

## Review [Revisión]



# DIVERSIDAD Y ECOLOGÍA DE ABEJAS, AVISPAS DEPRADORAS Y MARIPOSAS: APORTACIONES DEL CCBA-UADY †

## [DIVERSITY AND ECOLOGY OF BEES, PREDATORY WASPS AND BUTTERFLIES: CONTRIBUTIONS FROM CCBA-UADY]

Virginia Meléndez-Ramírez\*, Hugo Delfín-González, Pablo Manrique-Saide, Juan Chablé-Santos and Celia Sélem-Salas

*Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán, Carretera Mérida-Xmatkuil km. 15.5, C.P. 97315, Mérida, Yucatán, México. Email: virginia.melendez@correo.uady.mx*

*\*Corresponding author*

### SUMMARY

**Background.** The diversity and ecology of various groups of insects has not yet been fully studied in Mexico. **Objective.** Present a review of the contributions to science, which have been made on the diversity and ecology of bees, predatory wasps and butterflies. **Methodology.** The contributions of scientific articles and book chapters (33) of the Department of Zoology of the Campus of Biological and Agricultural Sciences of the Autonomous University of Yucatán were reviewed. **Main findings.** There is greater knowledge about the diversity of species including new registers, complementary contributions include ecological topics of the species on the lifestyles or eating habits and nesting sites of the species and there are studies about floral fragrances. In addition, in bees, there are contributions on the temporal variation in diversity, the effects of natural and human disturbances on the diversity of species. **Implications.** The knowledge generated is essential to establish conservation strategies due to the importance of these insects as key species in ecosystems. **Conclusion.** The contributions to science are mainly studies on biodiversity, additionally to some contributions from the ecology of the species, which are important for proposals for the sustainable management and conservation of pollinators species, pest controllers, bioindicators and for the study of species as a window to climate change.

**Keywords.** Bee; predatory wasps; butterflies; diversity; ecology; Mexico.

### RESUMEN

**Antecedentes.** La diversidad y ecología de varios grupos de insectos aún no ha sido totalmente estudiada en México. **Objetivo.** Presentar una revisión de las contribuciones a la ciencia, que se han realizado sobre la diversidad y ecología de abejas, avispas depredadoras y mariposas. **Metodología.** Se revisaron las contribuciones de artículos científicos y capítulos de libros (33) del Departamento de Zoología del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad Autónoma de Yucatán. **Aportaciones principales.** Existe mayor conocimiento acerca de la diversidad de especies incluyendo nuevos registros, complementariamente las contribuciones incluyen temas ecológicos sobre los estilos de vida o hábitos alimenticios y sitios de anidación de las especies, y hay estudios ecológicos acerca de aromas florales. Además, en abejas, hay aportaciones sobre la variación temporal en la diversidad, los efectos de perturbaciones naturales y humanas en la diversidad de especies. **Implicaciones.** Los conocimientos generados son esenciales para establecer estrategias de conservación por la importancia de estos insectos como especies claves en los ecosistemas. **Conclusión.** Las contribuciones a la ciencia principalmente son estudios sobre biodiversidad, además de algunas aportaciones de la ecología de las especies, los cuales son importantes para propuestas de manejo sostenible y conservación de especies polinizadoras, controladoras de plagas, bioindicadoras y para el estudio de especies como una ventana al cambio climático.

**Palabras clave.** Abejas; avispas depredadoras; mariposas; diversidad; ecología; México.

† Submitted July 16, 2021 – Accepted August 20, 2021. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License.  
ISSN: 1870-0462.

## INTRODUCCIÓN

La clase Insecta es la más diversa y abundante sobre la tierra, con más de un millón de especies descritas y 5.5 millones de especies estimadas (Stork 2018). Los insectos son de alta importancia ecológica, por sus distintos roles en los ecosistemas como recicladores de materia orgánica, polinizadores de plantas silvestres, reguladores de poblaciones de otros insectos y dispersores de semillas. Además, tienen importancia agrícola por su contribución en los procesos del suelo, como polinizadores de diversos cultivos, como plagas y otros como controladores de plagas. También tienen importancia en salud pública humana y veterinaria como vectores de enfermedades.

En México se ha avanzado en el estudio de los insectos debido al esfuerzo de varios entomólogos, sin embargo, la enorme cantidad de especies conocidas y las que faltan por registrar implica mucho trabajo aún por realizar. En el Departamento de Zoología, de la Universidad Autónoma de Yucatán, desde hace más de dos décadas se han realizado varias investigaciones principalmente en el estado de Yucatán, pero también se ha contribuido en el estudio de insectos en otras regiones. Los estudios se han enfocado, principalmente en la diversidad de los Ordenes Hymenoptera, Díptera, Coleoptera y Lepidoptera, los cuales son de los órdenes más diversos del mundo y de México. El Orden Hymenoptera es el más estudiado, incluyendo a las Superfamilias Apoidea, Vespoidea, Ichneumonoidea y Chalcidoidea. La Superfamilia Apoidea incluye a las abejas, polinizadores importantes, y algunas familias de avispas depredadoras (Crabronidae y Sphecidae). Sin embargo, otras avispas depredadoras pertenecen a la Superfamilia Vespoidea (Pompilidae y Vespoidea), y son insectos que regulan las poblaciones de otros insectos en los ecosistemas. Las mariposas, diurnas y nocturnas, conforman el Orden Lepidoptera, varias especies como adultos son polinizadores y algunas son plagas de diversos cultivos, en la etapa larvaria.

El conocimiento en la diversidad de especies brinda las bases para otro tipo de investigaciones, las cuales han tomado mucho interés por su importancia en el manejo sostenible y la conservación de la biodiversidad. Es conocido que las abejas son los principales polinizadores de las plantas con flores y se promueve el estudio de la diversidad de especies en los ecosistemas y agroecosistemas (Meléndez *et al.*, 2002). La cantidad de especies que contribuyen a la polinización es numerosa. En los trópicos las especies nativas sociales, como los meliponinos o abejas sin aguijón son las más comunes e importantes en la polinización de cultivos (Ayala 2013, Ayala y Meléndez 2017, Meléndez *et al.*, 2002, 2018c). La ecología de la polinización toma relevancia en las

regiones tropicales, donde tiene mayor importancia la polinización por animales (Ollerton *et al.*, 2011). La polinización es una interacción ecológica de tipo mutualista en donde las plantas atraen con diversos atractivos y recompensas florales a los polinizadores, y estos transportan el polen en la misma flor y entre flores. Algunas investigaciones han estudiado atractivos como los aromas florales (Grajales *et al.*, 2011, 2012 y 2013), la polinización con aromas que atraen insectos específicos (Burguees *et al.*, 2004) y los aromas de flores de plantas cultivadas como los cítricos (Grajales *et al.*, 2012). Además, se han analizado interacciones entre abejas en cultivos de cucurbitáceas (Pinkus *et al.*, 2005).

