactions. Likewise, the lack of longitudinal studies prevents us from knowing the magnitude of the decline of these pollinators. Finally, we propose to include a social participation approach to studies of the ecology and genetics of stingless bees, which can provide very valuable information on native bees in Mexico.

Key words: honey; pollinators; ecosystem services

INTRODUCCIÓN

La salud de los ecosistemas, incluyendo los espacios modificados por el humano, depende en gran medida de la polinización. Este es el proceso mediante el cual las plantas completan su reproducción sexual al permitir que las células espermáticas sean transportadas al óvulo, dando lugar a su fecundación. Los mecanismos para la polinización son diversos e incluyen desde el transporte de granos de polen por agua o viento o mediante la interacción con vectores animales, conocidos como polinizadores (Faegri & Van der Pijl, 1966).

Actualmente se reconoce a la polinización como uno de los servicios ecosistémicos más importantes pues asegura el mantenimiento de las comunidades vegetales y, por lo tanto, de gran parte de los ecosistemas (Daily, 2013; IPBES, 2016). Por ello, los polinizadores representan un grupo sumamente importante para el mantenimiento de la biodiversidad (Potts *et al.*, 2010). Un aspecto que se ha resaltado del servicio de la polinización es su importancia para las plantas cultivadas de uso humano: alimentario, medicinal, ornamental, etc. (Garibaldi *et al.*, 2017) al mejorar significativamente la calidad de los frutos. Se estima que un 75 % de las plantas cultivadas a nivel global depende de polinizadores para su producción (Kremen *et al.*, 2007). En México se

ha estimado que, de 316 especies de plantas cultivadas, 85 % depende de los polinizadores y al menos 60 % depende alta o moderadamente de ellos (Ashworth *et al.*, 2009). Sin embargo, para muchas plantas de uso humano, el conocimiento sobre el sistema de polinización y la caracterización de sus polinizadores es aún limitado.

Dentro de los polinizadores más representativos en los ecosistemas se encuentran las abejas (Greenleaf *et al.*, 2007; Kremen *et al.*, 2007; Ollerton, 2017), que son insectos pertenecientes al orden Hymenoptera del que se estima que existan alrededor de 20,000 especies a nivel global (Plant & Paulus, 2016). De éstas, la mayoría son especies solitarias, y cerca del 5 % de ellas viven en sociedades más o menos complejas de las cuales las más conocidas son las abejas pertenecientes al género *Apis* Linnaeus, 1758, como la conocida abeja de la miel, *A. mellifera* Linnaeus, 1758, además de los abejorros y el grupo que conforman las abejas sin aguijón o meliponinos (Apidae: Meliponini).

El decremento en las poblaciones naturales y manejadas de polinizadores ha situado el interés sobre el papel de los polinizadores, principalmente en el sector agrícola, por los efectos reportados en lo que se conoce como la "crisis de los polinizadores" (IPBES, 2016). Esta crisis se caracteriza principalmente por la muerte masiva de colonias de *A. mellifera* en Europa y Estados Unidos. Aunque también por la desaparición de otras especies de polinizadores, incluidas las abejas, debido a la destrucción del hábitat, contaminación, cambio climático, enfermedades, entre otras cosas (Kearns *et al.*, 1998; Steffan-Dewenter *et al.*, 2005; Potts *et al.*, 2010; Sosenski & Domínguez, 2018).

En México existe una gran variedad de abejas, siendo el tercer país con mayor riqueza en América, después de Brasil y Argentina (Freitas *et al.*, 2009), con alrededor de 2,000 especies (Quezada-Euán & Ayala-Barajas, 2010). A pesar de que México es centro de origen y domesticación de una gran variedad de cultivos (Casas *et al.*, 2019), la relación que éstos guardan con sus polinizadores naturales no se ha establecido claramente o sólo de manera limitada, por lo que desconocemos los servicios ecosistémicos que proveen (Sosenski & Domínguez, 2018). Por otra parte, México es uno de los países productores de miel de *A. mellifera* más importantes en el mundo (FAOSTAT, producción de miel, 2020), y también es un país donde se registra el manejo y producción de miel de abejas nativas. Para esta última actividad se registra una historia antigua y se reconoce que México es uno de los países con la mayor producción de miel de abejas nativas del mundo (González-Acereto, 2012; Quezada-Euán, 2018).

Tener un mejor conocimiento sobre los sistemas de polinización permitiría identificar interacciones ecológicas que estén en riesgo como consecuencia de la destrucción de hábitats, extinción o amenazas a la flora y fauna, o por la introducción de especies exóticas. Esto permitiría plantear estrategias y sinergias entre el sector agropecuario y la conservación de ecosistemas, para proponer estrategias de conservación, promoción y aprovechamiento sostenible de especies que se sustenten en estas interacciones.

Todas estas características hacen de suma importancia conocer la diversidad, ecología y evolución de las abejas nativas de México y su papel como polinizadores, tanto de cultivos como de plantas nativas. En particular, este trabajo se enfocó en revisar la literatura existente para México sobre abejas sin aguijón, partiendo de que representan un grupo de gran importancia biocultural que proporciona importantes servicios ecosistémicos. Además, se enfocó en documentar aspectos relacionados a su diversidad, amenazas y algunos aspectos de su ecología, como su papel en la polinización en ambientes naturales y en los cultivos.

Las abejas sin aguijón en México:

Riqueza, distribución y diversidad genética

Las especies de abejas sin aguijón o meliponinos, pertenecen a la familia Apidae y a la tribu Meliponini. Las especies de meliponinos se caracterizan por tener un aguijón vestigial y tener algún grado de socialidad, es decir, que viven en colonias con repartición de trabajo en castas, y por la presencia de estructuras llamadas potes donde almacenan la miel y el polen (Quezada-Euán, 2018). El grupo de meliponinos está representado por alrededor de 500 especies a nivel global, con una distribución pantropical, aunque la mayor diversidad se encuentra en los neotrópicos (De Camargo, 2013). En México existen por lo menos 46 especies pertenecientes a 15 géneros que se distribuyen a lo largo del país, aunque mayormente en la zona sur (Ayala, 1999).

A pesar de que los meliponinos se asocian más a las regiones tropicales de México y a que los registros históricos y actuales de su manejo corresponden a los territorios del sureste, Golfo y vertiente del pacífico sur, en México existen pocos estudios acerca de la distribución de las especies de este grupo (Yáñez-Ordoñez *et al.*, 2008; Ayala *et al.*, 2013; Yurrita *et al.*, 2017; Arnold, 2018; Griswold *et al.*, 2018; Contreras-Escareño *et al.*, 2019). Dentro de los trabajos existentes, resalta la revisión que hace Ayala (1999), sobre la distribución de las especies de meliponinos y el trabajo de Yurrita y colaboradores (2017), que analiza los patrones de distribución de 11 especies de meliponinos en México y Centroamérica. A nivel de regiones específicas, Contreras-Escareño y colaboradores (2019) hacen un muestreo en la Sierra de Manantlán, Jalisco, y describen la presencia de nueve especies de meliponinos en la región. Finalmente, el trabajo de Arnold y colaboradores (2018) analiza la distribución del manejo de abejas sin aguijón en Oaxaca donde habitan 35 especies.

