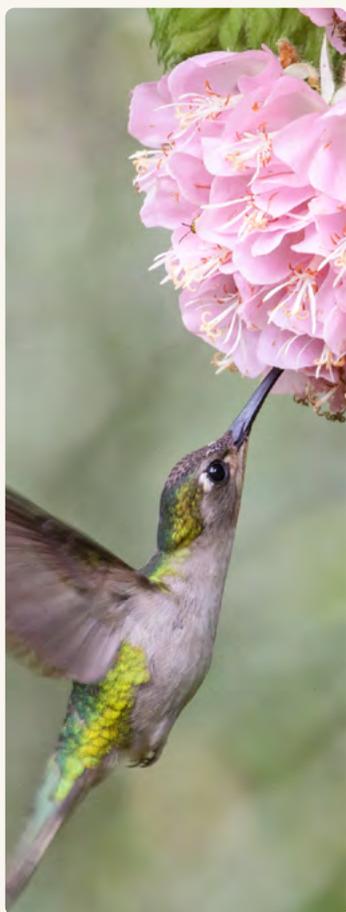


Diagnóstico. Situación actual de los polinizadores en México



Diagnóstico. Situación actual de los polinizadores en México



GOBIERNO DE
MÉXICO

AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Primera edición

Diagnóstico. Situación actual de los polinizadores en México (2021)

El Gobierno de México promueve el uso justo de este documento.
Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Producido y publicado por:

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA)
www.gob.mx/agricultura

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MEDIO AMBIENTE)
www.gob.mx/semarnat

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)
www.gob.mx/senasica

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
www.gob.mx/conabio

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)
<https://www.gob.mx/conanp>

Grupo de trabajo ampliado:

Colegio de Posgraduados (COLPOS)
Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA)
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS)
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Con el apoyo de:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn, Deutschland
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5
65760 Eschborn, Deutschland
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

"Integración de la Biodiversidad en la Agricultura Mexicana (IKI-IBA)"
Agencia de la GIZ en México Torre Hemisor, PH Av. Insurgentes Sur No. 826 Col. Del Valle
C.P. 03100, CDMX, México
T +52 55 5536 2344
F + 52 55 5536 2344
E giz-mexiko@giz.de
www.giz.de/mexico

Diseño:

Rafael Ríos. Ciudad de México

Créditos fotográficos:

Portada: CONABIO / Aldo Antonio Guevara Carrizales; Fernando Briceño Aguiñaga; José de Jesús Moreno Navarro; Juan Carlos T. García Morales; Miguel Méndez; Pedro Tenorio Lezama; Ricardo Torres Flores; Victor W. Steinmann

Interiores: CONABIO / Alfredo Lara Espino (46); Arnulfo Moreno (10); Bruno Téllez (20); Carlos Galindo Leal (35, 55); Celia López González (98); Edgar Isaac Hernández Burgos (18); Iván Montes de Oca Cacheux (24, 54); Jorge Ramírez Pech (56); Juan Sandoval (41); María Lucía Hernández Rojo (6); Mario Torres Sebastián (27); Miguel Ángel Sicilia Manzo (12, 76); Moisés Rivera Rodríguez (45); Mónica Rangel Havaux (14); Óscar Andrade Lara (144); Patricia Ramírez Bastida (123); René Cerritos (19); Ricardo Martínez-Garza (16); Ximena Lizaola (48). LANASE, UNAM / Leopoldo D. Vázquez Reyes (84). GIZ / Oscar Manuel Ramírez (124). Consejo Nacional de Productores de Aguacate A. C. (9). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (13, 83, 97, 143).

