


## ***Apis mellifera* en México: producción de miel, flora melífera y aspectos de polinización. Revisión**



Fernanda Baena-Díaz <sup>a\*</sup>

Estrella Chévez <sup>b</sup>

Fortunato Ruiz de la Merced <sup>a</sup>

Luciana Porter-Bolland <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Ecología, AC. Departamento de Ecología Funcional, Carretera Antigua a Coatepec No. 351, El Haya, 91070, Xalapa, Veracruz. México.

<sup>b</sup> Universidad Nacional Autónoma de México. Posgrado Ciencias de la Sostenibilidad, Ciudad de México, México.

\*Autor de correspondencia: fernanda.baena@inecol.mx

### **Resumen:**

La abeja de la miel, *Apis mellifera*, es una especie que, desde su introducción a México, ha tenido una gran importancia social, cultural y económica, representando una importante fuente de ingreso para miles de familias que practican la apicultura. Sin embargo, en el contexto de la llamada “crisis de los polinizadores” se considera que se desconoce cómo este fenómeno afecta a *A. mellifera* en México. Esta revisión analiza y discute la información sobre *A. mellifera* en nuestro país relacionada a los fenómenos que afectan su distribución, la producción de miel y su ecología, incluyendo las interacciones con la flora local. De manera general se considera que hace falta una integración de datos sobre la apicultura a nivel nacional, y que existen pocos estudios sobre la ecología de *A. mellifera* en México, desde la flora que visitan, su eficiencia como polinizador y la competencia con otras especies de abejas nativas. El incrementar los estudios sobre *A. mellifera* ayudará a predecir cambios en la producción de miel, así como comprender y abordar las amenazas a dichos polinizadores, abonando a generar mejores prácticas de manejo y a establecer

mejores estrategias de conservación de polinizadores que incluyan la presencia de *A. mellifera*.

**Palabras clave:** *Apis mellifera*, Apicultura, Polinización, Miel, Colmenas.

Recibido: 09/03/2021

Aceptado: 03/09/2021

## Introducción

A partir de la identificación de la llamada “crisis de los polinizadores”<sup>(1,2)</sup>, la cual identifica el colapso de diferentes grupos de polinizadores en diversas partes del mundo, especialmente en Norteamérica y Europa, ha surgido mucho interés por entender el papel de la abeja de la miel, *Apis mellifera*, en los distintos ecosistemas donde habita. Este interés resulta de que *A. mellifera* es una especie de gran importancia para el humano por proveer bienes como la miel, cera, polen, propóleo y otros derivados de la colonia<sup>(3,4)</sup>, así como por su papel como polinizador de cultivos<sup>(5)</sup>. Actualmente el valor comercial, cultural, nutritivo y medicinal de la miel, ha propiciado que de las once especies existentes en el género *Apis*, la especie *A. mellifera* (Apidae: Apini), conocida como abeja melífera, abeja de la miel o en algunas localidades como enjambres o abeja europea, por su origen, sea la más valorada a nivel mundial<sup>(6)</sup>. En México, *A. mellifera* a pesar de ser una especie introducida, presenta un gran valor cultural y comercial, heredera de la importancia que le confirieron los pueblos mesoamericanos a las abejas por ser parte de sus actividades tradicionales<sup>(7)</sup>.

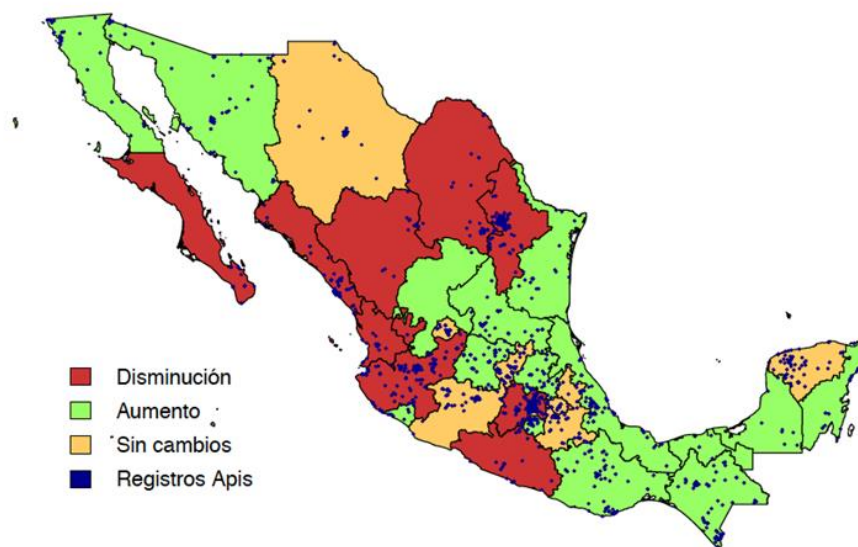
Ante la crisis ambiental de los polinizadores, el fenómeno del colapso en países latinoamericanos pareciera menos acentuado, y las afectaciones a las poblaciones de abejas responde a procesos relacionados con el tipo de manejo apícola, el cambio de uso de suelo y el tipo de prácticas agrícolas<sup>(8)</sup>. En este contexto, hace falta revisar el estado actual del conocimiento sobre esta especie en nuestro país, con el fin de conocer su papel en los aspectos productivos, su inserción en los ecosistemas, y analizar las amenazas a las que están sujetas. Así mismo, identificar los vacíos de información que existen y deberían ser revisados en el contexto de la “crisis de polinizadores” y del cambio climático, como fenómenos que representan amenazas para las poblaciones naturales y manejadas de polinizadores. Identificar estos puntos ayudaría a establecer mejores estrategias de manejo y de acción a nivel nacional para apoyar esta importante actividad. En este trabajo se pretende hacer una valoración de lo que se sabe acerca de *A. mellifera* en México desde una perspectiva ecológica y socioeconómica a partir de una revisión de la literatura y de los datos oficiales del gobierno.

## Un poco de historia

La presencia de la abeja de la miel, *A. mellifera*, en México, y su importancia como un elemento ecológico y social dentro del país es resultado de diferentes procesos que nos remontan a las culturas mesoamericanas y a la época de la colonia española, cuando alrededor de 1760 y 1770 se introdujo *A. mellifera*<sup>(9,10)</sup>. El manejo de los meliponinos, o abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) representó una actividad de importante valor cultural en distintos pueblos mesoamericanos (p.e. Mayas, Nahuas y Totonacos)<sup>(9-11)</sup>. Esta relación biocultural con las abejas sin aguijón se transfirió también a *A. mellifera*, sustituyendo los productos obtenidos de las colonias de las abejas sin aguijón, aunque no las desplazó completamente<sup>(12)</sup>.

A pesar de su presencia desde la época de la colonia, la apicultura comenzó como una actividad de relevancia económica hasta mediados del siglo XX<sup>(13)</sup>. Desde entonces, distintas variedades de *A. mellifera* habitan en prácticamente todo el continente, y en las zonas cálidas están casi todas africanizadas, proceso que ha sucedido a lo largo de más de medio siglo desde su llegada al continente en el año 1956<sup>(14)</sup>. Por lo anterior y debido al aprovechamiento de los diferentes recursos florales donde los apicultores mueven o mantienen sus abejas, actualmente *A. mellifera* se encuentra establecida en la mayoría de los ecosistemas de nuestro país<sup>(15)</sup> (Figura 1).

**Figura 1:** Registros de presencia de *Apis mellifera* en México a partir de datos obtenidos en Global Biodiversity Information Facility, GBIF (sin datos duplicados) y cambios en número de colmenas por estado



Los colores de cada estado indican si en el período de 2009 al 2018 (SIAP) ha habido una disminución (rojo), aumento (verde) o no ha habido cambios (amarillo) en el número de colmenas (análisis binomial negativo)

## Abundancia y distribución de las colonias

El éxito en la introducción de *Apis* en la mayor parte del mundo se debe a que es una especie generalista o poliléctica, es decir, que puede visitar una gran diversidad de plantas con flores para recolectar néctar, polen y resinas, y a que produce grandes cantidades de miel que pueden ser aprovechadas por las personas. Considerando que *A. mellifera* es una especie exótica y de gran importancia económica en México, su distribución geográfica y abundancia en los distintos ecosistemas, tanto de colonias manejadas como silvestres, aún carece de información precisa para analizar su distribución espaciotemporal.