Por otro lado, a partir de una revisión de datos obtenidos de la Comisión Nacional para el uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) y del Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2020), encontramos 2,057 registros de presencia (excluyendo datos duplicados) de abejas sin aguijón (Tribu Meliponini) a lo largo de todo el país, incluyendo la presencia en estados más norteños como es el desierto Chihuahuense y Sonora. Esto sustenta algunos estudios que relatan el uso de abejas sin aguijón en culturas indígenas del norte del país, como en la Sierra Tarahumara en Chihuahua (Fernández de Oviedo, 1851), del cual se conoce poco actualmente.

Los registros encontrados en GBIF incluyen a las 46 especies encontradas en México, y las especies con mayor representación son: *Nannotrigona perilampoides* Cresson, 1878 *Trigona fulviventris* Guérin-Méneville, 1844 y *Partamona bilineata* Say, 1837, con más de 200 registros, seguidas de *Frieseomelitta nigra* Cresson 1878, *Melipona becheei* Bennett, 1831, *Plebeia frontalis* Friese, 1911, *Scaptotrigona pectoralis* Dalla Torre, 1896, y *Scaptotrigona mexicana* Guérin-Méneville, 1844, con alrededor de 100 registros cada una. El resto de las especies se encuentran con pocos registros y la mayoría con menos de 50. Esta información resulta relevante pues las abejas sin aguijón se encuentran en gran parte de nuestro país ocupando diversos ecosistemas, desde las selvas secas, hasta las selvas húmedas, logrando contribuir de manera importante al servicio de polinización en dichos ecosistemas. Sin embargo, esta información pone en evidencia que desconocemos la distribución de muchas especies de abejas sin aguijón en nuestro país, y aún menos sobre sus abundancias. Además, observamos que los registros más antiguos encontrados en GBIF datan de 1901 y que la mayoría se realizaron a partir de 1980, por lo que podemos concluir que los estudios longitudinales de la presencia de meliponinos en México son muy escasos, haciendo difícil conocer su declive.

A los trabajos de distribución de especies de meliponinos se pueden sumar los pocos trabajos sobre genética de poblaciones en nuestro país (Quezada-Euán *et al.*, 2007; 2012; May-

Itzá *et al.*, 2012; Hurtado-Burillo *et al.*, 2013; 2014; 2017; Solórzano-Gordillo *et al.*, 2015; Hurtado-Burillo, 2018). Estos trabajos resultan importantes pues nos ayudan a conocer el estado de la diversidad genética de estas abejas, lo cual nos da una idea de la salud de las poblaciones, y sobre los procesos, pasados y presentes, que afectan dicha diversidad. Entre estos procesos se encuentra la fragmentación del hábitat y los tamaños poblacionales pequeños (Zayed, 2009). También es interesante investigar el papel del manejo histórico y presente de las diferentes especies de abejas sin aguijón en la diversidad genética, considerando las prácticas culturales asociadas a ellas. En el caso de este grupo de abejas, los estudios de la diversidad genética pueden contribuir para identificar prácticas que impacten de forma positiva o negativa a las poblaciones silvestres y manejadas. Particularmente para regular el movimiento de colonias, lo cual es muy común y puede ocurrir hasta más de 1,000 km (Byatt *et al.*, 2016), alterando la diversidad genética y patrones de flujo genético de las especies e incluso promoviendo la hibridación (Byatt *et al.*, 2016). Así mismo, dichos estudios nos ayudarán a conocer la susceptibilidad o resistencia de las poblaciones a los factores que afectan su salud (Lozier & Zayed, 2017). Esta información es relevante porque puede ayudar de manera importante a establecer mejores planes de manejo y a la toma de decisiones sobre su conservación.

Sobre este tema, los estudios realizados en México han sido principalmente sobre algunas especies de abejas de los géneros *Scaptotrigona* Moure, 1942 (Quezada-Euán *et al.*, 2012; Hurtado-Burillo *et al.*, 2013; 2017), *Melipona* Illiger, 1806 (May-Itzá *et al.*, 2012; Hurtado-Burillo *et al.*, 2014), *Trigona* Jurine, 1807 (Solórzano-Gordillo *et al.*, 2015) y *Plebeia* Schwarz, 1938 (Francisco *et al.*, 2011). De manera general, estos trabajos muestran que existe mucha variación y estructura genética entre regiones para una misma especie, sugiriendo que podrían existir más especies de las actualmente descritas (Quezada-Euán *et al.*, 2012; Hurtado-Burillo *et al.*, 2017). De estos estudios podemos identificar que las regiones más estudiadas son la del Golfo de México, Chiapas y la península de Yucatán, y que se ha muestreado poco en el occidente del país, como por ejemplo en Jalisco (Hurtado-Burillo *et al.*, 2013; 2014). A pesar del gran valor de los estudios genéticos realizados a la fecha, aún se requiere ampliar las zonas de muestreo pues la distribución de abejas sin aguijón es amplia en el país (Ayala, 1999; González-Acerato, 2012), a la par de la necesidad de intensificar el muestreo dentro de una misma región, para identificar poblaciones naturales y aquellos procesos que ocurren a escala local como adaptación local, hibridación, reducción del tamaño poblacional y la consecuente reducción de la diversidad genética (cuello de botella), entre otros. Estos procesos nos pueden permitir evaluar los factores que afectan la diversidad genética. Además, sería importante incrementar el número de marcadores genéticos mediante secuenciación de nueva generación, para obtener mejores datos sobre diversidad genética e historia evolutiva para evaluar el estado de conservación de abejas nativas en México.