Las abejas presentan diferentes patrones de actividad temporal lo que las hace ideales para identificar los cambios en su diversidad con las diferentes condiciones climáticas, los cambios debido a fenómenos naturales (Meléndez *et al.*, 2016) o incluso debido a perturbaciones humanas (Meléndez *et al.*, 2013) y pueden servir como bioindicadores del estado de conservación de los ecosistemas (Reyes *et al.*, 2009b, Meléndez *et al.*, 2014), además se han propuesto como una ventana para observar los efectos del cambio climático (Vit *et al.*, 2018). De esta forma, en esta revisión se presentan las aportaciones a la ciencia sobre la diversidad de especies de abejas, avispas depredadoras y mariposas, contribuciones ecológicas y sobre los efectos de las condiciones ambientales cambiantes en la diversidad de especies, que pueden aplicarse para implementar estrategias en la conservación de la biodiversidad y el manejo sostenible.

Es importante mencionar que los estudios de la diversidad de especies requieren de colecciones científicas para su resguardo y consulta constante. Desde que el Departamento de Zoología comenzó a hacer investigaciones en entomología (1993) se inició el desarrollo de una colección capaz de alojar el material proveniente de los distintos proyectos de investigación, ninguna institución había desarrollado nada de este tipo en el estado de Yucatán. Aunque posteriormente algunas instituciones incursionaron en el desarrollo de colecciones, hoy la Colección Entomológica Regional de la UADY es la colección más importante del estado. Una sección importante de esta colección son los ejemplares de abejas, avispas y mariposas que incluye una muestra muy amplia de las especies conocidas principalmente del estado de Yucatán, con información de las localidades donde han sido registradas las especies e información adicional como plantas de alimentación, periodos de actividad, métodos de captura, etc. (Meléndez *et al.*, 2015).

## Diversidad de especies

### Abejas (Hymenoptera-Apoidea)

Las abejas son los polinizadores más importantes de plantas silvestres y cultivadas, y las abejas nativas se reconocen como las más importantes (Meléndez *et al.*, 2002, Garibaldi *et al.*, 2011, Ayala y Meléndez, 2017). La Superfamilia Apoidea (serie Apiformes) contiene siete familias de abejas y en México se encuentran seis de estas (Michener, 2007). La diversidad de estos insectos había sido poco estudiada en varias regiones de México y la Península de Yucatán había sido de las zonas menos investigadas. Así, para el estado de Yucatán solo se conocían 69 especies (Ayala *et al.*, 1996). En el estado, el primer estudio con muestreos sistemáticos se realizó a nivel de paisaje en cuatro tipos de vegetación, en la Área Natural protegida (ANP) Ría Lagartos, de competencia federal, y una localidad cercana (Novelo *et al.*, 2003). El aporte más importante fue que se encontró a nivel de paisaje 140 especies y morfoespecies, poco más del doble de las especies conocidas, muchas fueron nuevos registros (37) para el estado.

Las ANPs tiene como objetivo principal conservar la biodiversidad y en estas áreas las investigaciones son esenciales. El estudio de la biodiversidad de abejas de seis ANPs en Yucatán, incrementó el conocimiento de la diversidad de abejas en estas áreas (Reyes *et al.*, 2009a). En este trabajo se obtuvo un registro total de 130 especies y morfoespecies de abejas, con 32 nuevos registros para Yucatán. Con ello, ahora para el estado se reconocen 172 especies, incluyendo morfoespecies. Los géneros con más especies fueron *Megachile* y *Lassioglossum* en ambos estudios, y en las contribuciones se reportan la riqueza de especies por tipo de vegetación o ANP. Sin embargo, aún se requiere más investigaciones en estas áreas ya que contienen varios tipos de vegetación, por ello se sugiere que la riqueza de especies podría ser mayor, se estima en más de 200 para el estado de Yucatán.

Las investigaciones en ANPs apoyan la tendencia de la diversidad de abejas en los trópicos, las cuales indica que las familias Apidae y Halictidae son abundantes y dominantes (Roubik, 1992), estas familias contienen varias especies eusociales (verdaderas sociales) que viven en colonias con numerosos individuos (Michener, 2007), aunque la familia Megachilidae presenta también alta riqueza de especies, sin embargo, son abejas solitarias con menor abundancia que las eusociales. También, se observa que las comunidades, como se ha indicado en otros estudios (e.g. Heithaus, 1979), presentan numerosas especies demográficamente raras (pocos individuos). Además, las comunidades difieren en la composición de especies y existen especies únicas

para cada área o tipo de vegetación, indicando alto recambio de especies. En estas contribuciones en las ANPs, de manera complementaria se incluye información ecológica como los estilos de vida de las especies y los sitios de anidación (Tabla 1), donde se evidencia que más del 80% de las especies son solitarias o parasociales, y más del 70% anidan en el suelo o en cavidades preexistentes, esta información es valiosa para establecer estrategias de conservación. Como se ha indicado, las ANPs son de suma importancia para conservar la biodiversidad y para difundir la biodiversidad que protegen, desde 2014 fue que se inició el estudio de las comunidades de abejas de las ANPs de competencia estatal en el estado de Yucatán. A la fecha, se han publicado los trabajos de las ANPs: Dzilám (Meléndez *et al.*, 2017), Dzilbilchaltún (Meléndez *et al.*, 2018a) y El Palmar (Meléndez *et al.*, 2018b), en capítulos de libros especializados.

En la ecología de la polinización, los aromas florales que atraen a los polinizadores son uno de los atractivos con alta importancia para los polinizadores (Grajales *et al.*, 2011), se han estudiado en plantas silvestres, en donde las flores tienen mecanismos complejos en el proceso de la polinización. Por ejemplo en *Aristolochia grandiflora* en los Tuxtlas, Veracruz, se presenta el síndrome de la sapromiofilia para que se lleve a cabo la polinización (Burgess *et al.*, 2004). Ésta es una interacción en la cual las flores de esta planta son una trampa que engaña a sus visitantes con un fuerte olor a carroña incluyendo dípteros, coleópteros, himenópteros y homópteros. Los polinizadores más efectivos son dípteros en su mayoría califóridos que quedan atrapados el primer día y escapan en el segundo día de la antesis (apertura de la flor), cargando el polen que transportarán y depositarán en otra flor. Así, con las bases en el conocimiento de la diversidad de especies, se han realizado estudios ecológicos. En plantas cultivadas, en particular en limón y naranja, se investigó la composición química de los aromas florales y sus efectos sobre el comportamiento de búsqueda de alimento de las abejas nativas sin aguijón *Scaptotrigona pectoralis* (Grajales *et al.*, 2012) en Mérida, Yucatán. Se observó que cada tipo de flor tiene su propia mezcla específica de compuestos principales, con aromas agradables y atractivos para las abejas. De esta forma, se generaron conocimientos básicos para el uso de fragancias florales que pueden hacer más eficiente el manejo sostenible para la polinización con abejas nativas locales.