Una revisión de los registros oficiales obtenidos de la base de datos de la Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) y el GBIF (Global Biodiversity Information Facility), muestra que, para México, únicamente existen 1900 registros de *A. mellifera* (sin datos duplicados; Figura 1). Esto contrasta con los datos provenientes de las asociaciones de apicultores y datos de SAGARPA que hasta el 2016 estimaban alrededor de 45 mil apicultores que manejan alrededor de 1.9 millones de colmenas a lo largo del país<sup>(6,13)</sup> y censos del 2018 estiman alrededor de 2.172 millones de colmenas<sup>(16)</sup>. Esta discrepancia, resalta la necesidad de integrar la información productiva con la información biológica para tener un mejor entendimiento de la situación de *A. mellifera* en México, no sólo de su distribución en apiarios sino también de aquellas colonias que han escapado al manejo.

Una revisión de la encuesta nacional agropecuaria desarrollada por el INEGI en 2016, encontramos que existen 7,080 apiarios con al menos una colmena, y estiman una superficie de aproximadamente 613,090.22 ha de terrenos con apiarios, sin embargo, no informan sobre el número de colmenas que se tienen por apiario, ni es clara el área de pecoreo de las abejas. A pesar de tener datos sobre el número de colmenas y una aproximación del número de apiarios, aún hace falta integrar la información geográfica de la ubicación de apiarios, tanto de aquellos que son movidos para aprovechar las diferentes floraciones, como de aquellos con manejo sedentario. Si se divide la superficie estimada por el número de colmenas reportadas por SAGARPA y la SIAP (1.9 o 2.17 M), la información sugiere que existen entre 3 y 3.5 colmenas por hectárea a nivel nacional, lo cual representa un número bajo. Sin embargo, sabemos que existen cinco regiones apícolas principales en México (Altiplano, Costa del Pacífico, Norte, Golfo y Península de Yucatán), y que no tienen la misma representación nacional en la producción de miel, por lo que es necesario integrar de mejor manera los datos de número de colmenas por territorio (región, estado, municipio) así como del área de pecoreo de las abejas. Así mismo, la saturación de colmenas está influenciada por los tipos de floración ya sea natural o de cultivos; por ejemplo, la miel de naranjo o azahar que se produce en las zonas cítricas o la miel mantequilla proveniente del altiplano mexicano presentando mayor número de colonias asociadas<sup>(6)</sup>. Por lo tanto, la

distribución espacial no homogénea de colmenas, así como el interés de los apicultores por buscar determinadas floraciones para incrementar el valor de la miel, resulta en regiones con una mayor densidad de abejas y otras que están sub aprovechadas.

En el contexto de cambio de uso suelo y los altos niveles de deforestación en el territorio nacional<sup>(17)</sup>, es de vital importancia tener información sobre la calidad ecológica de los territorios de pecoreo que soporten poblaciones de abejas, tanto *A. mellifera* como de abejas nativas. Esta información podría ser muy valiosa para informar la política que regula la apicultura al saber cuáles territorios son más favorables para ubicar apiarios y gestionar la movilización de colmenas, promoviendo a la vez una mejor coordinación entre las asociaciones de las diferentes zonas apícolas del país. Lo anterior particularmente para aquellos apicultores que buscan la certificación orgánica, que cada vez es más demandada por el mercado, y por lo mismo ha ido en aumento y que requiere de condiciones ambientales particulares para el pecoreo de las abejas. Por otro lado, se conoce muy poco de las colonias silvestres de *A. mellifera*, y no se sabe si los registros de CONABIO incluyen a este tipo de colonias, que en general pertenecen a colonias africanizadas que han escapado del manejo humano y se han hecho ferales<sup>(18,19)</sup>.

La pérdida de colmenas por distintos factores como enfermedades, pesticidas, fenómenos climáticos como heladas, huracanes, falta de alimento por alteraciones en la floración, así como de procesos de evasión (cuando las abejas abandonan el nido y migran a otro lado) y enjambrazón (cuando la colonia se divide y una gran parte de las abejas abandona el nido para formar uno nuevo) es una problemática poco estudiada en México, a pesar de ser comúnmente mencionada, principalmente en los medios de comunicación. Un estudio realizado por Medina-Flores<sup>(20)</sup>, quien entrevistó a 196 apicultores pertenecientes a 14 estados de la república, reveló que durante el invierno de 2015-2016, del total de 41,907 colmenas que manejaban se perdió alrededor del 33 %. Las razones de esta pérdida se atribuyeron al mal tiempo, enfermedades, uso de pesticidas, evasión y enjambrazón. Por otro lado, en este trabajo se analizan los datos oficiales sobre el número de colmenas por estado del 2009 al 2018<sup>(16)</sup> (modelo binomial negativo: número de colmenas por estado ~ año) con el fin de conocer si existe evidencia de una reducción significativa de colmenas. El resultado del análisis reveló que, por el contrario, para 16 estados existe un aumento significativo en el número de colmenas (Figura 1), mientras que una disminución significativa se observó únicamente en 9 estados y no se observa cambio en 7 estados. Los estados con mayor número de colmenas coinciden con los estados de mayor producción de miel (Yucatán, Campeche, Quintana Roo; Cuadro 1). A pesar de que en algunas regiones la apicultura ha crecido y en otras se ha mantenido estable, esto no necesariamente significa que no haya habido bajas en el número de colonias, sino que éstas podrían haber sido reemplazadas o que exista un incremento en el número de apicultores.

**Cuadro 1:** Resultados del análisis binomial negativo por estado, donde se evaluó el incremento o decremento en el número de colmenas de 2009 a 2018 (SIAP).

Estado	Devianza # Colmenas~Año	P (Ji-cuadrada)
Aguascalientes	0.08456	0.000212 ***
Baja California	7.8445	0.005097 **
Baja California Sur	11.114	0.0008569 ***
Campeche	5.9368	0.01483 *
Coahuila	12.716	0.0003626 ***
Colima	24.87	6.13E-07 ***
Chiapas	36.623	1.43E-09 ***
Chihuahua	0.85191	0.356
CDMX	0.59024	0.4423
Durango	12.886	0.000331 ***
Guanajuato	19.71	9.01E-06 ***
Guerrero	15.982	6.39E-05 ***
Hidalgo	15.921	6.60E-05 ***
Jalisco	5.5714	0.01826 *
México	12.899	0.0003287 ***
Michoacán	0.44123	0.5065
Morelos	111.34	2.20E-16 ***
Nayarit	5.887	0.01525 *
Nuevo León	13.428	0.0002478 ***
Oaxaca	49.825	1.68E-12 ***
Puebla	3.509	0.06104
Querétaro	0.029103	0.8645
Quintana Roo	83.473	2.20E-16 ***
San Luis Potosí	143.68	2.20E-16 ***
Sinaloa	64.141	1.16E-15 ***
Sonora	38.018	7.01E-10 ***
Tabasco	88.249	2.20E-16 ***
Tamaulipas	25.088	5.48E-07 ***
Tlaxcala	0.26805	0.6046
Veracruz	20.788	5.13E-06 ***
Yucatán	0.090502	0.7635
Zacatecas	26.363	2.83E-07 ***

Los análisis se realizaron en R 3.5 (R Development Core Team, 2011) con el paquete MASS (Venables y Ripley; 2002<sup>+</sup>). Los asteriscos indican un efecto significativo del año sobre el número de colmenas.