Efectos antropogénicos y diversidad

Un aspecto muy relevante para la diversidad de abejas nativas ha sido la influencia del humano en la configuración y transformación del paisaje. El cambio de uso de suelo, debido principalmente a la agricultura y la urbanización, es uno de los factores que más afecta a este grupo de insectos. De manera general, se reconoce que la transformación del hábitat disminuye la diversidad y abundancia de abejas (Kennedy *et al.*, 2013; Brown & de Oliveira, 2014). En este sentido, algunos estudios en México han analizado cómo se ve afectada la diversidad de abejas, incluidas las abejas sin aguijón, ante distintas modificaciones del paisaje (Cairns *et al.*, 2005; Calvillo *et al.*, 2010; Fierro *et al.*, 2012; Meléndez *et al.*, 2016; Ramírez-Segura & Jones, 2016; Razo-León *et al.*, 2018; Vides-Borrell *et al.*, 2019). A éstos se pueden sumar otros estudios realizados en países tropicales como

Costa Rica (Brosi *et al.*, 2007; Escobedo-Kenefic *et al.*, 2020), Colombia (Nates-Parra *et al.*, 2008; Cely & Stacy, 2019) y Brasil (Jaffé *et al.*, 2016; Mayes *et al.*, 2019), que tienen una importante riqueza biológica de meliponinos. De manera general, estos estudios muestran que la perturbación del hábitat, que incluye principalmente el cambio de uso de suelo hacia la agricultura extensiva con monocultivos, promueve principalmente la pérdida de cobertura vegetal. La diversidad y estructura de las comunidades de abejas dependen de que exista una cobertura de vegetación natural, por lo que espacios extensos dedicados a uso agrícola o ganadero, presentan comunidades de abejas más homogéneas y/o menos diversas (Calvillo *et al.*, 2010; Vides-Borrell *et al.*, 2019). Además, los espacios de anidación asociados a cavidades de árboles y otras estructuras naturales, se ven disminuidos por la modificación del paisaje, aunque se reconoce que en el caso de espacios urbanos es posible que los meliponinos se alojen en diversas estructuras construidas por el humano (Nates-Parra *et al.*, 2008; Cely-Santos, 2020). En este sentido, sería importante conocer la presencia y densidad de meliponinos en distintos ambientes urbanos. Un estudio que comparó la diversidad de abejas e interacciones en un gradiente de perturbación en Guatemala demostró que la diversidad de abejas sin aguijón es susceptible a la fragmentación, a la pérdida de especies de plantas y a la época del año, con mayor diversidad en la época de lluvia (Escobedo-Kenefic *et al.*, 2020), aunque esto último puede variar dependiendo la región estudiada (do Nascimento & Nascimento, 2012). Otros estudios también muestran que la complejidad de los ecosistemas y la estructura del paisaje son factores importantes al proveer diferentes espacios y recursos para que habiten las abejas, por lo que alternativas de agricultura menos intensiva, como los policultivos o sistemas agroforestales, pueden mantener un mayor número de especies (Vides-Borrell *et al.*, 2019). La distancia de los cultivos hacia áreas conservadas de bosque, también son un factor determinante para la presencia de las abejas sin aguijón en las áreas de cultivo (Ricketts, 2004; Cusser *et al.*, 2016; Garibaldi *et al.*, 2017; Razo-León *et al.*, 2018). Así mismo, fragmentos grandes de bosque continuo resultan importantes para mantener una mayor diversidad de especies, especialmente de abejas silvestres (Calvillo *et al.*, 2010). A pesar de que estos supuestos se han evaluado de manera general para todas las especies de abejas, aún conocemos poco de la susceptibilidad de las abejas sin aguijón a los tamaños y distancias entre fragmentos de bosque. Aunque, se ha observado que no todas las especies de abejas sin aguijón tienen la misma susceptibilidad ante las transformaciones del paisaje. Por ejemplo, *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), fue encontrada abundantemente en distintos tipos de paisaje, incluyendo paisajes agrícolas (Fierro *et al.*, 2012). Incluso algunas especies pueden adaptarse a zonas urbanas y anidar en estructuras como postes, paredes o tuberías como *Trigona*, *Frieseomelitta nigra* y *N. perilampoides* (De Araujo-Freitas, 2017; Quezada-Euán, 2018). En el caso de algunas especies del género *Trigona*, se ha encontrado que pueden aprovechar diversos elementos de paisajes cultivados, por lo que suelen dominar en estos espacios en comparación con otras especies (Cairns *et al.*, 2005; Cely & Stacy, 2019). Debido a que las respuestas a la transformación del ambiente pueden ser variables, aún hace falta ampliar los estudios en otras especies de abejas sin aguijón, particularmente en aquellas manejadas (p. ej. *Melipona beecheii* y del género *Trigona*). El estudio de los efectos de la fragmentación y sus tamaños también permitiría trabajar el concepto de corredores biológicos para polinizadores que promuevan una mayor conectividad. A pesar de ser organismos móviles, el tamaño y conducta de cada especie son factores que limitan su capacidad de movimiento, pues especies más pequeñas, tanto de meliponinos como de abejas nativas silvestres, tienen un rango de pecoreo menor en comparación con especies más grandes (Greenleaf *et al.*, 2007). Estos elementos deberían tomarse en cuenta

para generar espacios y estrategias de conservación de abejas silvestres, incluyendo a las abejas sin aguijón (Greenleaf *et al.*, 2007; Kremen *et al.*, 2007).

Otro aspecto relevante, pero que ha sido poco estudiado en las especies de Meliponinos en México, son los posibles efectos del cambio climático sobre este grupo de organismos, por ejemplo, cambios en la distribución de las especies, fenología, extinción local, así como los procesos de hibridación que podrían llevar a la homogeneización de las poblaciones, perdiendo adaptaciones importantes. Además, los efectos del cambio climático sobre las floraciones podrían afectar también al manejo. Se conoce de manera empírica que el traslado de colonias a zonas con características climáticas distintas a las de la localidad de origen, invariablemente se traduce en una baja productividad y muchas veces a la muerte de las colonias (Obs. personal de expertos en el manejo de abejas sin aguijón). Esto sugiere que existe un grado importante de adaptación local a las condiciones ambientales, lo cual podría limitar su adaptabilidad a nuevas condiciones causadas por el cambio climático. En este sentido, un estudio en México evaluó los límites térmicos de tres especies de abejas sin aguijón y encontró que aquellas provenientes de ambientes más elevados tuvieron límites térmicos más amplios, lo que podría implicar que las especies que habitan regiones más bajas podrían ser más susceptibles a los efectos del cambio climático (Macías-Macías *et al.*, 2011). Futuros estudios deberán evaluar las consecuencias de las alteraciones climáticas sobre la distribución de abejas sin aguijón en México, cuestión que se ha empezado a abordar para los abejorros, resultando en proyecciones que disminuyen su distribución (Martínez-López *et al.*, 2021). Finalmente, dentro de los efectos antropogénicos que afectan a las abejas, se encuentran el uso de agroquímicos y otros contaminantes, de los cuáles conocemos poco para las abejas sin aguijón (Boff *et al.*, 2018). Futuros estudio deberían considerar también los efectos sinérgicos de distintos factores sobre la salud de las poblaciones naturales en este grupo de abejas.

Servicio ecosistémico de polinización

A pesar de que la polinización es uno de los servicios ecosistémicos más importantes para el mantenimiento de los ecosistemas a nivel general, casi siempre se atribuye este servicio desde una perspectiva humana, y la mayoría de los estudios de polinización como servicio ecosistémico se realizan en plantas cultivadas. Sin embargo, las plantas cultivadas representan menos del 0.1 % del total de las plantas con flores (~ 350,000 especies) que requieren del servicio de la polinización (Ollerton *et al.*, 2011). En este sentido, hace falta sistematizar el conocimiento sobre la polinización en ecosistemas naturales y en plantas no necesariamente útiles para el humano, pero de gran valor ecosistémico (Senapathi *et al.*, 2015). Existen estudios sobre la biología de la polinización de diferentes especies de plantas que reportan visitas de meliponinos (Armbruster & Webster, 1979), sin embargo, esa información aún requiere ser analizada y sistematizada. Los estudios melisopalínológicos sobre el contenido de polen en las obreras y dentro de la colmena, permiten conocer la diversidad de plantas que visitan, y por lo tanto, del servicio de polinización que realizan en los ecosistemas naturales (Vit *et al.*, 2013).