En el proceso de la polinización, las interacciones ecológicas entre abejas pueden tener un papel fundamental para la colecta de polen y su deposición en las flores, en general el análisis de solapamiento de nicho en cultivos ha aportado evidencias que las diferentes especies de abejas no utilizan simultáneamente los recursos florales (Pinkus *et al.*,

2005). Sin embargo, cuando se cuantifican las interacciones entre abejas, surge una jerarquía entre las especies, siendo las abejas exóticas *Apis mellifera* (abejas melíferas) una de las especies con más encuentros ganadores en las flores de cultivos de cucurbitáceas en Mérida, Yucatán, estas abejas no son las más eficientes en la polinización y por ello se recomienda, como en otros estudios (Tepedino *et al.*, 1981), que no es necesario introducir a *A. mellifera* en los cultivos, si la abundancia de las especies de abejas nativas es suficiente para asegurar una producción eficiente de frutos y con ello evitar que *A. mellifera* desplace de los recursos florales a las abejas nativas. Por ejemplo, en los campos citrícolas de Yucatán se observó alta abundancia de *A. mellifera* (Grajales *et al.*, 2013), desplazando a las abejas nativas de los recursos florales.

**Tabla 1. Estilos de vida y sitios de anidación de las abejas nativas en ANPs del estado de Yucatán en México.**

Estilos de vida (a)	%	Sitios de anidación (b)	%
Solitarias	30	Suelo	37
Parasociales	51	Cavidad preexistente	37
Eusociales	8	Madera	12
Cleptoparasitas	11	Hospedero	14

De acuerdo a Michener 1974, 2007 y actualizado de (a) Novelo *et al.* (2003) y (b) Novelo *et al.* (2009).

#### **Avispas depredadoras (Hymenoptera-Apoidea y Vespoidea)**

Las avispas depredadoras juegan un papel importante en los ecosistemas ya que regulan las poblaciones de otros insectos y además podrían ser usadas como controladores biológicos (Vanoye *et al.*, 2014, Ayala y Meléndez 2017). Desde el punto de vista ecológico y evolutivo, es posible explicar las interacciones depredador-presa y las presiones selectivas entre las especies, además de los mecanismos evolutivos y la definición de nichos ecológicos de depredadores generalistas y especialistas (Evans 1963, Genise 1986, Sarmiento 1993). Las familias de avispas que se encuentran dentro de la Superfamilia Apoidea, Crabronidae y Sphecidae, junto con otras dos familias de la Superfamilia Vespoidea, Pompilidae y Vespidae, incluyen numerosas especies de avispas depredadoras. La primera aportación sobre la diversidad de estas avispas se realizó con una revisión (Vanoye *et al.*, 2014) la cual reúne el conocimiento actual de las avispas depredadoras de la Península de Yucatán. Se incluye información general sobre la riqueza de especies a nivel mundial, regional y de México y se pueden observar la conducta pedotrófica

de las hembras, las cuales depositan presas en su nido para alimentar a sus crías, la conducta de anidación y el estilo de vida. Las conductas de anidación son de importancia evolutiva ya que puede explicar cómo la selección natural favorece los rasgos asociados con un comportamiento particular de anidación de las avispas (Morato y Martins 2006).

La revisión mostró que habían sido registradas para la Península de Yucatán 78 especies, la familia Vespidae presentó el mayor número de especies y Sphecidae tuvo la menor riqueza. Es notorio que la mayoría de las especies conocidas han sido registradas en el estado de Yucatán y solo algunas en Campeche y Quintana Roo. Otros estudios de las cuatro familias de avispas depredadoras se han efectuado en un tipo de vegetación de seis Áreas Naturales Protegidas (ANPs) en el estado de Yucatán (Vanoye *et al.*, 2015) y se ha contrastado la diversidad de especies en los dos tipos de selvas principales de Yucatán, la selva baja caducifolia y la selva mediana subcaducifolia (Vanoye *et al.*, 2019). En las ANPs se registraron 78 especies y morfoespecies, se aportan 26 especies como nuevos registros para Yucatán y para la Península de Yucatán y en las selvas se identificaron 68 especies y morfoespecies, encontrando 10 nuevos registros de especies más para Yucatán.

En ANPs las familias Vespidae y Pompilidae tuvieron la mayor riqueza de especies y Crabronidae y Sphecidae tuvieron la menor. Las áreas con el mayor número de especies fueron Yalahau y Tabi, la similitud en la composición de especies fue baja entre las ANPs, lo que indica que cada una de estas áreas es importante en términos de conservación ya que tienen muchas especies únicas, como se observa en otros grupos de Hymenoptera (Reyes *et al.*, 2009b). En el estudio fue importante notar que las especies *Cerceris azteca*, *Liris mexicanus* (Crabronidae), *Anoplius amethystinu*, *Aporinellus taeniatus*, *Psorthaspis formosa*, *Techypompilus unicolor cerinus* (Pompilidae) y *Polybia diguetana* (Vespidae) se registraron en casi todas las ANPs, con distribución que incluye diferentes ecosistemas neotropicales (Vanoye *et al.*, 2015).

En la comparación de las selvas principales de Yucatán (Vanoye *et al.*, 2019), se observó la mayor abundancia y riqueza de especies en la selva baja caducifolia y la menor en la selva mediana subcaducifolia, sin embargo, los estimadores de riqueza indican que se requieren más muestreos en ambos tipos de vegetación. En la selva baja caducifolia se encontró que Crabronidae fue la familia con mayor riqueza y Pompilidae la de mayor abundancia. No hubo diferencias en la riqueza de especies y en la abundancia, entre temporadas del año, pero la composición de especies tuvo baja

similitud, y algunas especies fueron exclusivas en cada temporada. La conducta pedotrófica de estas avispas incluye varias especies de insectos, orugas y arañas, mientras que la anidación más frecuente son nidos construidos en el suelo y los que son elaborados

con arcilla que colocan en diferentes superficies, y son comunes avispas de hábitos solitarios y sociales (Tabla 2), información ecológica importante para diseñar estrategias de conservación y para su uso en el control biológico.