La publicación del *Diagnóstico. Situación actual de los polinizadores en México* es apoyada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de la República Federal de Alemania en el marco del proyecto "Integración de la Biodiversidad en la Agricultura Mexicana (IKI-IBA)" que forma parte de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI) y es implementado por la Cooperación Alemana a través de la GIZ - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GmbH)

Impreso y hecho en México

Contenido

Prefacio	7
Antecedentes	11
I. Diagnóstico del conocimiento y su sistematización	15
Introducción	15
Estado del conocimiento del servicio de polinización en México	22
Valor económico del servicio de polinización en especies de plantas cultivadas en México	26
Estado del conocimiento de la diversidad de polinizadores en Áreas Naturales protegidas (ANP) por región geográfica y Biomas en México	29
Estado del conocimiento de la diversidad de polinizadores en zonas urbanas y periurbanas	33
Estado del conocimiento, conservación y tendencias de cambio como resultado de los factores de presión y amenazas de las especies que prestan el servicio de polinización	37
Conclusiones y perspectivas	42
Evidencia de declive de polinizadores en México y otros países tropicales	43
Compilación sistemática y análisis sobre el uso y manejo sustentable de los polinizadores nativos y exóticos de México	49
Resultados	52
Meliponicultura en México	56

Tecnificación y uso de polinizadores experimentales.....	57
Experiencias exitosas en la conservación de polinizadores	57
Uso y manejo de polinizadores en la normatividad mexicana....	58
Conclusiones del uso y manejo sustentable de polinizadores nativos y exóticos de México.....	59
Literatura citada	61
II. Impacto de los organismos genéticamente modificados (OGM) en polinizadores	77
Efectos Directos.....	78
Efectos indirectos	78
Afectación de los polinizadores silvestres por la introgresión de transgenes en ambientes naturales	80
Literatura citada	81
III. Enfermedades de las abejas melíferas en México	85
Enfermedades bacterianas de la cría	85
Enfermedades micóticas de la cría	87
Enfermedades virales de la cría.....	88
Enfermedades parasitarias de las abejas adultas.....	88
Enfermedades micóticas de las abejas adultas.....	90
Enfermedades virales de las abejas adultas	90
Plagas de la Abeja Melífera	91
IV. Diagnóstico sobre políticas públicas, marco legal y atribuciones institucionales relacionados con la conservación y el uso de polinizadores en México	99
Primeros antecedentes de atención regional y nacional a los polinizadores.....	141

Apéndice 1

Palabras clave utilizadas en la búsqueda de literatura.....	145
---	-----

Apéndice 2

Polinizadores efectivos de especies de plantas nativas, introducidas, cultivadas y silvestres reportados en la literatura científica para México.....	146
---	-----