+Venables WN, Ripley BD (2002). Modern Applied Statistics with S, Fourth ed. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0,

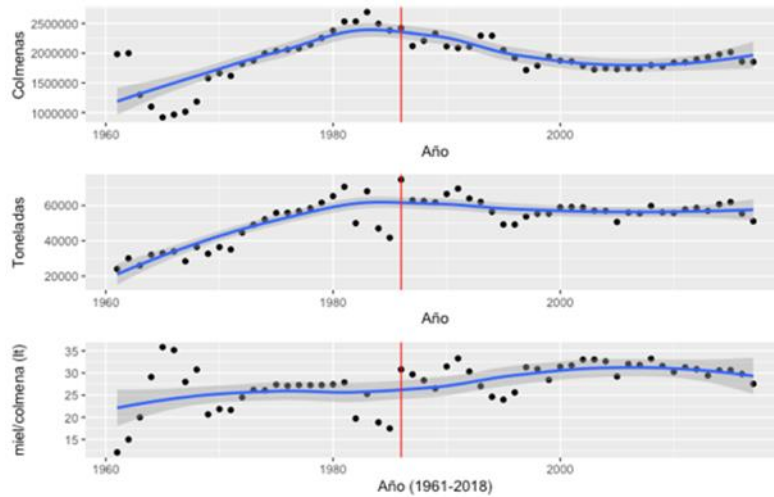
## Producción de miel en México

La apicultura actual está presente en mayor o menor grado en los 32 estados que comprende México, de acuerdo con los datos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca<sup>(15)</sup>. El clima benigno en gran parte de México hace que las colonias de *A. mellifera* puedan mantenerse activas durante todo el año<sup>(14)</sup>, así como la gran diversidad vegetal y de ecosistemas que permiten una gran variación en la cantidad y calidad de la miel que se produce, que a veces le confiere un valor agregado a este producto<sup>(21)</sup>. Debido a la diversidad de estos ecosistemas y a las características socio económicas de los apicultores, la actividad se desarrolla bajo dos esquemas 1) Apicultura fija o sedentaria, donde los apiarios que contienen las colmenas se mantienen en un mismo lugar a lo largo del año, y 2) Apicultura de trashumancia o móvil. En ésta, los apiarios se van moviendo a diferentes sitios a lo largo del año, de acuerdo con las floraciones de interés del apicultor<sup>(22)</sup>. La apicultura fija se favorece en lugares donde los recursos florales se mantienen más o menos constantes a lo largo del año o en casos donde los apicultores deciden realizar menos cosechas anuales, de menor escala. La trashumancia, se favorece en sitios con mayor estacionalidad o menores recursos florales y es una estrategia utilizada para incrementar el número de cosechas anuales<sup>(22)</sup>. En cualquiera de sus dos formas de aprovechamiento de los recursos nectaropoliníferos, el apicultor aprende a conocer el comportamiento de las temporadas de floración y programa los tiempos de cosecha, de modo que, dependiendo del lugar y técnicas de manejo empleada, se puede lograr una, dos o hasta tres o más cosechas anuales<sup>(23)</sup>. Así, la cantidad de miel producida por colmena depende en parte de los recursos nectaropoliníferos presentes en las diferentes zonas apícolas del país, aunque existen otros factores como la época del año, el ecosistema, enfermedades, así como el capital de inversión de los apicultores<sup>(24)</sup>.

Desde hace aproximadamente 30 años, el manejo de las colonias de *Apis* ha llevado a que México se encuentre entre los diez países más importantes en producción de miel a nivel mundial<sup>(25)</sup>. Dentro de las regiones más importantes en cuanto a producción de miel están la península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo), Jalisco y Veracruz<sup>(16)</sup>. Los datos históricos de producción de miel indican que el número de colmenas y la producción total de miel incrementó sustancialmente a partir de los años 60 e iban al alza antes de 1986, cuando se registró por primera vez la abeja africanizada en el sur de nuestro país (un híbrido de variedades europeas con variedades africanas)<sup>(26,27)</sup>; (Figura 2). No obstante, México llegó a ocupar el tercer lugar mundial con 63,886 t en 1991<sup>(26)</sup>. Sin embargo, a partir de 1986 la producción de miel ha venido disminuyendo y en el 2017 México ocupó el noveno lugar en producción de miel, con 51,066 t<sup>(25)</sup> (Figura 3).

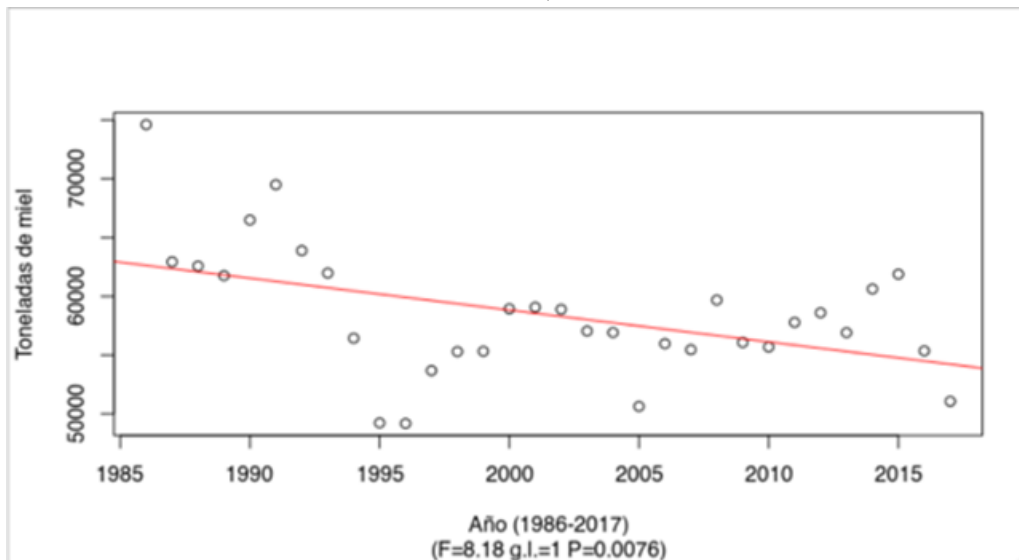


**Figura 2:** Datos históricos de número de colmenas, producción de miel total por año (toneladas) y producción de miel por colmenas (kg) en México desde el año 1961 hasta el 2018 (FAOSTAT, 2020)



La línea roja indica el año que se registró como el inicio del proceso de africanización de la abeja europea en México.

**Figura 3:** Producción de miel en México en los últimos 31 años (1986-2017). (FAOSTAT, 2020)



Por otro lado, la exportación de miel antes de 1990 representó un porcentaje muy bajo de la producción total (entre 21-33 %). Sin embargo, a partir del 1990 el promedio de exportación de miel aumentó a 52.5 %, con alrededor de 30,333 t por año entre 1991 y 2017<sup>(25)</sup> (Figura 4). Así, en algunos años, las exportaciones representaron alrededor del 40 % de la producción total, mientras que el 2015 que fue uno de los mejores años para la exportación, representó el 68.1 % de la producción total<sup>(25)</sup>.



**Figura 4:** Producción y exportación de miel desde 1986 hasta 2017 (FAOSTAT, 2020)

La línea punteada indica el año en que comenzó el registro de la africanización en México

Esto a pesar del incremento en restricciones y exigencias del mercado internacional, y las fluctuaciones del mercado que se ven afectadas por diferentes aspectos tanto internos como externos<sup>(28)</sup>. Los principales países importadores de miel mexicana han sido Alemania, Estados Unidos y el Reino Unido, países con una larga tradición de consumo. En contraste, el consumo interno de miel es muy bajo<sup>(28)</sup>, y se desconoce el porcentaje de pérdidas para los apicultores de la producción que no es exportada y no es consumida localmente.