**Tabla 2. Familias de avispas depredadores (AD), Ordenes y Familias de su conducta pedotrófica (CP), conducta de anidación (CA), Estilos de vida (EV), en la Península de Yucatán, de acuerdo con Vanoye *et al.* (2014).**

Familia (AD)	Orden (CP)	Familia (CP)	CA	EV
Pompilidae	Araneae	Lycosidae Araneae Theraphosidae Araneidae Migidae	Suelo-Nido de araña	Solitarias
Vespidae	Lepidoptera	Gracillariidae Alucitidae larvas	Nido de barro Nido de papel Cavidad preexistente	Solitarias Sociales
	Coleoptera	Necrofagas larvas	Nido de araña	
Sphecidae	Araneae	Araneidae	Nido de araña	Solitarias
	Orthoptera	Acrididae Gryllidae Hesperidae Notodontidae	Nido de arcilla	Comunales Eusociales
Crabronidae	Coleoptera	Buprestidae Chrysomelidae Curculionidae	Nido de araña Nido de arcilla	Solitarias Comunal Eusociales
	Orthoptera	Gryllidae Tettigonidae		
	Homoptera	Aphidae Cercopidae Cicadillidae Membracidae		
	Diptera	Muscidae Sarcophagidae Stratiomyidae Syrphidae Tabanidae Tachinidae		
	Araneae	Anyphaenidae Araneidae Clubionidae Gnaphosidae Heteropodidae Lycosidae Mimetidae Philodromidae Pisauridae Salticidae Senoculidae Therididae Trechaleidae Tetragnathidae		

## Mariposas (Lepidoptera)

Para la Península de Yucatán hay relativamente pocos estudios sobre mariposas, y más aún para el estado de Yucatán. Por ello, se estudió la diversidad en la zona sur del estado de Yucatán en la temporada de lluvias (Martínez *et al.*, 2015). El estudio aportó un total de 99 especies para la zona, cuatro especies fueron nuevos registros para el estado. La familia Nymphalidae fue la de mayor número de especies, no concordando con la tendencia en otras áreas neotropicales de México, donde generalmente Hesperiiidae muestra mayor número de especies, de la misma forma Pieridae fue más rica que Riodinidae, cuando comúnmente es al contrario (Pozo *et al.*, 2003; Maya *et al.*, 2005; Llorente *et al.*, 2006). El trabajo aporta también información ecológica sobre las formas particulares de alimentación de las mariposas durante la etapa adulta, la cual consiste en la absorción de gran variedad de líquidos. Las especies presentaron principalmente el hábito alimenticio nectarívoro y en menor porcentaje el acimófago e hidrófilo, sin embargo, el 38% presentaron más de un tipo de hábito alimenticio. Estudios futuros podrán complementar las especies presentes en las temporadas de secas y nortes en el área de estudio y más conocimientos ecológicos de las especies, además de otros estudios en los distintos tipos de vegetación del estado.

## Diversidad de abejas en campos de cultivo

Los polinizadores de las plantas con flores incluye varios animales, los principales son insectos y las más importantes son las abejas. La diversidad de especies de polinizadores que se encuentran en los agroecosistemas es importante para la producción de alimentos. La diversidad de abejas nativas en cultivos de cucurbitáceas para el estado de Yucatán fue una de las aportaciones pioneras en México, para identificar a los principales polinizadores de especies de plantas de importancia económica incluyendo calabaza (*Cucurbita moschata*), sandía (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis sativus*) y melón (*Cucumis melo*) (Meléndez *et al.*, 2002). En estos cultivos, fueron identificadas 58 especies de abejas (cerca del 34% de las especies reportadas para el estado), se observó que las especies entre cultivos y localidades tiene similitudes bajas, es decir, el recambio de especies fue alto y por lo tanto diferentes especies contribuyen a la polinización de los cultivos en las distintas localidades.

De igual manera, la diversidad de insectos polinizadores de la palma de coco (*C. nucifera*), un cultivo importante en las zonas tropicales del mundo, fue estudiada en el estado de Yucatán (Meléndez *et al.*, 2004). Se observó que existe variación temporal diurna y estacional de las especies, y existen efectos

de las condiciones ambientales sobre la abundancia de insectos en las flores. En Yucatán, las abejas melíferas exóticas fueron abundantes en las plantaciones de coco, aunque su presencia varía en las temporadas del año, en otros trabajos se ha indicado a las abejas sin aguijón como las más comunes en este cultivo en los trópicos (e.g. Hedström 1986). En los campos de cultivo de cucurbitáceas las abejas nativas fueron las más comunes y la presencia de las melíferas también varía, su presencia se debe a la alta actividad apícola de la región, y se sugiere que los apiarios podrían evitarse donde hay abundantes abejas nativas (Meléndez *et al.*, 2002), especies con mayor eficiencia en la polinización (Meléndez *et al.*, 2000).

En las regiones tropicales las abejas sin aguijón son diversas y abundantes y se ha revisado su contribución en la polinización de plantas cultivadas (Meléndez *et al.*, 2018a). A la fecha, varios trabajos de investigación han registrado a las abejas sin aguijón en campos de cultivos de 12 países de regiones tropicales del mundo, aproximadamente 30 especies, con importante contribución en la polinización de 14 cultivos de importancia económica, de 12 familias distintas de plantas. Recientemente, con el enfoque que ciertos agroecosistemas pueden contribuir a la conservación regional de la biodiversidad y al mantenimiento de los servicios de los ecosistemas, se estudió la diversidad de abejas en cultivos de nopal (*Opuntia albicarpa*) en el altiplano mexicano, en una zona del estado de Hidalgo (Ávila *et al.*, 2019). El estudio aportó varios conocimientos relevantes, no hubo diferencias significativas entre los hábitats en la riqueza, abundancia promedio, diversidad y composición de especies. Además, en los cultivos de tuna se observa una relación positiva entre el número de frutos, el número de flores y la diversidad de abejas.

De manera similar, en el matorral natural el número de frutos se relacionó positivamente con la abundancia de abejas y el número de flores. También, fue comprobada la alta abundancia de abejas nativas y comunes de *Opuntia* y a pesar de observarse alta abundancia de las abejas exóticas melífera, *Apis mellifera*, estas no fueron abundantes en las trampas usadas (platos de colores), sin embargo, en colectas manuales en las flores estas abejas fueron muy abundantes (Ávila, 2019). Las abejas nativas comunes a las plantas de *Opuntia* spp muy probablemente contribuyen más a su polinización por su relación tan estrecha. Es relevante indicar que los cultivos de tuna tienen un alto potencial de conservación para la diversidad de las abejas locales, y que proporcionan hábitat y recursos alimenticios al igual que el matorral natural, aunque el estimador de riqueza indica mayor número de especies en el hábitat natural como es de esperarse y por lo tanto requiere conservarse. También es evidente en esta investigación que la

diversidad de las abejas puede tener una influencia positiva en la producción de alimentos como las tunas, y puede contribuir al bienestar socioeconómico de la región.