En este contexto, muy pocos trabajos en México han analizado las floras melíferas de especies de meliponinos (Martínez-Hernández *et al.*, 1993; Ramírez-Arriaga *et al.*, 1995; Ramírez-Arriaga & Martínez-Hernández, 2007; Ramírez-Arriaga *et al.*, 2018). De éstos, la revisión de Ramírez Arriaga y colaboradores (2018) reporta que unas pocas especies de meliponinos (*Melipona beecheii*, *Nanotrigona perilampoides*, *Scaptotrigona mexicana*, *Plebeia* sp. y *Tetragonisca angustula*) utilizan hasta 81 especies de plantas, pertenecientes a 51 familias en distintas localidades. Por otro lado, los estudios de caracterización de las mieles de meliponinos sobre sus propiedades

fisicoquímicas, es aún más limitada, aunque existen algunos esfuerzos importantes (Santiesteban, 1994; Grajales *et al.*, 2013; Vit *et al.*, 2006; Jiménez, 2019). Estos estudios encuentran que la miel de las abejas sin aguijón está compuesta principalmente de distintos tipos de azúcar (glucosa, fructosa, maltosa y sacarosa), agua y cenizas (Fuenmayor *et al.*, 2013). Conocer las mieles de meliponinos y otros elementos de la colmena, como las resinas y el pan de abejas, que está conformado por el polen que colectan, permitirá profundizar en las relaciones ecológicas que mantienen los meliponinos con la diversidad vegetal en las diferentes épocas del año y en diferentes regiones. Esto porque el aporte y tipo de polen varía a lo largo del año dependiendo de las necesidades de la colmena y de la estacionalidad de las plantas melíferas (Donkersley *et al.*, 2014). Además, los estudios de composición de la miel y el polen podrían ayudar a detectar la presencia de contaminantes que podrían estar afectando la salud de las abejas sin aguijón.

Polinización en cultivos/polinizadores nativos para uso agrícola

Debido a la crisis actual de los polinizadores, particularmente de *A. mellifera*, se ha puesto atención en explorar el papel de las abejas nativas como polinizadores de cultivos, aprovechando a las poblaciones naturales de abejas, así como desde una perspectiva de manejo para uso comercial (Vergara & Fonseca-Buendía, 2012; Torres-Ruiz *et al.*, 2013). En este sentido, ha habido interés en comparar la eficiencia de los polinizadores nativos *versus A. mellifera* y *Bombus impatiens* Cresson, 1863, dos especies comercializadas comúnmente pero cuyo origen es distinto al de México. De manera general, se ha identificado a las abejas sin aguijón como organismos con un gran potencial de polinización de cultivos debido a que algunas especies pueden visitar un gran número de especies de plantas (Roubik, 1982; Ramalho *et al.*, 1990; Michener, 2007), pero que pueden tener consistencia floral temporal, es decir, que en períodos de tiempo específicos visitan el mismo tipo de planta, favoreciendo su polinización (Slaa *et al.*, 2006). En México, se han realizado diversos estudios para conocer la eficiencia de las abejas sin aguijón en la polinización de cultivos y su comparación con otros polinizadores (Ish-am *et al.*, 1999; Palma *et al.*, 2008; Cauich *et al.*, 2009; Macías-Macías *et al.*, 2009; Bilbao Aguilar, 2010; Romero & Quezada-Euán, 2013; Chávez *et al.*, 2015; Landaverde-González *et al.*, 2017; Quezada-Euán, 2018). En general estos estudios demuestran que las abejas sin aguijón favorecen la polinización de distintos cultivos, siempre y cuando existan poblaciones naturales cercanas a ellos. En la revisión de Jaffé y colaboradores (2016), se resaltan la renta y traslado de colonias de abejas sin aguijón para polinización en Brasil, aunque concluye que esta práctica puede ser estresante para las colonias. Estos resultados resaltan la importancia de la estructura del paisaje, sobre todo aquella que representa paisajes más diversos, para mantener el servicio de la polinización. En este sentido, existen distintas propuestas de aprovechamiento de poblaciones naturales de abejas sin aguijón en polinización de cultivos, un ejemplo es el trabajo de Bilbao Aguilar (2010) en la reserva de la biósfera "La Sepultura" en Chiapas, donde clasifican a los cultivos y sugieren 15 especies de abejas sin aguijón como polinizadores potenciales de una gran variedad de cultivos. A pesar del uso potencial de abejas sin aguijón para polinización de cultivos, no se han dirigido los esfuerzos necesarios para extender su manejo en este sentido y orientar un proceso de tecnificación en el manejo de meliponinos para proveer servicio de polinización, sin embargo, existen trabajos que están apostando en esta dirección (Obregón & Arzaluz, 2002).

Consideraciones finales

En general, podemos decir que nuestro conocimiento sobre la abundancia, distribución y relaciones ecológicas de las hasta ahora 46 especies de abejas sin aguijón descritas para México

en sus distintas regiones es aún limitado. Esto dificulta un análisis sobre cómo los efectos del cambio global, incluyendo cambio de uso de suelo, contaminación, pérdida de hábitat, cambio climático y el manejo de al menos 20 especies, afectan la diversidad de abejas sin aguijón, el estado actual de sus poblaciones, y sus efectos sobre el servicio de la polinización. A esto se suma la falta de estudios longitudinales sobre la riqueza de especies, lo cual nos impide conocer si existe un declive en las poblaciones de abejas nativas en nuestro país y en qué grado estaría. Sin embargo, los estudios a nivel local nos indican que los cambios de uso de suelo, deforestación y contaminación, podrían estar afectando significativamente la riqueza de especies de abejas sin aguijón y nos dan pistas sobre qué alternativas de manejo a nivel de paisajes podrían promover una mayor riqueza de especies.

Por otro lado, incrementar los estudios de variabilidad genética en poblaciones naturales nos puede ayudar a conocer el estado de conservación y la historia evolutiva de las especies de abejas sin aguijón en México, y brindar información sobre algunos fenómenos actuales que pueden alterar significativamente las poblaciones naturales de abejas e incluso llevarlas a la extinción. Un ejemplo serían los procesos de hibridación asociados al movimiento de colonias, la disminución de nidos silvestres que constituyen reservorios de diversidad genética para las poblaciones silvestres y manejadas, o a migraciones naturales debido al cambio climático (Byatt *et al.*, 2016; Sánchez-Guillén *et al.*, 2016).