En resumen, a pesar de la africanización, México se ha posicionado como uno de los mayores productores de miel y su producción ha aumentado respecto de décadas anteriores al ingreso de abejas africanas. Sin embargo, la disminución de colmenas y las bajas en la producción de miel en décadas recientes se han atribuido a múltiples razones que en conjunto han afectado a la actividad apícola<sup>(6,13)</sup>. Una de las principales razones fue la llegada de abejas africanizadas, las cuales producen menos miel, *enjamburan* fácilmente, y al tener un comportamiento más defensivo se han generado pérdidas económicas por daños ocasionados, lo que provocó que muchos apicultores abandonaran la actividad<sup>(27)</sup>. A pesar de ello, la africanización no ha tenido los mismos efectos en todas las regiones y en algunas incluso podría haber beneficiado a la apicultura, por estar mejor adaptadas a ambientes tropicales y a que se convirtieron en fuente de colonias (colectadas del campo) para los apicultores<sup>(29)</sup>. Desde que empezó el proceso de africanización en el país, en la década de los 80, se desarrolló el Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana para contrarrestar estos efectos negativos e integrar su presencia en el manejo<sup>(30)</sup>.

Por otro lado, la disminución de la producción a mediados de la década de los 90, coincide con la presencia del ácaro *Varroa destructor*, reportado por primera vez en territorio

mexicano<sup>(31)</sup>. Este parásito infesta las colmenas y se alimenta de la hemolinfa de las abejas promoviendo la entrada de otras enfermedades asociadas a distintos virus<sup>(32)</sup>, afectando la reproducción y población de la colonia, lo que significa una menor producción de miel y en casos extremos, la muerte de ésta<sup>(33)</sup>. Esta enfermedad actualmente es controlada con la aplicación de medicamentos con base en componentes como el timol, ácido oxálico y fórmico, entre otros<sup>(34)</sup>. Sin embargo, existen controversias respecto a su uso y abuso, e incluso las medidas de certificación orgánica limitan el tipo de medicamentos que se puede emplear<sup>(23,35)</sup>. Otro problema reciente ha sido la proliferación del pequeño escarabajo de la colmena (PEC) *Aethina tumida* Murray 1867, desde que se reportó por primera vez en México en el 2007<sup>(36)</sup> o el caso de los hongos del género *Nosema* que se encuentran en nuestro país desde 1965<sup>(37)</sup>. Las consecuencias de dichas enfermedades, no sólo se deben medir en el contexto de la pérdida de colonias de *A. mellifera* sino que podrían tener consecuencias ecológicas al transmitirse a otros insectos polinizadores.

Otro aspecto que puede ser relevante en la producción de miel en México es la presencia frecuente de fenómenos naturales, como huracanes y temporales, los cuales pueden verse alterados aún más por efectos del cambio climático<sup>(38,39)</sup>. Los cambios en los tiempos de floración, resultado de eventos de sequía o alteraciones en los patrones de lluvia, son otro factor desestabilizante para la apicultura<sup>(40)</sup>; debido a que los apicultores necesitan coordinar y anticipar el tiempo de la floración para asegurar que las colmenas estén listas para el tiempo de cosecha de miel<sup>(23)</sup>. Dentro de las regiones con mayor incidencia de estos fenómenos, resaltan la península de Yucatán y Veracruz, que en conjunto representó el 45 % de la producción total de miel en el 2018, y las costas del Pacífico, especialmente los estados de Jalisco, Guerrero, Michoacán, Chiapas y Oaxaca que sumaron el 26% de la producción. Análisis futuros deberán tratar de considerar cómo estos fenómenos climáticos alteran la actividad apícola en nuestro país.

Finalmente, la disponibilidad de recursos para la producción de miel está en función de la cobertura vegetal en los distintos ecosistemas. El cambio de uso de suelo hacia usos agrícolas con un manejo intensivo e industrial y la consecuente pérdida de diversidad floral significa menos recursos florales para las abejas<sup>(41)</sup>. Además de los problemas que se tienen con el uso de agrotóxicos e incluso el uso de organismos genéticamente modificados que afectan la salud de las abejas<sup>(42)</sup>. Sin embargo, la interacción de la pérdida o cambio de cobertura forestal y sus afectaciones a las abejas tanto nativas como introducidas es otra situación que ha sido poco estudiada en México<sup>(43,44)</sup>.

Todos estos factores contribuyen a las fluctuaciones de producción y número de colmenas reportadas en este estudio. Además, la variación en la calidad de la miel, su origen floral, asociado a la variación en la producción de miel se relacionan directamente con su comercialización, ya que se deben cumplir con los estándares en la regulación de la miel para su exportación (ver NOM-004-SAG/GAN-2018). De acuerdo con Soto-Muciño y

colaboradores<sup>(6)</sup>, en México han disminuido los apicultores con alto poder comercial y ha aumentado los apicultores de pequeña y mediana producción. Esto podría representar una ventana de oportunidad para impulsar la apicultura en regiones donde el manejo de *Apis mellifera* es una actividad complementaria dentro de la práctica agrícola y ganadera, como ya ocurre en el norte del país, así como promover la apicultura especialmente bajo manejos agroecológicos y que sea una fuente de ingreso y empleo familiar.

Una parte importante para impulsar el cuidado de las colonias de abejas, es mejorar las condiciones de producción y tener una mejor valoración del estado de la apicultura. En México sería poder tener mejores datos sobre el número de colmenas, las características socioeconómicas de los apicultores en las diferentes regiones, estadísticas de manejo, e identificar sus amenazas en diferentes contextos. Así mismo, se requiere conocimiento sobre áreas de distribución de apiarios, calendarios de floración, y coordinación entre apicultores para evitar sobresaturación de áreas de pecoreo.

### **Caracterización de las mieles y origen botánico**

A pesar del valor comercial de la miel mexicana, la cual se encuentra reconocida en la Norma Oficial Mexicana (NOM-004-SAG/GAN-2018) y de que existe una caracterización general de algunas mieles a nivel regional [*e.g.* mieles multifloras proveniente de cafetales, o monoflorales como la de azahar proveniente de la floración de cítricos (*Citrus* sp.)], existen relativamente pocos estudios que evalúen las características organolépticas de las mieles (color, sabor, olor, etc.)<sup>(45)</sup>, así como de la composición botánica de las mieles<sup>(46,47)</sup>; (Cuadro 1). Estos estudios son importantes no solo para brindarle un valor agregado comercial a la miel en cada una de las regiones, sino también para conocer las interacciones de *A. mellifera* con las plantas que visita y su posible papel en los ecosistemas.

De una revisión no exhaustiva de la literatura sobre las floras melíferas y políníferas de *A. mellifera*, considerando artículos, capítulos de libro, tesis y publicaciones en congresos, se encontraron para México alrededor de 30 estudios que caracterizan la diversidad de plantas que visitan las abejas de la miel (Cuadro 2). Muchos de estos estudios están basados en estudios melisopolinológicos, es decir, que analizan los granos de polen contenidos en la miel para determinar las especies utilizadas por las abejas. Sin embargo, algunos trabajos se basan en la literatura y observaciones directas de visitas y en entrevistas a apicultores para conocer las plantas de la región que visitan las abejas para obtener néctar y polen. De dicha revisión, se puede decir que *A. mellifera* visita un promedio de 43 especies de plantas por localidad, para las que la diversidad de familias de plantas varía en un rango de 16 a 60 familias. A pesar de que el número de especies visitadas parece ser alto, aún no se sabe qué porcentaje representa de la flora nativa total en cada región y si las abejas de la miel les brindan un servicio de polinización efectivo. Únicamente para la península de Yucatán, se

estima que *Apis* visita 40 % de la flora total<sup>(48)</sup>. Otro aspecto importante es que *A. mellifera* no siempre colecta polen de las plantas visitadas y únicamente va por el néctar, por lo que las plantas nectaríferas pueden estar sub-representadas en los estudios melisopalinológicos<sup>(49)</sup>.