Una de las aplicaciones más importantes de los estudios de polinizadores en campos de cultivo es la polinización en invernaderos, algunas investigaciones sobre polinización por abejas en invernaderos se han realizado en el estado de Yucatán (e.g. Cahuich *et al.*, 2006; Palma *et al.*, 2008a y 2008b), una síntesis de estas contribuciones se encuentra en Meléndez *et al.* (2018c). Las aportaciones más importantes de estos estudios tiene implicaciones para el manejo sostenible, ya que algunas especies de abejas sin aguijón como *Nanotrigona perilampoides*, son abejas que se adaptan muy bien a los invernaderos y son eficientes en la polinización bajo estas condiciones.

La mayor aportación de los estudios de diversidad de abejas y la ecología de la polinización fue contribuir en el reporte internacional de la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES 2016), especialmente en el Capítulo 1 (Eardley *et al.*, 2016). En el reporte, expertos internacionales realizaron una evaluación que incluye los cambios en la polinización por animales, como un servicio ecosistémico de regulación que sustenta la producción de alimentos, la contribución a los flujos de genes de las plantas y la restauración de los ecosistemas. El reporte aborda diversos temas como el papel de los polinizadores nativos y exóticos, el estado y las tendencias de los polinizadores y las redes y servicios de polinización, los impulsores del cambio, y de suma importancia los impactos en el bienestar humano, como la producción de alimentos, las disminuciones y los déficits de la polinización y la eficacia en las respuestas a estos problemas. La evaluación además informa las respuestas de políticas mejores con la identificación de hallazgos relevantes para la toma de decisiones en los gobiernos de los estado (países), el sector privado y la sociedad civil, además de ayudar a demostrar cómo un servicio de los ecosistemas esencial contribuye a la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Una contribución reciente sobre las amenazas para la polinización y los polinizadores, enfatiza la importancia de la polinización como uno de los servicios o beneficios para las sociedades humanas de los ecosistemas (Meléndez *et al.*, 2020).

### **Efectos de fenómenos naturales y perturbaciones en la diversidad**

#### **Diversidad de especies y fenómenos naturales**

Es conocido que la diversidad de las comunidades animales varía temporalmente en el Neotrópico, aunque aún hay pocas investigaciones. La variación

temporal en la diversidad de abejas nativas se estudió en el sur del estado de Yucatán (Meléndez *et al.*, 2016), durante la investigación el huracán Dean atravesó el área de estudio en el mes de agosto de 2007, causando algunos cambios en el ambiente y en la comunidad de abejas nativas, poco documentado en la región. Se identificaron 112 especies y como se esperaba, la riqueza, abundancia y diversidad de las especies variaron a lo largo del período de estudio, las proporciones de las especies con distintos estilos de vida y comportamientos de anidación variaron mes a mes, y los números absolutos cambiaron. Los valores de similitud fueron de bajos a moderados indicando alto recambio mensual de especies, con casi la mitad de las especies presentes durante solo uno o dos meses, estos hallazgos no habían sido documentados en la zona.

Lo más relevante del estudio fue que la riqueza de especies disminuyó después del huracán, con una pérdida del 40% de las especies que estuvieron presentes antes del huracán, pero aparecieron nueve especies en septiembre, después del huracán. Las especies más afectadas fueron principalmente las que anidan en cavidades preexistentes de la vegetación, como se esperaría por los efectos del huracán en la vegetación, aunque también redujo la cantidad de especies solitarias, parasociales y eusociales. Otro efecto se observó en la composición de las especies del mes de agosto, un mes de la estación de lluvias que tuvo valores de similitud más cercanos a los de los meses de la estación seca, lo que sugiere un desajuste en la composición de las especies de la comunidad de abejas. En la zona, fue sorprendente la recuperación observable dos meses después del huracán, la comunidad de abejas nativas había regresado a los niveles de diversidad de especies antes del huracán, probablemente debido a la rápida recuperación de la vegetación, como se indicó en una zona donde paso el huracán (Islebe *et al.*, 2009), de la que depende la comunidad de abejas. De aquí se puede inferir que los programas efectivos de conservación de la biodiversidad, necesitarán más investigaciones sobre los cambios en la estructura de la comunidad de la vegetación y cómo estos cambios, y los fenómenos naturales como los huracanes, influyen en las comunidades de abejas nativas neotropicales y en otras comunidades animales.

#### **Diversidad de especies y perturbaciones humanas**

Además de las perturbaciones naturales, las perturbaciones humanas como la deforestación y la fragmentación del hábitat son de las causas más importantes en la disminución de las poblaciones de la biota a nivel local, de la consiguiente pérdida de biodiversidad y de las especies clave en los ecosistemas, especialmente en los neotrópicos. Así, es fundamental comprender como los diversos procesos

involucrados tienen diferentes efectos sobre los componentes y la estructura de los hábitats afectados a lo largo del tiempo, principalmente a través de la reducción de la extensión de la vegetación original, la división de la vegetación restante en fragmentos y el consiguiente aislamiento de las poblaciones, sin embargo, los efectos de la fragmentación en las comunidades de abejas tropicales han sido poco estudiados (Meléndez *et al.*, 2013). En la primera contribución para el neotropico mexicano, se investigaron estos efectos sobre la riqueza y diversidad de especies de abejas nativas en fragmentos de selva en el estado de Yucatán (Meneses *et al.*, 2010). La teoría de islas contribuye a analizar los efectos de la fragmentación, ya que el área fragmentada se comporta como un sistema de islas, esta teoría postula que a mayor área de la isla, mayor será la riqueza de especies (MacArthur y Wilson 1967). La investigación indica que efectivamente la riqueza y diversidad de especies aumenta con el tamaño del fragmento, aunque esta relación varió entre las formas de vida de las abejas, es decir entre las especies de abejas solitarias, las de estilo de vida variable y las eusociales.

En la contribución (Meneses *et al.*, 2010) se observó también un alto grado de aislamiento entre fragmentos en el área de estudio y alta diferencia en la composición de especies, de tal manera que las comunidades de abejas quedan aisladas y más vulnerables. El mayor aporte de la investigación fue que el 37% de las especies registradas se restringieron a fragmentos de tamaño mediano y grande, mientras que las demás especies en general se distribuyeron aleatoriamente en fragmentos de diferente tamaño. Así, los fragmentos grandes no solo soportan mayor diversidad de especies que los pequeños, sino que también son esenciales para la conservación de las especies de abejas nativas. Estos hallazgos son de gran utilidad en los nuevos programas del diseño de áreas naturales protegidas, indicando que es mejor seleccionar áreas grandes y medianas conectadas por corredores ecológicos.