A pesar de los esfuerzos de muchos investigadores por conocer la diversidad y ecología de este grupo de abejas, aún es necesario profundizar en la historia natural, ecología, evolución, interacciones biológicas y la relación que tienen con el manejo de Meliponinos en nuestro país, incluyendo los valores culturales que se le otorgan, representando un campo de estudio muy fértil.

Finalmente, un aspecto que ha sido poco incluido en la investigación de los meliponinos es la polinización y sus relaciones ecológicas, así como el papel que juegan los hombres y mujeres que han resguardado y manejado a las abejas sin aguijón como parte de sus prácticas bioculturales, las cuales conllevan a prácticas que reconocen el valor de la biodiversidad y de manejo del paisaje que pueden favorecer su conservación (Hill *et al.*, 2019). Estas personas han observado y aprendido empíricamente, a lo largo de generaciones, elementos importantes de la conducta, fisiología y ecología de estos insectos (Reyes-González *et al.*, 2020; Simms & Porter-Bolland, 2021). Incorporando un enfoque de trabajo colaborativo y de participación local, se podría evidenciar información sobre el carácter hereditario de ciertos rasgos genéticos de las abejas, la diversidad genética de las poblaciones, las variaciones temporales en la recolección de recursos vegetales, el papel de ciertos cultivos como recurso melífero y la interacción entre especies de meliponinos, por mencionar algunos. Además, este conocimiento permitiría implementar estrategias y medidas adecuadas que respondan al interés y necesidad de información de las personas que mantienen esta práctica como patrimonio biocultural y que impactan en la conservación de este grupo de abejas.

LITERATURA CITADA

- Armbruster, W. S., Webster, G. L. (1979) Pollination of two species of *Dalechampia* (Euphorbiaceae) in Mexico by Euglossine Bees. *Biotropica*, 11 (4), 278–283.
<https://doi.org/10.2307/2387919>
- Arnold, N. (2018) *Catálogo de especies de Abejas sin aguijón de Oaxaca, México. En: Las Abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México*. El Colegio de la Frontera Sur: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: Rémy Benoit Marie Vandame, 147 pp. ISBN: 978-607-8429-79-0

- Arnold, N., Zepeda, R., Vásquez-Dávila, M. A., Aldasoro Maya, M. (2018) *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México con catálogo de especies*. El Colegio de la Frontera Sur: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: Rémy Benoit Marie Vandame, 147 pp. ISBN: 978-607-8429-79-0
- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., Oyama, K. (2009) Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142 (5), 1050–1057.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.016>
- Ayala, B. R. (1999) Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana*, 123 (106), 1–123.
- Ayala, R., Gonzalez, V. H., Engel, M. S. (2013) Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, distribution, and indigenous knowledge. Pp. 135–152. *En: P. Vit, S. R. M. Pedro, D. W. Roubik (Eds.). Pot-Honey. A legacy of stingless bees*. Springer Netherlands.
- Balboa Aguilar, C. C. (2010) *Diversidad de Abejas (Hymenoptera: Apoidea) de la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, México*. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur, 97 pp.
- Boff, S., Friedel, A., Mussury, R. M., Lenis, P. R., Raizer, J. (2018) Changes in social behavior are induced by pesticide ingestion in a neotropical stingless bee. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 164, 548–53.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.061>
- Brosi, B. J., Daily, G. C., Ehrlich, P. R. (2007) Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecological Applications*, 17 (2), 1–13.
<https://doi.org/10.1890/06-0029>
- Brown, J. C., de Oliveira, M. L. (2014) The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil. *Apidologie*, 42 (2), 172–188.
<https://doi.org/10.1007/s13592-013-0236-3>
- Byatt, M. A., Chapman, N. C., Latty, T., Oldroyd, B. P. (2016) The genetic consequences of the anthropogenic movement of social bees. *Insectes Sociaux*, 63 (1), 15–24.
<https://doi.org/10.1007/s00040-015-0441-3>
- Cairns, C. E., Villanueva-Gutiérrez, R., Koptur, S., Bray, D. B. (2005) Bee populations, forest disturbance, and Africanization in Mexico. *Biotropica*, 37 (4), 686–692.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00087.x>
- Calvillo, M. L., Ramírez, V. M., Parra-Tabla, V., Navarro, J. (2010) Bee diversity in a fragmented landscape of the Mexican Neotropic. *Journal of Insect Conservation*, 14 (4), 323–334.
<https://doi.org/10.1007/s10841-010-9262-x>
- Casas, A., Ladio, A. H., Clement, C. R. (2019) *Ecology and evolution of plants under domestication in the Neotropics*. Frontiers in Ecology and Evolution. Sec. Agroecology. Vol. 7.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00231>
- Cauch, O., Quezada-Euán, J. J. G., Macías-Macías, J. O., Reyes-Oregel, V., Medina-Peralta, S., Parra-Tabla, V. (2009) Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical México. *Journal of Economic Entomology*, 97 (2), 475–481.
<https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.475>
- Cely, M., Stacy, S. (2019) Local and landscape habitat influences on bee diversity in agricultural landscapes in Anolaima, Colombia. *Journal of Insect Conservation*, 23 (1), 133–146.
<https://doi.org/10.1007/s10841-018-00122-w>