**Cuadro 2:** Registros de trabajos sobre floras melíferas en diferentes estados de México para *Apis mellifera* de 1994 al 2019

Estado	Método	Local (n)	Muestra (n)	Familia (n)	Especies /tipos (n)	Ref.
QR	Análisis palinológico del néctar	1	44 (22 y 22)	-	148	(49)
QR	Análisis del polen tomado de la colmena	2	206	41	168	(50)
CAM	Entrevistas a apicultores y observaciones en campo	1	-	35	146	(51)
TAM	No describe metodología (todo el estado)	1	-	-	50	(52)
COL	Revisión bibliográfica y observaciones de visita	1	-	45	140	(53)
VDM	Melisopalinológico	2	2	15	19	(54)
MOR	Melisopalinológico	3	3	23	41	(55)
YUC, CAM, QR	Melisopalinológico	40 (total)	78	15	250	(56)
YUC, CAM, QR	Melisopalinológico	17 (total)	168	36	238	(57)
		10 (YUC)	56	26	92	
		5 (CAM)	56	19	66	
		2 (QR)	55	36	80	
YUC CAM QR	Melisopalinológico	4	39	29	64	(58)

OAX						
TAB	Melisopalinológico	4	40	36	129	(59)
TAB	Melisopalinológico	3	12	32	63	(60)
	Revisión bibliográfica y observaciones de visita					
GUER		-	-	53	143	(61)
GUER	Melisopalinológico	2	12	27	43	(62)
DUR	Melisopalinológico	3	3	16	22	(63)
BC	Melisopalinológico	13	52	33	150	(64)
TAM	Melisopalinológico	11	27	60	215	(65)
Páztcuaro, MICH	Observación directa de visitas y entrevistas	1	4	33	93	(66)
Hopelchén, CAM	Entrevista y revisión de herbario	1	40	26	56	(67)
			productores			

Local= municipio, región, Estado.

### El papel de *A. mellifera* como polinizador

A pesar de que *A. mellifera* es muy productiva en cuanto a su establecimiento y producción de miel, resulta que desde la perspectiva de las plantas no necesariamente es el polinizador más eficiente<sup>(1,68)</sup>. Esto quiere decir que, a pesar de transportar polen de una flor a otra, la cantidad y el lugar dónde lo deposita no necesariamente es el más adecuado para que la planta pueda maximizar la producción de semillas, e incluso pueden ser robadoras de néctar, es decir que toman el néctar sin hacer contacto con el androceo y gineceo de la flor. A pesar de esto, se ha demostrado que *A. mellifera* es uno de los polinizadores de cultivos más importante de manera que millones de abejas son manejadas con este propósito a nivel global<sup>(69)</sup>. Quizá uno de los ejemplos más conocidos es el del cultivo de almendras en California<sup>(68)</sup>, donde *Apis* es empleada como el principal polinizador. Es por esta razón que se resalta la importancia de investigar y conocer la eficiencia de *A. mellifera* como polinizador tanto de la flora local como de los cultivos. En México, el Manual de Polinización Apícola<sup>(70)</sup> incluye recomendaciones para la utilización de *Apis* para la polinización de distintos cultivos (cítricos, cucurbitáceas, algodón, etc.). A pesar de ser una especie muy utilizada en los cultivos, se desconoce su eficiencia como polinizador comparado con otros polinizadores.

En México, los estudios sobre la eficiencia de la polinización por *A. mellifera* en cultivos es aún limitado<sup>(71-77)</sup>. Incluso algunos estudios han excluido los datos de *Apis* por ser muy abundante, para enfocarse en las abejas nativas, por lo que no conocemos su papel en la polinización de ellos<sup>(78)</sup>. Los estudios revisados revelan que, para algunos cultivos, *A. mellifera* no es el polinizador más efectivo, como en el caso de tomates y chiles habaneros<sup>(73)</sup>

o como en el café<sup>(79)</sup>. En el caso de la especie de calabaza *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae), a pesar de que *Apis* no es el mejor polinizador (en cada visita), su eficacia se compensa por ser muy abundante<sup>(71)</sup>. Además, se encontró que es un polinizador muy importante durante la época del año donde el principal polinizador está ausente<sup>(71)</sup>. Sin embargo, otro estudio sobre redes de polinización en otras especies de Cucurbitáceas (melón, calabaza, pepino y sandía) no reportó ninguna visita por *Apis*<sup>(80)</sup>, indicando que el papel de *Apis* como polinizador es variable. En algunos casos *Apis* resulta ser un polinizador igual de eficiente que otras especies de abejas nativas<sup>(81)</sup>, y en otros muy importante, como en el aguacate<sup>(72)</sup>, o incluso más eficiente que otros polinizadores<sup>(77)</sup>; mientras que en otros cultivos es irrelevante, como es el caso del rambután, donde no se observaron visitas por *Apis*<sup>(74)</sup>. Además, se sabe poco del efecto de *A. mellifera* sobre especies de importancia económica pero que no son cultivadas. Por ejemplo, en diferentes especies de *Agave* se encontró que *A. mellifera* es robador de néctar, o sea que consume el néctar de la flor, pero no poliniza, y en otras especies resulta ser un polinizador secundario durante las horas del día cuando hay menor producción de polen y néctar<sup>(82)</sup>. Finalmente, se puede decir que se ha evaluado muy poco la eficiencia de *Apis* como polinizador efectivo en especies nativas sin importancia comercial. Un ejemplo es el trabajo en *Kallstroemia grandiflora* donde encontraron que *Apis* es tan eficiente como los polinizadores nativos<sup>(83)</sup>. Aunque existe información en la literatura sobre la visita de *Apis* a plantas no cultivadas, particularmente estudios sobre biología reproductiva de plantas, esta información merecería ser revisada para complementar el conocimiento sobre la interacción de *Apis* con plantas nativas, pero no ha sido el objeto de esta revisión.

Estudios a nivel de paisaje y sus efectos sobre la polinización, indican que *Apis mellifera* puede aprovecharse de los paisajes modificados a usos agrícolas o urbanos. Un estudio donde compararon el efecto de los cafetales de sombra y sol sobre la diversidad de abejas, encontró que los cafetales de sombra albergan mayor diversidad de especies de abejas, incluida *A. mellifera*, pero que ésta prefirió sustancialmente los cafetales de sol, que presentan menor diversidad vegetal y donde la diversidad de abejas nativas fue más baja<sup>(84)</sup>. En paisajes europeos y sudamericanos los estudios sugieren que, por sus características, *Apis* parece adaptarse y es abundante en paisajes altamente transformados, incluidas las zonas urbanas y los bosques semi-naturales o con poca diversidad de plantas<sup>(85-87)</sup>.

Finalmente, los estudios sobre redes de polinización son importantes porque ayudan a comprender de manera más integral el papel de *A. mellifera* como visitante floral de distintas especies y su posible interacción con otros polinizadores. Sin embargo, en México los trabajos sobre redes de polinización son muy pocos<sup>(80,88-92)</sup>. Dichos estudios revelan que *A. mellifera* es una especie muy abundante y que presenta un gran número de conexiones dentro de la red<sup>(91)</sup>. Ante estas evidencias, surge la necesidad de realizar más estudios que evalúen el papel de *A. mellifera* en los distintos ecosistemas de México, en su papel como polinizador y en el de sus interacciones.

## Competencia con abejas nativas

Un aspecto que no hay que olvidar es que *Apis* es una especie introducida y por lo tanto puede tener efectos negativos sobre la fauna local, en particular sobre otras abejas con las que podría estar compitiendo por recursos. Esta competencia se puede dar de distintas maneras, y se han descrito al menos siete<sup>(93)</sup>. De estas, las más estudiadas son la reducción de polen y néctar en una comunidad por la presencia de *Apis*; la exclusión de abejas nativas por tiempos de forrajeo prolongado en parches florales, forzando a las abejas nativas a viajar más lejos en busca de recurso; el desplazamiento activo de abejas nativas, principalmente en el caso de abejas africanizadas y la transmisión de parásitos de *Apis* hacia abejas nativas<sup>(93)</sup>. En México, aún son relativamente pocos los estudios al respecto<sup>(12,79,83,94,95)</sup> y de los cuáles resalta, por ejemplo, el trabajo de Villanueva-Gutiérrez *et al*<sup>(12)</sup> en Quintana Roo, que demostró que *A. mellifera* y la abeja nativa *Melipona beecheii* en un contexto de abundantes recursos florales, evitaron la competencia diversificando los recursos, es decir, evitaron visitar las mismas plantas. Un resultado similar se encontró en estudios de competencia entre *Apis* y otras tres abejas nativas, entre ellas *Partamona bilineata* (una abeja sin agujón) en cultivos de calabaza y sandía en Yucatán<sup>(95)</sup>. Otro estudio sugiere que *Apis* desplaza a los polinizadores nativos en los cafetales pues encontraron que a mayor presencia de *A. mellifera*, menor riqueza de otras especies de abejas<sup>(79)</sup>.