De acuerdo a lo anterior, una de las contribuciones más importantes fue analizar de manera general, los efectos de las perturbaciones humanas y la fragmentación del hábitat en las comunidades de abejas, en particular de las abejas sin aguijón (Meléndez *et al.*, 2013), las cuales por ser sociales tienen alta cantidad de individuos y son muy comunes en las regiones tropicales del mundo (Michener, 2007). En la contribución se indica que aunque algunas especies pueden sobrevivir a los efectos de las perturbaciones humanas, se requieren la implementación de estrategias de conservación del hábitat para proteger a los polinizadores y a la polinización de la mayoría de las plantas con flores, las abejas nativas son especies clave que han tenido

interacciones ecológicas por cientos de años con las plantas tropicales y como generalmente anidan en cavidades preexistentes de la vegetación o en el suelo la deforestación y la fragmentación del hábitat las afecta de manera importante.

La mayoría de los hábitats en el mundo han sido perturbados por las comunidades humanas (Meléndez *et al.*, 2013). En México ha sido un proceso intenso, tanto que se requiere definir especies indicadoras o bioindicadores, que proporcionen evidencias más rápidas del estado de la biodiversidad en áreas perturbadas y sobre la conservación de los hábitats en los ecosistemas. Por ello se han revisado varios grupos de animales para identificar a especies indicadoras. Las abejas tienen gran potencial como especies indicadoras (Reyes *et al.*, 2009b, Meléndez *et al.*, 2014), debido a su alta riqueza de especies, a que varios géneros y especies se distribuyen ampliamente a lo largo del país, y a que son relativamente fáciles de coleccionar o monitorear para realizar valoraciones. Incluso, el uso de varios grupos o especies de abejas puede proporcionar mejores evaluaciones como bioindicadores (Meléndez *et al.*, 2014).

Finalmente es importante mencionar que las abejas sin aguijón se proponen como una excelente opción para predecir el impacto del cambio climático (Maia-Silva *et al.*, 2014, Vit *et al.*, 2018). En estas abejas eusociales, se considera que el forrajeo que realizan de recursos alimenticios y el éxito de una especie está limitado por una ventana ambiental, es decir, a una combinación de condiciones óptimas y a la disponibilidad de recursos (Maia-Silva *et al.*, 2014). Cada especie se distribuye geográficamente en ciertas zonas y por ejemplo en Brasil se ha proyectado la influencia del cambio climático en la distribución geográfica y el área disponible para especies de abejas sin aguijón, en escenarios futuros de cambio climático y se observó que en la mayoría de las especies (9 de 10 especies analizadas) el área total de hábitat disponible decrece (Giannini *et al.*, 2012), por lo tanto, las consecuencias podrían incluir la no coincidencia entre la floración y la temperatura óptima de forrajeo, lo cual tendría efectos negativos en la colonia, en la alimentación y la reproducción (Maia-Silva *et al.*, 2014). De esta forma, las abejas sin aguijón pueden mostrar los posibles efectos del cambio climático, una preocupación actual mundial, en sus propias colonias y en los ecosistemas.

## CONCLUSIONES

El estudio de la diversidad de especies ha generado conocimientos básicos para otras investigaciones como las ecológicas. Las abejas han sido las más estudiadas principalmente en el estado de Yucatán y varias especies han sido nuevos registros para el



estado. La importancia de las abejas es que son especies claves debido a la polinización que realizan en la mayoría de las plantas con flores silvestres y cultivadas. También, las avispas depredadoras se han estudiado para determinar su diversidad, las contribuciones incluyen la región de la Península de Yucatán y el estado de Yucatán. De igual manera varias especies han sido nuevos registros para la región o el estado. Sin embargo, se requieren más investigaciones ya que estas avispas también son especies clave en los ecosistemas y pueden tener un papel importante en el control de plagas en los agroecosistemas.

En la ecología de las especies, los estilos de vida de las abejas, la dieta pedotrófica de las avispas y los sitios de anidación de ambas son importantes para comprender mejor la ecología y evolución de las especies, y además en el manejo sostenible. En el Orden Lepidoptera también se ha avanzado en el estudio de su diversidad, fue importante definir como se conforma la comunidad de mariposas diurnas en una zona neotropical y revisar los hábitos alimenticios de las especies. Las especies tienen importancia en la polinización en su etapa adulta y algunas especies son plagas en su etapa larvaria, por lo tanto, continuar con su estudio es esencial. También se pueden definir especies indicadoras, ya que es un grupo con sensibilidad a las perturbaciones en los ecosistemas.

El estudio de diversidad de polinizadores brinda conocimientos esenciales para la conservación de las abejas nativas locales, la conservación de los ecosistemas y la producción de alimentos. La polinización involucra el estudio de los atractivos florales como los aromas o fragancias de las flores que son específicas de cada especie, su aplicación en los campos de cultivo e incluso en invernaderos podría incrementar la producción agrícola.

Los estudios de insectos revisados aquí, enfatizan seguir con investigaciones de diversidad de especies, de su biología y ecología, además de estudios taxonómicos que permitan reconocer la identidad biológica de las morfoespecies. Los efectos de fenómenos naturales como los huracanes y las perturbaciones por actividades humanas evidencian efectos en las comunidades de abejas. Finalmente, las abejas pueden utilizarse como especies indicadoras y como una ventana al cambio climático.

#### Agradecimientos

Agradecemos a los revisores anónimos por sus sugerencias en la primera versión del manuscrito.

**Financiamiento.** Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento del proyecto CONACYT-SEMARNAT (2004-C01-

180/A-1), otorgado a Virginia Meléndez Ramírez, el cual contribuyó a la publicación de varios artículos, libros y capítulos de libros especializados.