- Cely-Santos, M. (2020) La diversidad biológica y biocultural como bien común. Una mirada desde las abejas. Pp. 85–106. En: D. Roca-Servat, J. Perdomo-Sánchez (Eds.). *La lucha por los comunes y las alternativas al desarrollo frente al extractivismo: Miradas desde las ecología(s) política(s) latinoamericanas*. CLACSO.
- Chávez, E. C., Daniel, E., Sánchez, L., Fuentes, Y. O., Bautista, O. H., Aguirre, L. A. (2015) Comparación de cuatro especies entomófilas sobre parámetros agronómicos del fruto de tomate de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (11), 2241–2246.
- Contreras-Escareño, F., Echazarreta, C. M. G., Guzmán-Novoa, E., Macías-Macías, J. O. (2019) Traditional knowledge and potential use of stingless bees (Hymenoptera: Meliponinae) in the Manantlán Sierra, Jalisco, Mexico. *Sociobiology*, 66 (1), 120–125.
<https://doi.org/10.13102/sociobiology.v66i1.3396>
- Cusser, S., Neff, J. L., Jha, S. (2016) Natural land cover drives pollinator abundance and richness, leading to reductions in pollen limitation in cotton agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 226, 33–42.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.020>
- Daily, G. C. (2013) *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems (1997)*. Yale University Press.
<https://doi.org/10.12987/9780300188479-039>
- De Araujo-Freitas, C. (2017) Especies de abejas sin aguijón en áreas urbanas de Yucatán. Parte I: nidos con entradas visibles. *Desde el Herbario CICY*, 9, 164–169.
- De Camargo, J. M. F. (2013) Historical biogeography of the Meliponini (Hymenoptera, Apidae, Apinae) of the Neotropical region. Pp. 19–34. En: P. Vit, S. R. M. Pedro, D. W. Roubik (Eds.). *Pot-pollen in stingless bee melittology*. Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7_2
- Do Nascimento, D. L., Nascimento, F. S. (2012) Extreme effects of season on the foraging activities and colony productivity of a stingless bee (*Melipona asilvai* Moure, 1971) in Northeast Brazil. *Psyche*, 2012, 267–361.
<https://doi.org/10.1155/2012/267361>
- Donkersley, P., Rhodes, G., Pickup, R. W., Jones, K. C., Wilson, K. (2014) Honeybee nutrition is linked to landscape composition. *Ecology and Evolution*, 4 (21), 4195–4206.
<https://doi.org/10.1002/ece3.1293>
- Escobedo-Kenefic, N., Landaverde-González, P., Theodorou, P., Cardona, E., Dardón, M. J., Martínez, O., Domínguez, C. A. (2020) Disentangling the effects of local resources, landscape heterogeneity and climatic seasonality on bee diversity and plant-pollinator networks in tropical highlands. *Oecologia*, 194 (3), 333–344.
<https://doi.org/10.1007/s00442-020-04715-8>
- Faegri, K., Van der Pijl, L. (2013) *Plants and Pollinators: The Principles of Pollination Ecology*. Second edition. Pergamon Press, London, 256 pp.
- FAOSTAT. (2020) FAOSTAT. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#home> (consultado 21 de agosto, 2022).
- Fernández de Oviedo y Valdés, G. (1851). *Historia general y natural de Las Indias: Islas y tierra-firme del mar océano 1478-1557*. Imprenta de la Real Academia de la Historia.
- Fierro, M. M., Cruz-López, L., Sánchez, D., Villanueva-Gutiérrez, R., Vandame, R. (2012) Effect of biotic factors on the spatial distribution of stingless bees (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in fragmented Neotropical habitats. *Neotropical Entomology*, 41 (2), 95–104.
<https://doi.org/10.1007/s13744-011-0009-5>

- Francisco, F. O., Brito, R. M., Santiago, L. R., Gonçalves, P. H. P., Pioker, F. C., Domingues-Yamada, A. M. T., Arias, M. C. (2011) Isolation and characterization of 15 microsatellite loci in the stingless bee *Plebeia remota* (Apidae: Meliponini). *Conservation Genetics Resources*, 3 (3), 417–419.
<https://doi.org/10.1007/s12686-010-9369-0>
- Freitas, B. M., Imperatriz-Fonseca, V. L., Medina, L. M., Kleinert, A. de M. P., Galetto, L., Nates-Parra, G., Quezada-Euán, J. J. G. (2009) Diversity, threats, and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40 (3), 332–346.
<https://doi.org/10.1051/apido/2009012>
- Fuenmayor, C. A., Díaz-Moreno, A. C., Zuluaga-Domínguez, C. M., Quicazán, M. C. (2013) Honey of Colombian stingless bees: Nutritional characteristics and physicochemical quality indicators. Pp. 383–394. *En*: P. Vit, S. R. M. Pedro, D. W. Roubik (Eds.). *Pot-pollen in stingless bee mellitology*. Springer Netherlands.
- Garibaldi, L. A., Requier, F., Rollin, O., Andersson, G. K. (2017) Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. *Current Opinion in Insect Science*, 21 (1), 105–114.
<https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.05.016>
- GBIF.org (2020) GBIF Occurrence Download. Disponible en: <https://doi.org/10.15468/dl.eqxqu4> (consultado 21 de agosto, 2022).
- González-Acereto, J. A. (2012) La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrobiencias*, 5 (1), 34–42.
- Grajales-Conesa, J., Meléndez-Ramírez, V., Cruz-López, L., Sánchez, D. (2013) Native bees in blooming orange (*Citrus sinensis*) and lemon (*C. limon*) orchards in Yucatán, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 29 (2), 437–440.
<https://doi.org/10.21829/azm.2013.2921124>
- Greenleaf, S. S., Williams, N. M., Winfree, R., Kremen, C. (2007) Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153 (3), 589–596.
<https://doi.org/10.1007/s00442-007-0752-9>
- Griswold, T., Ascher, J. S., Ayala, R., Enriquez, E., Escobedo Kenefic, N., Sargot, P., Vandame, R., Wilson, J. (2018) Patterns of native bee diversity across Mesoamerica: What do we know? Where are the gaps? Pp. 15–19. *En*: *Memorias del X congreso mesoamericano sobre abejas nativas*. Centro de Estudios Conservacionistas Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hill, R., Nates-Parra, G., Quezada-Euán, J. J. G., Buchori, D., LeBuhn, G., Maués, M. M., Pert, P. L., Kwapong, P. K., Saeed, S., Breslow, S. J., Carneiro da Cunha, M., Dicks, L. V., Galetto, L., Gukungu, M., Howlett, B., Imperatriz-Fonseca, V. L., Liver, P.O'B., Martín-López, B., Oeros-Rozas, E., Potts, S. G., Roué, M. (2019) Biocultural Approaches to Pollinator Conservation. *Nature Sustainability*, 2 (3), 214–22.
<https://doi.org/10.1038/s41893-019-0244-z>
- Hurtado-Burillo, M. (2018) Caracterización molecular y morfométrica del género *Scaptotrigona* (Apidae: Meliponini) en Mesoamérica [PhD Thesis]. Universidad de Murcia.
- Hurtado-Burillo, M., Martínez, J., May-Itzá, W. de J., Quezada-Euán, J. J. G., de la Rúa, P. (2014) Estudio de microsatélites en las abejas sin aguijón. *Archivos de Zootecnia*, 63 (241), 145–151.
<https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922014000100014>
- Hurtado-Burillo, M., May-Itzá, W. de J., Quezada-Euán, 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>
- Hurtado-Burillo, M., Ruiz, C., May-Itzá, W. de J., Quezada-Euán, 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.
<https://doi.org/10.1007/s13592-012-0146-9>
- IPBES (2016) *The assessment report of the Intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services on pollinators, pollination and food production*. S. G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo (Eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Ish-am, G., Barrientos-Priego, F., Castaneda-Vildozola, A., Gazit, S. (1999) Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 137–143.
- Jaffé, R., Pope, N., Acosta, A. L., Alves, D. A., Arias, M. C., De la Rúa, P., Francisco, F. O., Giannini, T. C., González-Chaves, A., Imperatriz-Fonseca, V. L., Tavares, M. G., Jha, S., Carvalheiro, L. G. (2016) Beekeeping practices and geographic distance, not land use, drive gene flow across tropical bees. *Molecular Ecology*, 25 (21), 5345–5358.
<https://doi.org/10.1111/mec.13852>
- Jiménez D. J. (2019) Propiedades químicas de la miel producida por *Scaptotrigona mexicana* (Guérin-Meneville) (Apidae: Meliponini) y su importancia socioeconómica para los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.
- Kearns, C. A., Inouye, D. W., Waser, N. M. (1998) Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 83–112.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83>
- Kennedy, C. M., Lonsdorf, E., Neel, M. C., Williams, N. M., Ricketts, T. H., Winfree, R., Bommarco, R., Brittain, C., Burley, A. L., Cariveau, D., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Cunningham, S. A., Danforth, B. N., Dudenhöffer, J., Elle, E., Gaines, H. R., Garibaldi, L. A., Gratton, C., Hlzs Schuh, A., Isaacs, R., Javorek, S. K., Jha, S. L., Klein, A. A. M., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mafield, M. M., Morndin, L., Neame, L. A., Otieno, M., Park, M., Potts, S. G., Rundlöf, M., Saez, A., Steffan-Deenter, I., Taki, H., Viana, B. F., Estphal, C., Wilson, J. K., Greenleaf, S. S., Kremen, C. (2013) A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, 16 (5), 584–599.
<https://doi.org/10.1111/ele.12082>
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D. P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E. E., Greenleaf, S. S., Keitt, T. H., Klein, A. M., Regetz, J., Ricketts, R. H. (2007) Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10 (4), 299–314.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>
- Landaverde-González, P., Quezada-Euán, J. J. G., Theodorou, P., Murray, T. E., Husemann, M., Ayala, R., Moo-Valle, H., Vandame, R., Paxton, R. J. (2017) Sweat bees on hot chillies: Provision of pollination services by native bees in traditional slash-and-burn agriculture in the Yucatán Peninsula of tropical Mexico. *Journal of Applied Ecology*, 54 (6), 1814–1824.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.12860>