Diversos estudios en otras partes del mundo han demostrado que *Apis mellifera* es capaz de desplazar a abejas nativas; sin embargo, críticas a dichos estudios argumentan que la competencia no ha sido demostrada pues dichos estudios no han explorado los efectos en la adecuación de las abejas nativas<sup>(93)</sup>. Sin embargo, evaluar el éxito de las abejas nativas frente a la interacción con *Apis* resulta muy complicado si se considera que para la mayoría de las especies de abejas nativas no se conoce prácticamente nada de su historia natural, inclusive para la mayoría de las especies únicamente se han descrito a las hembras [comunicación personal de expertos en el área<sup>(96)</sup>].

Finalmente, la llegada de la variedad africanizada de *Apis mellifera*, podría haber alterado la relación con otras abejas nativas, pues dichas variedades son más agresivas a la hora de defender su colmena y los recursos florales, además de que la abeja africanizada está más adaptada a volverse feral que las variedades europeas<sup>(13,20)</sup>. Estudios futuros deberán evaluar el papel de las colonias ferales de *A. mellifera* sobre la polinización y sobre otras abejas nativas e insectos.

La competencia con otras especies se da principalmente por los recursos florales, aunque no se desestima que también compitan por sitios de anidación. Hacen falta estudios en este tema. Si se considera la transformación del paisaje y la reducción de la oferta floral en paisajes transformados o empobrecidos, y las altas densidades de abejas europeas en algunas



zonas de México, la pregunta es, si habría mayor competencia entre abejas nativas y *A. mellifera* por los recursos vegetales, o si en paisajes con mayor diversidad floral la competencia es menor. Este punto es relevante para las regulaciones en torno al manejo de *A. mellifera*, así como para la conservación de fauna nativa y de la cual no existe evidencia.

## Conclusiones

La evidencia presentada, indica que a pesar de que *A. mellifera* es una especie sumamente importante tanto cultural como económicamente para miles de familias mexicanas, y que comparado a las abejas nativas ha sido muchísimo más estudiada, aún son necesarios estudios que aborden tanto aspectos productivos a partir de la generación de mejores bases de datos sobre producción, manejo, enfermedades, etc. y aspectos ecológicos, como su interacción con la fauna local. Por otro lado, y bajo el escenario actual de cambio global, incluyendo el cambio climático, cambios de uso de suelo, y contaminación, entre otros aspectos, surge la necesidad de tener más estudios ecológicos sobre *A. mellifera* en México. Estos estudios ayudarán a predecir cambios en la producción de miel así como comprender y abordar las amenazas a dichos polinizadores abonando a generar mejores prácticas de manejo. Por otro lado, ayudará a entender más acerca de sus interacciones con otras especies de abejas y de plantas, y poder tener mejores estrategias de conservación que incluyan la presencia de *A. mellifera*. Así mismo, permitirá aportar información valiosa que contribuya al manejo de otras abejas nativas con el fin de mejorar las prácticas agrícolas al considerar la eficiencia en la polinización de distintos polinizadores, incluida *A. mellifera*. A partir de esta revisión se concluye que los estudios de ecología de la polinización que integren el papel de *A. mellifera*, no sólo en especies de importancia económica sino en otros grupos de plantas resultan muy relevantes. Así mismo se requieren de más estudios acerca de las distintas amenazas a los polinizadores en general. A pesar de que existen patrones globales del papel de los cambios en el paisaje sobre la pérdida de polinizadores y el servicio de la polinización, que pueden extrapolarse a nuestro país, la complejidad ecológica, orográfica, y cultural de México demandan una mejor caracterización del estado actual de los polinizadores y particularmente de *A. mellifera*, por su importancia económica y biocultural.

## Agradecimientos

Al proyecto Integralidad Gamma (i-Gamma) financiado por FORDECYT y CONACYT (número de proyecto 296842) por los fondos otorgados para el estudio de la apicultura en el estado de Veracruz del cuál se deriva este manuscrito. Agradecemos también a Ricardo Quiroz por sus comentarios y sugerencias durante el proceso de revisión de la literatura.

**Literatura citada:**

1. Kearns CA, Inouye DW, Waser NM. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annu Rev Ecol Syst* 1998;29:83–112.
2. Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends Ecol Evol* 2010;25(6):345–353.
3. Bradbear N. Bees and their role in forest livelihoods: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. *Non-Wood For Prod* 2009;19.
4. IPBES. Scenarios and models of biodiversity and ecosystem services. 2016.
5. Garibaldi LA, Requier F, Rollin O, Andersson GK. Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. *Curr Opin Insect Sci* 2017;21(1):105–114.
6. Soto-Muciño LE, Elizarras-Baena R, Soto-Muciño I. Situación apícola en México y perspectiva de la producción de miel en el Estado de Veracruz. *Rev Estrateg Desarro Empres* 2017;3(7):40–64.
7. González Acereto JA. La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrocencias* 2012;5(1):34–42.
8. Vandame R, Palacio MA. Preserved honey bee health in Latin America: A fragile equilibrium due to low-intensity agriculture and beekeeping? *Apidologie* 2010;41(3):243–255.
9. Arnold N, Zepeda R, Vásquez-Dávila MA, Aldasoro Maya M. Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México con catálogo de especies. 2018.
10. Negrín-Muñoz EN, Sotelo-Santos LES. Abejas nativas, señoras de la miel. Patrimonio cultural en el estado de Campeche. *RICSH Rev Iberoam Las Cienc Soc Humanísticas* 2016;5(9):162–185.
11. Guzmán M, Balboa C, Vandame R. Manejo de las abejas nativas sin aguijón: *Melipona beecheii* y *Scaptotrigona mexicana*. Colegio de la Frontera Sur. 2011.
12. Villanueva-Gutiérrez R, Roubik DW, Porter-Bolland L. Bee-plant interactions: competition and phenology of flowers visited by bees. In: *Biodiversity and conservation of the Yucatán Peninsula*. Springer; 2015:131–152.
13. Pérez de Ayala LR, Martínez- Puc JF, Cetzal-Ix WR. Apicultura: manejo, nutrición, sanidad y flora apícola. Universidad Autónoma de Campeche. 2017.