**Conflicto de interés.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses relacionados con esta publicación.

**Cumplimiento de normas éticas.** No aplica.

**Disponibilidad de datos.** No aplica.

#### REFERENCIAS

- Avila, G.S., Meléndez, R.V., Castellanos, I., Zuria, I. and Moreno, C., 2019. Prickly pear crops as bee diversity reservoirs and the role of bees in *Opuntia* fruit production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 279, pp. 80-88.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880919300994>
- Avila, G.S., 2019. Diversidad de abejas en cultivos de nopal tunero y su influencia en un servicio ecosistémico. Tesis de doctorado, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México.
- Ayala, R., Griswold, T. L. and Yanega, D., 1996. Apoidea (Hymenoptera). pp. 423-464. En: Llorente-Bousquets J, Garcia A y González E (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento UNAM-CONABI*. México, Distrito Federal, México.
- Ayala, R., González, V.H. and Engel, M.S., 2013. Mexican Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, Distribution, and Indigenous Knowledge. En: Vit P, Silvia RMP y Roubik D (eds): *Pot honey: A legacy of stingless bees*. Springer, New York. pp. 135-152  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-4960-7\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-4960-7_9)
- Ayala, R. and Meléndez, R.V., 2017. Superfamilia Apoidea. En: Cibrián, T.V. (Ed). *Fundamentos de Entomología Forestal*. Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 335-340.
- Ayala, R. and Meléndez, R.V., 2017. Vespidae. En: Cibrián TV (Ed). *Fundamentos de Entomología Forestal*. Universidad Autónoma de Chapingo. pp. 326-331.
- Burgess, K.S., Singfield, J., Melendez, R.V. and Kevan, P., 2004. Pollination biology of *Aristolochia grandiflora* L. (Aristolochiaceae) in Los Tuxtlas, Veracruz,

- Mexico. *Annals of the Missouri Botanic Garden*. 91, pp. 346-356. <https://www.jstor.org/stable/3298612?seq=1>
- Cahuich, O., Quezada, E.J., Meléndez, R.V., Valdovinos, N.O., and Moo, V.H., 2006. Pollination of habanero pepper (*Capsicum chinense*) and production in enclosures using stingless bee *Nannotrigona perilampoides*. *Journal of Apicultural Research*. 45(3), pp. 125-130. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/000218839.2006.11101330>.
- Eardley, C., Freitas, B.M., Kevan, P., Rader, R., Gikungu, M., Klein, A.M., Maus, C., Meléndez, R.V., Singh, P.L.M., Vergara, C.H. and Wiantoro S., 2017. Background to Pollinators, Pollination and Food Production. In: Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL and Ngo HT (eds.). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages. Capítulo 1. pp. 1-25. <http://www.ipbes.net/article/press-release-pollinators-vital-our-food-supply-under-threat>.
- Evans, H. E., 1963. Predatory wasps. *Scientific American*. 208, pp. 144-154.
- Garibaldi, L. A., Steffan, D. I., Kremen, C., Morales, J. M., Bommarco, R., Cunningham, S. A. and Klein, A.M., 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14, pp. 1062-1072.
- Genise, J. F., 1986. Estudios etológicos en Hymenoptera (Insecta). *Revista Latinoamericana Animal Psicología*. 18, pp. 171-182.
- Giannini, T.C., Acosta, A.L., Garófalo, C.A., Saraiva A.M., Alves-dos-Santos, I. and Imperatriz, F.V.L., 2012. Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. *Ecological Modelling* 244, pp. 127- 131.
- Grajales, C.J., Meléndez, R.V. and Cruz, L.L., 2011. Aromas florales y su interacción con los insectos polinizadores. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82, pp. 1356-1367. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532011000400033](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000400033)
- Grajales, C.J., Meléndez, R.V., Cruz, L.L. and Sánchez, G.D., 2012. Effect of Citrus floral extracts on the foraging behavior of *Scaptotrigona pectoralis*. *Revista Brasileira de Entomologia*. 56(1), pp. 76-80.
- Grajales, C.J., Meléndez, R.V., Cruz, L.L. and Sánchez, G.D., 2013. Native bees in blooming orange (*Citrus sinensis*) and lemon (*C. limon*) orchards in Yucatán, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana. Nueva serie*. 29(2), pp. 437-440. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372013000200016](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372013000200016)
- Heithaus, E. R., 1979. Community structure of Neotropical flower visiting bees and wasps: Diversity and phenology. *Ecology* 60 (1), pp. 190-202.
- Hedström, I., 1986. Pollen carriers of *Cocos nucifera* L. (Palmae) in Costa Rica and Ecuador (neotropical region). *Review Biology Tropical*. 34, pp. 297-301.
- IPBES, 2016. <http://www.ipbes.net/article/press-release-pollinators-vital-our-food-supply-under-threat>.
- Islebe, G. A., Torrescano, V. N., Valdez, H. M., Tuz, N. M. and Weissenberger, H., 2009. Efectos del impacto del huracán Dean en la vegetación del sureste de Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana* 11(1), pp. 1-6.
- Llorente, J., Luis, A., and Vargas, I., 2006. Apéndice general de Papilionoidea: lista sistemática, distribución estatal y provincias biogeográficas. En J. J. Morrone and J. Llorente-Bousquets (Eds.), Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana (pp. 945-1009). México, D.F: Las prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- McArthur, R.H. and Wilson, E.O., 1967. The theory of Island biogeography. Princeton University Press, Princeton
- Martínez, N.J. I., Meléndez, R.V., Delfín, G.H. and Pozo, T.C., 2015. Mariposas de la selva mediana subcaducifolia de Tzucacab, con nuevos registros para Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, pp. 348-357. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.010>
- Maia, S.C., Imperatriz, F.V.L., Silva, C.I. and Hrnir, M., 2014. Environmental windows for foraging activity in stingless bees, *Melipona subnitida* Ducke and *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Sociobiology* 61, pp. 378-385.