- Lozier, J. D., Zayed, A. (2017) Bee conservation in the age of genomics. *Conservation Genetics*, 18 (3), 713–729.
<https://doi.org/10.1007/s10592-016-0893-7>
- Macías-Macías, O., Chuc, J., Ancona-Xiu, P., Cauich, O., Quezada-Euán, J. J. G. (2009) Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera: Apoidea) to Solanaceae crop pollination in tropical Mexico. *Journal of Applied Entomology*, 133 (6), 456–465.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01399.x>
- Macías-Macías, J. O., Quezada-Euán, J. J. G., Contreras-Escareño, F., Tapia-Gonzalez, J. M., Moo-Valle, H., Ayala, R. (2011) Comparative temperature tolerance in stingless bee species from tropical highlands and lowlands of Mexico and implications for their conservation (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Apidologie*, 42 (6), 679–689.
<https://doi.org/10.1007/s13592-011-0074-0>
- Martínez-Hernández, E., Cuadrillero-Aguilar, J., Téllez-Valdez, O., Ramírez-Arriaga, E., Sosa, N. S., Melchor, S. J., Medina, C. M., Lozano, G. S. (1993) *Atlas de las plantas y el polen utilizados por las cinco especies principales de abejas productoras de miel en la región del Tacana, Chiapas, México*. Publicación especial del Instituto de Geología. Universidad Autónoma de México, 100 pp.
- Martínez-López, O., Koch, J. B., Martínez-Morales, M. A., Navarrete-Gutiérrez, D., Enríquez, E., Vandame, R. (2021) Reduction in the potential distribution of bumble bees (Apidae: *Bombus*) in Mesoamerica under different climate change scenarios: Conservation implications. *Global Change Biology*, 27 (9), 1772–1787.
<https://doi.org/10.1111/gcb.15559>
- May-Itzá, J. W., Quezada-Euán, J. J. G., Ayala, R., de la Rúa, P. (2012) Morphometric and genetic analyses differentiate Mesoamerican populations of the endangered stingless bee *Melipona beecheii* (Hymenoptera: Meliponidae) and support their conservation as two separate units. *Journal of Insect Conservation*, 16 (5), 723–731.
<https://doi.org/10.1007/s10841-012-9457-4>
- Mayes, D. M., Bhatta, C. P., Shi, D., Brown, J. C., Smith, D. R. (2019) Body size influences stingless bee (Hymenoptera: Apidae) communities across a range of deforestation levels in Rondônia, Brazil. *Journal of Insect Science*, 19 (2), 1–7.
<https://doi.org/10.1093/jisesa/iez032>
- Meléndez, R. V., Ayala, R., Delfín, G. H. (2016) Temporal variation in native bee diversity in the tropical sub-deciduous forest of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 9 (2), 718–734.
<https://doi.org/10.1177/194008291600900210>
- Michener, C. D. (2007) *The bees of the world, 2 edition*. The Johns Hopkins University Press; Baltimore, USA, 953 pp.
- Nates-Parra, G., Palacios, E., Parra-H, A. (2008) Effect of landscape change on the structure of the sting-less bee community (Hymenoptera: Apidae) in Meta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 56 (3), 1295–1308.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.5711>
- Obregón, H. F., Arzaluz, A. G. (2002) Influencia del cerumen en la propagación de la abeja sin aguijón *Scaptotrigona mexicana* Guérin (Hymenoptera: Apidae, Meliponinae). *Folia Entomológica Mexicana*, 41 (1), 7–13.
- Ollerton, J. (2017) Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48 (1), 353–376.

- <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919>
- Ollerton, J., Winfree, R., Tarrant, S. (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120 (3), 321–326.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Palma, G., Quezada-Euán, J. J. G., Meléndez-Ramírez, V., Irigoyen, J., Valdovinos-Nuñez, G. R., Rejón, M. (2008) Comparative efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and mechanical vibration on fruit production of enclosed habanero pepper. *Journal of Economic Entomology*, 101 (1), 132–138.
[https://doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[132:CEONPB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[132:CEONPB]2.0.CO;2)
- Plant, J. D., Paulus, H. F. (2016) *Evolution and Phylogeny of Bees*. Schweizerbart Science Publishers. Zoologica, 161, 364 pp. ISBN 978-3-510-55048-7. Disponible en: https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510550487/Zoologica_Vol_161?af=featured (consultado 21 de agosto, 2022).
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W. E. (2010) Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25 (6), 345–353.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>
- Quezada-Euán, J. J. G. (2018). *Stingless bees of Mexico: The biology, management and conservation of an ancient heritage*. Springer Cham.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-77785-6>
- Quezada-Euán, J., Ayala-Barajas, R. (2010) Abejas nativas de México. La importancia de su conservación. *Ciencia y Desarrollo*, 36, 8–13.
- Quezada-Euán, J. J. G., May-Itzá, W. de 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 (6), 433–443.
<https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00179.x>
- Quezada-Euán, J. J. G., Paxton, R. J., Palmer, K. A., Itzá, W. D. J. M., Tay, W. T., Oldroyd, B. P. (2007) Morphological and molecular characters reveal differentiation in a Neotropical social bee, *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini). *Apidologie*, 38 (3), 247–258.
<https://doi.org/10.1051/apido:2007006>
- Ramalho, M., Kleinert-Giovannini, A., Imperatriz-Fonseca, V. L. (1990) Important bee plants for stingless bees (Melipona and Trigonini) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. *Apidologie*, 21, 469–488.
<https://doi.org/10.1051/apido:19900508>
- Ramírez-Arriaga, E., Martínez-Hernández, E. M. H. (2007) Melitopalynological characterization of *Scaptotrigona mexicana* Guérin (Apidae: Meliponini) and *Apis mellifera* L. (Apidae: Apini) honey samples in Northern Puebla State, Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80 (4), 377–391. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/25086404> (consultado 21 de agosto, 2022).
- Ramírez-Segura, O., Jones, R. W. (2016) Insects Pollinators in urban environments: Perspectives of their study in Mexico. *Entomología Mexicana*, 3, 183–190.
- Ramírez Arriaga, E., Lozano García, M. D. S., Cuadriello Aguilar, J. I. (1995) Estrategias de pecoreo de *Plebeia* sp. (Apidae), basado en análisis melisopalinológico y en parámetros ecológicos. Pp. 113–154. En: F. Sánchez Martínez, M. S. Xelhuantzi-López (Comp.). *Investigaciones Recientes en paleobotánica y palinología*. Publicación Especial, Serie Arqueología, I.N.A.H.