14. Guzmán-Novoa E, Benítez AC, Espinosa Montaña LG, Novoa GG. Colonización, impacto y control de las abejas melíferas Africanizadas en México. *Vet Mex* 2011;42(2):149–178.
15. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca. 2018. Gobierno de Veracruz <http://www.veracruz.gob.mx/agropecuario>.
16. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP. <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos>.
17. Keenan RJ, Reams GA, Achard F, Freitas JV de, Grainger A, Lindquist E. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *For Ecol Manag* 2015;352:9–20.
18. Roubik DW. Foraging behavior of competing africanized honeybees and stingless bees. Published by: Ecological Society of America. *Ecology* 1980;61(4):836–845.
19. Roubik DW, Villanueva-Gutiérrez R. Invasive Africanized honeybee impact on native solitary bees: A pollen resource and trap nest analysis. *Biol J Linn Soc* 2009;98(1):152–160.
20. Medina-Flores CA, Esquivel-Marín NH, López-Carlos M, Medina-Cuellar SE, Aguilera-Soto JI. Estimación de la pérdida de colonias de abejas melíferas en el altiplano y el norte de México. *Ecosistemas Recur Agropecu* 2018;5(14):365.
21. Becerra-Guzmán F de J, Contreras-Escareño F. Historia de la apicultura en México. *Imág Vet* 2004;4(1):10-15.
22. Luna ChG, Roque PJG, Fernández EE, Martínez ME, Díaz ZUA, Fernández LG. Caracterización apícola en la región sierra centro-norte de Veracruz: contexto y trashumancia. *Rev Mex Cienc Agríc* 2019;10(6):1339–1351.
23. Coordinación General de Ganadería. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. *Claridades Agropecu* 2010;(199):3–34.
24. Crane E. *Bees and beekeeping: Science, practice and world resources*. Oxford: Heinemann Newnes; 1990.
25. FAOSTAT, 2020. <https://www.fao.org/faostat/es/>
26. Fierro MM. The effects of the first year of Africanization on honeybee populations in Chiapas. Mexico. *Am Bee J* 1984;127(12):845.

27. Rubio U, Luis J, Novoa G, Greg J, Benítez C, Antonio J. Efecto de la africanización sobre la producción de miel, comportamiento defensivo y tamaño de las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) en el altiplano mexicano. Vet Mex 2003;34(1):47–59.
28. Magaña Magaña M, Moguel Ordoñez Y, Sanginés JR, Leyva Morales C. Estructura e importancia de la cadena productiva y comercial de la miel en México. Rev Mex Cienc Pecu 2012;3(1).
29. Quezada-Euán JJG, Echazarreta CM, Paxton RJ. The distribution and range expansion of Africanized honey bees (*Apis mellifera*) in the state of Yucatan, Mexico. J Apic Res 1996;35(3–4):85–95.
30. Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana. Diario Oficial de la Federación. 1984.
31. Amparán DC, Ávalos LMR, Rodríguez-Dehaibes SR. Presencia en Veracruz, México del acaro *Varroa jacobsoni*, causante de la varroasis de la abeja melífera (*Apis mellifera* L.). Tec Pecu Mex 1992;30(2):123–135.
32. Ratnieks FLW, Carreck NL. Clarity on honeybee collapse? Science 2010;327(5962):152–153.
33. Espinosa-Montaño L, Guzmán-Novoa E. Eficacia de dos acaricidas naturales, ácido fórmico y timol, para el control del ácaro *Varroa destructor* de las abejas (*Apis mellifera* L.) en Villa Guerrero, Estado de México, México. Vet Mex 2007;38(1):9–19.
34. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Medicina y Zootecnia de Abejas C y OA. Buenas prácticas pecuarias en la producción primaria de miel. 2018.
35. Vandame R, Ayala R, Guzmán M, Balboa C, Esponda J, Merida J. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” Chiapas, México. El Col Front Sur. 2012;97.
36. Bayona Celis A, Voldovinos-Flores C, Dorantes Ugalde JA, Sadaña Loza LM. Potenciales de aptitud del territorio y riesgo mayor de reproducción del Pequeño Escarabajo de la Colmena, *Aethina tumida* Murray (Coleoptera, Nitidulidae) en México. Realidad, Datos y Espacio. Rev Intern Estadíst Geog. 2018(9).
37. Martínez L, Martínez J, Rolando W. Apicultura: manejo nutrición sanidad y flora apícola. 2017. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche.
38. Rosengaus-Moshinsky M, Jiménez-Espinosa M, Vázquez-Conde MT. Atlas climatológico de ciclones tropicales en México. 2002. CENAPRED.
39. Comisión Nacional del Agua. <https://www.gob.mx/conagua>.

40. Magaña MAM, Cortés MET, Salazar LL, Sanginés JR. Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Rev Mex Cienc Agríc* 2016;7:1103–1115.
41. Tscharnkte T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - Ecosystem service management. *Ecol Lett* 2005;8(8):857–874.
42. Gómez GI. A honey-sealed alliance: Mayan beekeepers in the Yucatan peninsula versus transgenic soybeans in Mexico's last tropical forest. *J Agrar Change* 2016;16(4):728–736.
43. Calvillo LM, Ramírez VM, Parra-Tabla V, Navarro J. Bee diversity in a fragmented landscape of the Mexican neotropic. *J Insect Conserv* 2010;14(4):323–334.
44. Vides-Borrell E, Porter-Bolland L, Ferguson BG, Gasselin P, Vaca R, Valle-Mora J, *et al.* Polycultures, pastures and monocultures: Effects of land use intensity on wild bee diversity in tropical landscapes of southeastern Mexico. *Biol Conserv* 2019;236:269–280.
45. González SM. La melisopalinología como una estrategia para la caracterización y regionalización de la miel en Tamaulipas México [tesis licenciatura]. Universidad Autónoma de Tamaulipas: México; 2017.
46. Alfaro Bates RG, Ortiz Díaz JJ, González Acereto JA. Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán.: “Plantas melíferas: melisopalinología.” *Biodiver Desarro Hum Yuc.* Durán R, Méndez M. editores. 2010;(7):346–358.
47. Nordin A, Sainik NQAV, Chowdhury SR, Saim AB, Idrus RBH. Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review. *J Food Compos Anal* 2018;73:91–102.
48. Cetzal-Ix W. Flora melífera de la península de Yucatán, México: Estrategia para incrementar la producción de miel en los periodos de escasez de alimento de *Apis mellifera* L. Desde El Herb CICY. 2019;11(5):172–179.
49. Villanueva-Gutiérrez R. Nectar sources of European and Africanized honeybees (*Apis mellifera* L.) in the Yucatán Peninsula, Mexico. *J Apic Res* 1994;33(1):44–58.
50. Villanueva GR. Polliniferous plants and foraging strategies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Rev Biol Trop* 2002;50(3–4):1035–1044.
51. Porter-Bolland L. La apicultura y el paisaje maya. Estudio sobre la fenología de floración de las especies melíferas. *Mex Stud* 2003;19(2):303–330.

52. Villégas DG, Bolaños MA, Miranda SJA, García AJ, Galván GOM. Floral nectarífera y polinífera del estado de Tamaulipas. SAGARPA. 2003:109.
53. Roman L, Palma JM. Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en el estado de Colima, México. Av Investig Agropecu 2007;11(3):3–24.
54. Piedras Gutiérrez B, Quiróz García DL. Estudio melisopalinológico de dos mieles de la porción sur del Valle de México. Polibotánica 2007;23:57–75.
55. Quiroz García D, Arreguín Sánchez M. Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Morelos, México. Polibotánica 2008;(26):159–173.
56. Villanueva-Gutiérrez R, Moguel-Ordóñez YB, Echazarreta-González CM, Arana-López G. Monofloral honeys in the Yucatán Peninsula, Mexico. Grana 2009;48(3):214–223.
57. Alfaro BRG, Acereto GJA, Ortiz JJ, Viera CFA, Burgos PAI, Martínez HE, *et al.* Caracterización palinológica de las mieles de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma de Yucatán-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Mérida, Yucatán, México. 2010.
58. Ramírez-Arriaga E, Navarro-Calvo LA, Díaz-Carbajal E. Botanical characterisation of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. Grana 2011;50(1):40–54.
59. Castellanos-Potenciano BP, Ramírez AE, Zaldivar-Cruz JM. Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Tabasco, México. Acta Zool Mex NS 2012;28(1):13–36.
60. Córdova C, Ramirez E, Hernández E, Zaldívar J. Botanical characterisation of honey (*Apis mellifera* L.) from four regions of the state of Tabasco, Mexico, by means of melisopalinological techniques. Univ Cienc Tróp Húmedo 2013;29(2):163–178.
61. Librado Carranza G. Plantas nectaríferas y poliníferas en la Costa Chica de Guerrero y municipios aledaños de Oaxaca. Tlamati Sabiduría. 2016;7.
62. Ramírez-Arriaga E, Martínez-Bernal A, Maldonado NR, Martínez-Hernández E. Palynological analysis of honeys and pollen loads of *Apis mellifera* (Apidae) from the central and northern regions of the state of Guerrero, Mexico. Bot Sci 2016;94(1):141–156.
63. González-Castillo MP. Caracterización palinológica de miel colectada por *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) en tres localidades del municipio de Durango, Dgo., México. Entomol Mex 2017;4:79–83.