- Maya, A., Pozo, C., and May, E., 2005. Las mariposas (Rhopalocera: Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae) de la selva alta subperennifolia de la región de Calakmul México, con nuevos registros. *Folia Entomológica Mexicana*, 44, 123–143.
- Michener, C.D., 2007. *The Bees of the World*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London.
- Meléndez, R.V., Parra, T.V., Echazarreta, C.M. and Magaña, R.S., 2000. Use of native bees and honeybees in horticultural crops of *Cucurbita moschata* in Yucatán, México. En: Munn P. (ed.), *Proceedings of the 6th Conference on Tropical Bees: Management and Diversity*. I.B.R.A., Cardiff, UK, pp. 65–70.
- Meléndez, R.V., Magaña, R.S., Parra, T.V., Ayala, R. and Navarro, A.J., 2002. Diversity of native bee visitor of cucurbit crops (Cucurbitaceae) in Yucatán, México. *Journal of Insect Conservation*. 6(3), pp. 135–147. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1023219920798>
- Meléndez, R.V., Parra, T.V., Kevan, P., Morillo, R.I, Zizumbo, D., Harries, H. and Fernandez, M., 2004. Mixed Mating Strategies and Pollination by Insects and Wind in Coconut Palm (*Cocos nucifera* L. (Arecaceae)). *Agriculture, Forestry and Entomology*. 6, pp. 155–163. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1461-9563.2004.00216.x>
- Meléndez, R.V., Meneses, C.L. and Kevan, P., 2013. Effects of human disturbance and habitat fragmentation on stingless bees. En: Vit P, Silvia RMP y Roubik D (eds): *Pot honey: A legacy of stingless bees*. Springer. New York. pp. 269–282. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-4960-7\\_19](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-4960-7_19)
- Meléndez, R.V., Ayala, R. and Delfín, G.H., 2014. Abejas como bioindicadores de perturbaciones en los ecosistemas y el ambiente. En: González, Z.C.A., Vallarino, A., Pérez, J.J.C., Low, P.A.M. (eds.). *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) - El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). México. pp. 349–372. <https://www.researchgate.net/profile/Virginia-Melendez-Ramirez>
- Meléndez, R.V., Ayala, R., Delfín G.H., and Manrique, S.P., 2015. Colecciones zoológicas-UADY. Colección Apidológica. *Bioagrociencias* 8(2), pp. 1–8.
- Meléndez, R.V., Ayala, R. and 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), pp. 718– 735. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/194008291600900210>
- Meléndez, R. V., Ayala, R., Delfín, G. H. and Manrique S.P., 2017. Diversidad de abejas en la Reserva estatal de Dzilam. En: Sélem, S. C. I., and Delfín, G. H. (eds.). *Diversidad faunística de la Reserva Estatal de Dzilam de Bravo, Yucatán, México*. UADY. México. UADY. Cap. 1, pp.17–36.
- Meléndez, R.V., Ayala, R., Delfín, G.H., and Manrique, S.P., 2018a. Diversidad de abejas. En: Sélem, S. C. I., and Delfín, G. H. (eds.). *Diversidad faunística del Parque Nacional Dzibilchaltún, Yucatán, México*. UADY. México. UADY. Cap. 1, pp. 17–36.
- Meléndez, R.V., Ayala, R., and Delfín, G.H., 2018b. Diversidad de abejas. En: Sélem, S. C. I., and Delfín, G. H. (eds.). *Diversidad faunística de la Reserva estatal El Palmar, Yucatán, México*. UADY. México. UADY. Cap. 1, pp. 19–37.
- Meléndez, R.V., Ayala, R. and Delfín, G.H., 2018c. Crop pollination by stingless bees. En: Vit, P., Silvia, R.M.P y Roubik, D. (eds.): *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. Springer. New York. Capítulo 11, pp. 139–153. <https://www.springer.com/gp/book/9783319618388>
- Meneses, C. L., Meléndez, R. V., Parra, T. V. and Navarro, A J., 2010. Bee diversity in fragmented landscape of the Mexican neotropic. *Journal of Insect Conservation* 14(4), pp. 323–334. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10841-010-9262-x>
- Meléndez, R.V., Chablé, S.J. and Selém, S.C., 2020. Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Biogrociencias*. 13(2), pp. 109–119.
- Michener, C.D., 1974. *The Social Behavior of the Bees. A Comparative Study*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts 404 pp.
- Michener, C.D., 2007. *The bees of the World*. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, USA. 953 pp.

- Morato, E.F. and Martins, R.P., 2006. An overview of proximate factors affecting the nesting behavior of solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in preexisting cavities in wood. *Neotropical Entomology*. 35, pp. 285-297.
- Novelo, R.L.F, Delfín G.H., Ayala, R. and Contreras, A.H., 2003. Community structure of native bees in four vegetation types in the dry tropics of Yucatan, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana* 42(2), pp.177-190.
- Ollerton, J., Winfree, R. and Tarrant S., 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, pp. 321-326
- Palma, G., Quezada, E.J.G., Meléndez, R.V., Irogoyen, J., Valdovinos. N.G.R. and Rejón M., 2008a. Comparative Efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and Mechanical Vibration on Fruit Production of Enclosed Habanero Pepper. *Journal Economic Entomology*. 101 (1), pp. 132-138. doi: 10.1603/0022-0493(2008)101[132:ceonpb]2.0.co;2.
- Palma, G. Quezada E.J.G. Reyes O., Meléndez R. V. and Moo V.H., 2008b. Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hymenoptera: Apoidea). *Journal of Applied Entomolgy*. 132:79–85. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01246.x>
- Pinkus, R.M., Parra, T.V. and Meléndez, R.V., 2005. Floral resources, use and interaction between *Apis mellifera* and native bees. *The Canadian Entomologist*.137(4), pp. 441-449. <https://doi.org/10.4039/n04-043>
- Pozo, C., Luis, A., Uc, S., Salas, N., and Maya, A., 2003. Butterflies (Papilionoidea and Hesperioidea) of Calakmul, Campeche Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 48, 505–525.
- Reyes, N.E., Meléndez, R.V., Ayala, R. and Delfín, G.H., 2009a. Bee faunas (Hymenoptera: Apoidea) of six natural protected areas in Yucatan, Mexico. *Entomological News*. 120 (5), pp. 530-544. <https://doi.org/10.3157/021.120.0510>
- Reyes, N.E., Meléndez R.V., Ayala, R., Delfín, G.H., 2009b. Abejas silvestres (Hymenoptera-Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10, pp. 1-13. <https://www.revista.ccbba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/114/9>
- Roubik, D.W., 1992. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press. New York, USA
- Sarmiento, C.E., 1993. Abejas y avispa (Hymenoptera: Apidae, Vespidae, Pompilidae y Sphecidae) del Santuario Nacional de Flora y Fauna de Iguaque, Boyaca, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 1, pp. 1-11.
- Stork, N.E., 2018. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annual Review of Entomology* 63 (1), pp. 31-45.
- Tepedino, V.J. 1981. The pollination efficiency of the squash bee (*Peponapis pruinosa*) and the honey bee (*Apis mellifera*) on summer squash (*Cucurbita pepo*). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 54, pp. 359–377.
- Vanoye, E.M., Meléndez, R.V., Ayala, R., Navarro, J., and Delfin G.H., 2014. Predatory wasps (Hymenoptera) of the Yucatan Peninsula. *Southwestern Entomologist*. 39(3), pp. 635-646. <https://doi.org/10.3958/059.039.0322>
- Vanoye, E.M., Meléndez, R.V., Ayala, R., Navarro, J., and Delfin G. H., 2015. Avispas depredadoras de Áreas Naturales Protegidas del estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86(4), pp. 989-997. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.037>
- Vanoye, E. M., Meléndez, R.V., Ayala, R., Navarro, J., and Delfin, G.H., 2019. Diversidad de avispa depredadoras en dos tipos de vegetación del estado de Yucatán en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 90, 2019, pp.e902885. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2885>
- Vit, P., Pedro S.R.M., Meléndez, R.V. and Frisone, V., 2018. Diversity of Stingless Bees in Ecuador, Pot-Pollen Standards, and Meliponiculture Fostering a Living Museum for World Meliponini. En: Vit, P., Silvia, R.M.P. y Roubik, D. (eds.): *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. Springer. New York. Capítulo 15, pp. 207-227. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61839-5\\_15](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-61839-5_15)