- Ramírez-Arriaga, E., Pacheco-Palomo, K. G., Moguel-Ordoñez, Y. B., Zepeda García Moreno, R., Godínez-García, L. M. (2018) Angiosperm resources for stingless bees (Apidae, Meliponini): a pot-pollen melittopalynological study in the Gulf of Mexico. Pp. 111–130. *En: P. Vit, S. R. M. Pedro, D. W. Roubik (Eds.). Pot-pollen in stingless bee melittology*. Springer Netherlands.
- Razo-León, A. E., Vásquez-Bolaños, M., Muñoz-Urias, A., Huerta-Martínez, F. M. (2018) Changes in bee community structure (Hymenoptera, Apoidea) under three different land-use conditions. *Journal of Hymenoptera Research*, 66, 23–38.
<https://doi.org/10.3897/jhr.66.27367>
- 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.
<https://doi.org/10.1007/s10745-020-00167-z>
- Ricketts, T. H. (2004) Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*, 18 (5), 1262–1271.
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00227.x>
- Romero, M. J., Quezada-Euán, J. J. G. (2013) Pollinators in biofuel agricultural systems: The diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. *Apidologie*, 44 (4), 419–429.
<https://doi.org/10.1007/s13592-013-0193-x>
- Roubik, D. W. (1982) Seasonality in colony food storage, brood production and adult survivorship: studies of *Melipona* in tropical forest (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 55, 789–800. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/25084360> (consultado 21 de agosto, 2022).
- Sánchez-Guillén, R. A., Córdoba-Aguilar, A., Hansson, B., Ott, J., Wellenreuther, M. (2016) Evolutionary consequences of climate-induced range shifts in insects: Evolutionary consequences of range shifts. *Biological Reviews*, 91 (4), 1050–1064.
<https://doi.org/10.1111/brv.12204>
- Santiesteban, A. (1994) Características físicas y químicas de las mieles de cinco especies de abejas *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, *Scaptotrigona pachysoma*, *Tetragona jaty* y *Plebeia* sp. (Hymenoptera: Apidae) colectadas en el municipio de Unión Juárez, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- Senapathi, D., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Kleijn, D., Potts, S. G., Carvalheiro, L. G. (2015) Pollinator conservation -The difference between managing for pollination services and preserving pollinator diversity. *Current Opinion in Insect Science*, 12, 93–101.
<https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.11.002>
- Simms, S. R., Porter-Bolland, L. (2021) Local ecological knowledge of beekeeping with stingless bees (Apidae: Meliponini) in Central Veracruz, Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 61 (5), 717–729.
<https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1965400>
- Slaa, E. J., Sánchez Chaves, L. A., Malagodi-Braga, K. S., Hofstede, F. E. (2006) Stingless bees in applied pollination: Practice and perspectives. *Apidologie*, 37 (2), 293–315.
<https://doi.org/10.1051/apido:2006022>
- Solórzano-Gordillo, E. D. J., Cabrera-Marín, N. V., Mérida, J., Marie Vandame, R. B., Sánchez, D. (2015) Genetic diversity of two stingless bees, *Trigona nigerrima* (Cresson 1878) and *Trigona corvina* (Cockerell 1913), in coffee dominated landscapes in southern Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 31 (1), 74–79.

- <https://doi.org/10.21829/azm.2015.311507>
- Sosenski, P., Domínguez, C. A. (2018) El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89 (3), 961–970.
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2168>
- Steffan-Dewenter, I., Potts, S. G., Packer, L., Ghazoul, J. (2005) Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, 20 (12), 651–652.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.09.004>
- Torres-Ruiz, A., Jones, R. W., Barajas, R. A. (2013) Present and potential use of bees as managed pollinators in Mexico 1. *Southwestern Entomologist*, 38 (1), 133–147.
<https://doi.org/10.3958/059.038.0102>
- Vergara, C. H., Fonseca-Buendía, P. (2012) Pollination of greenhouse tomatoes by the Mexican bumblebee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Pollination Ecology*, 7, 27–30.
[https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2012\)1](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2012)1)
- Vides-Borrell, E., Porter-Bolland, L., Ferguson, B. G., Gasselin, P., Vaca, R., Valle-Mora, J., Vandame, R. (2019) Polycultures, pastures and monocultures: Effects of land use intensity on wild bee diversity in tropical landscapes of southeastern Mexico. *Biological Conservation*, 236, 269–280.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.025>
- Vit, P., Enriquez, E., Barth, O. M., Matsuda, A. H., Almeida-Muradian, L. B. (2006) Necesidad del control de calidad de la miel de abejas sin aguijón. *MedULA*, 15 (2), 36–42.
- Vit, P., Pedro, S. R. M., Roubik, D. W. (2013) *Pot-Honey: Alegacy of stingless bees*. Springer, 654 pp.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- Yáñez-Ordoñez, O., Ortega, M. T., Bousquets, J. L. (2008) Distribution patterns of species of the Meliponini (Hymenoptera: Apoidea: Apidae) tribe in Mexico. *Interciencia*, 33 (1), 41–45.
- Yurrita, C. L., Ortega-Huerta, M. A., Ayala, R. (2017) Distributional analysis of *Melipona* stingless bees (Apidae: Meliponini) in Central America and Mexico: Setting baseline information for their conservation. *Apidologie*, 48 (2), 247–258.
<https://doi.org/10.1007/s13592-016-0469-z>
- Zayed, A. (2009) Bee genetics and conservation. *Apidologie*, 40 (3), 237–262.
<https://doi.org/10.1051/apido/2009026>