64. Alaniz-Gutiérrez LA, Ail-Catzim CE, Villanueva-Gutiérrez R, Delgadillo-Rodríguez J, Ortíz-Acosta ME, García-Moya E, *et al.* Caracterización palinológica de mieles del Valle de Mexicali, Baja California, México. *Polibotánica* 2017;0(43):255–283.
65. González SM. La melisopalinología como una estrategia para la caracterización y regionalización de la miel en Tamaulipas México. 2017;(7).
66. Araujo-Mondragón F, Redonda-Martínez R. Flora melífera de la región centro-este del municipio de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Acta Bot Mex* 2019;(126):1–20.
67. Coh-Martínez ME, Cetzal-Ix W, Martínez-Puc JF, Basu SK, Noguera-Savelli E, Cuevas MJ. Perceptions of the local beekeepers on the diversity and flowering phenology of the melliferous flora in the community of Xmabén, Hopelchén, Campeche, Mexico. *J Ethnobiol Ethnomedicine* 2019;15(1):1–16.
68. Klein AM, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, *et al.* Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc R Soc B Biol Sci* 2007;274(1608):303–313.
69. Garibaldi LA, Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, *et al.* Set of crops regardless of honey bee abundance. *Science* 2013;339:1608–1612.
70. SAGARPA. Manual de Polinización Apícola. 2000.
71. Delgado-Carrillo O, Martén-Rodríguez S, Ashworth L, Aguilar R, Lopezaraiza-Mikel M, Quesada M. Temporal variation in pollination services to *Cucurbita moschata* is determined by bee gender and diversity. *Ecosphere* 2018;9(11).
72. Ish-am G, Barrientos-Priego F, Castaneda-Vildozola A, Gazit S. Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Rev Chapingo Ser Hortic* 1999;5:137–143.
73. Macías-Macías O, Chuc J, Ancona-Xiu P, Cauch O, Quezada-Euán JJG. Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera: Apoidea) to Solanaceae crop pollination in tropical México. *J Appl Entomol* 2009;133(6):456–465.
74. Rincón-Rabanales M, Roubik DW, Guzmán MA, Salvador-Figueroa M, Adriano-Anaya L, Ovando I. High yields and bee pollination of hermaphroditic rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) in Chiapas, Mexico. *Fruits* 2015;70(1):23–27.
75. Romero MJ, Quezada-Euán JJG. Pollinators in biofuel agricultural systems: The diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. *Apidologie* 2013;44(4):419–429.



76. Vergara CH, Badano EI. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agric Ecosyst Environ* 2009;129(1–3):117–123.
77. Zapata II, Villalobos CMB, Araiza DS, Solís ES, Martínez OA, Wallace R. Efecto de la polinización de la fresa por *Apis mellifera* L. y *Chrysoperla carnea* S. sobre la calidad de los frutos. *Nova Sci* 2014;7:85–100.
78. Meléndez-Ramírez V, Magana-Rueda S, Parra-Tabla V, Ayala R, Navarro G. Diversity of native bee visitors of cucurbit crops (cucurbitaceae) in Yucatán, México. *J Insect Conserv* 2002;6(3):135–147.
79. Badano EI, Vergara CH. Potential negative effects of exotic honeybees on the diversity of native pollinators and yield of highland coffee plantations. *Agric For Entomol* 2011;13(4):365–372.
80. Parra-Tabla V, Campos-Navarrete MJ, Arceo-Gómez G. Plant–floral visitor network structure in a smallholder Cucurbitaceae agricultural system in the tropics: implications for the extinction of main floral visitors. *Arthropod-Plant Interact* 2017;11(5):731–740.
81. Romero MJ, Quezada-Euán JJG. Pollinators in biofuel agricultural systems: The diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. *Apidologie* 2013;44(4):419–429.
82. Trejo-Salazar RE, Scheinvar E, Eguiarte LE. ¿Quién poliniza realmente los agaves? Diversidad de visitantes florales en 3 especies de *Agave* (Agavoideae: Asparagaceae). *Rev Mex Biodivers* 2015;86(2):358–369.
83. Osorio-Beristain M, Domínguez CA, Eguiarte LE, Benrey B. Pollination efficiency of native and invading Africanized bees in the tropical dry forest annual plant, *Kallstroemia grandiflora* Torr ex Gray. *Apidologie* 1997;28(1):11–16.
84. Jha S, Vandermeer JH. Contrasting bee foraging in response to resource scale and local habitat management. *Oikos* 2009;118(8):1174–1180.
85. Alaux C, Allier F, Decourtye A, Odoux JF, Tamic T, Chabirand M, *et al.* A “Landscape physiology” approach for assessing bee health highlights the benefits of floral landscape enrichment and semi-natural habitats. *Sci Rep* 2017;(7):1–10.
86. Boscolo D, Tokumoto PM, Ferreira PA, Ribeiro JW, dos Santos JS. Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels. *Perspect Ecol Conserv* 2017;15(1):18–24.

87. Carré G, Roche P, Chifflet R, Morison N, Bommarco R, Harrison-Cripps J, *et al.* Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. *Agric Ecosyst Environ* 2009;133(1–2):40–47.
88. Campos-Navarrete MJ, Parra-Tabla V, Ramos-Zapata J, Díaz-Castelazo C, Reyes-Novelo E. Structure of plant-Hymenoptera networks in two coastal shrub sites in Mexico. *Arthropod-Plant Interact* 2013;7(6):607–617.
89. de Santiago-Hernández MH, Martín-Rodríguez S, Lopezaraiza-Mikel M, Oyama K, González-Rodríguez A, Quesada M. The role of pollination effectiveness on the attributes of interaction networks: from floral visitation to plant fitness. *Ecology* 2019;100(10).
90. Domínguez-Alvarez A, Zenón-Cano S, Ayala-Barajas R. Estructura y fenología de la comunidad de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea). *Divers Hábitats Ecol Comunidades* 2007;(2):421–432.
91. Parra-Tabla V, Angulo-Pérez D, Albor C, Campos-Navarrete MJ, Tun-Garrido J, Sosenski P, *et al.* The role of alien species on plant-floral visitor network structure in invaded communities. *PLoS ONE* 2019;14(11):1–19.
92. Ramírez-Flores VA, Villanueva-Gutiérrez R, Roubik DW, Vergara CH, Lara-Rodríguez N, Dáttilo W, *et al.* Topological structure of plant-bee networks in four Mexican environments. *Sociobiology*. 2015;62(1):56–64.
93. Cane JH, Tepedino VJ. Gauging the effect of honeybee pollen collection on native bee communities. *Conserv Lett* 2017;10(2):205–210.
94. Anna-Aguayo AIS, Schaffner CM, Golubov J, López-Portillo J, García-Franco J, Herrera-Meza G, *et al.* Behavioral repertoires and interactions between *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and the native bee *Lithurgus littoralis* (Hymenoptera: Megachilidae) in flowers of *opuntia huajuapensis* (Cactaceae) in the Tehuacán desert. *Fla Entomol* 2017;100(2):396–402.
95. Pinkus-Rendon MA, Parra-Tabla V, Meléndez-Ramírez V. Floral resource use and interactions between *Apis mellifera* and native bees in cucurbit crops in Yucatán, México. *Entomol Soc Can* 2005;137:441–449.
96. Reyes-Novelo E, Meléndez-Ramírez V, Ayala R, Delfín-González H. Bee faunas (Hymenoptera: Apoidea) of six natural protected areas in Yucatan, Mexico. *Entomol News* 2009;120(5):530–544.