Apéndice 3

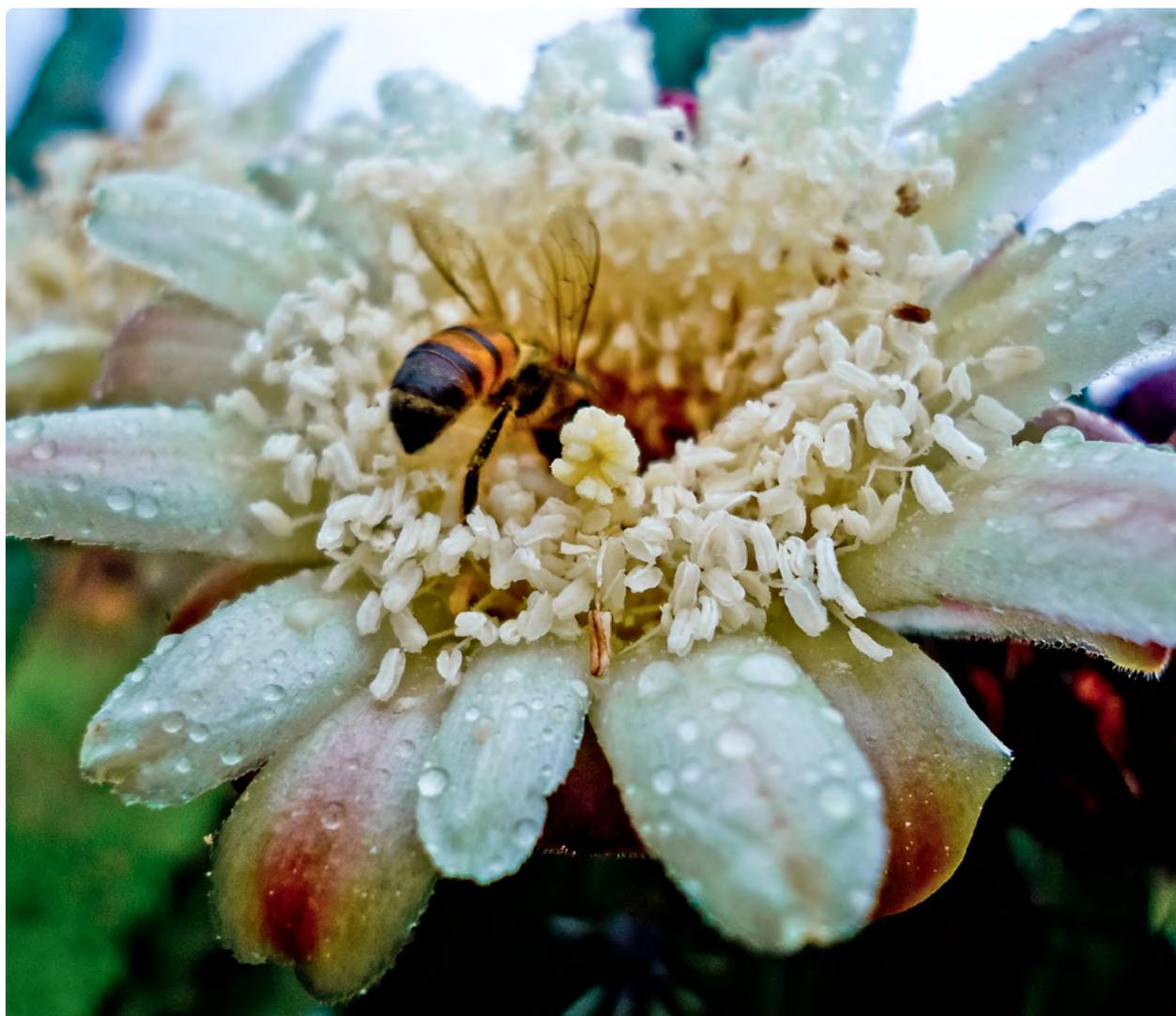
Listado de Áreas Naturales Protegidas analizadas.....	148
---	-----

Apéndice 4

Presencia de patógenos en polinizadores de México.....	151
--	-----

Apéndice 5

Estudios con abejas sin aguijón en México.....	152
--	-----



La polinización animal es un servicio ambiental esencial en todos los ecosistemas terrestres naturales y agrícolas.
Foto: María Lucía Hernández Rojo, CONABIO

Prefacio

La polinización es uno de los procesos biológicos más importantes: por un lado, es una interacción fundamental de la evolución de plantas y sus visitantes florales en el planeta, y por otro las consecuencias de la polinización mantienen procesos ecosistémicos a corto y largo plazo. Su importancia se ve reflejada dentro de los diversos indicadores de cambio climático, de pérdida de biodiversidad, salud ecosistémica por las implicaciones económicas, sociales, y sobre biodiversidad que tendría una disminución o pérdida del proceso. Los humanos, como muchos otros organismos, dependen de la polinización que es el impulsor en la producción de alimentos y en el mantenimiento de la diversidad biológica.

Desde que los especialistas, organizaciones de la sociedad civil, campesinos y apicultores han llamado la atención sobre la disminución de las poblaciones de diversos polinizadores (vertebrados e invertebrados), se ha dado cada vez más relevancia a su importancia a nivel ecosistémico, agronómico y productivo, así como a su elevado valor intrínseco en términos ambientales, culturales, sociales y económicos; por esto, los polinizadores se volvieron causa de preocupación en la sociedad en general. Para México, siendo centro de origen y diversificación de cultivos importantes, y un país que alberga una muy alta diversidad biológica, implica que la polinización es uno de los procesos intrínsecos a esta riqueza. La dependencia de la polinización para mantener la agrobiodiversidad así como la integridad ecológica, es una piedra angular para el desarrollo del país. Entender las acciones que permitan la continuidad del servicio de polinización y de las especies cuyo capital evolutivo es incommensurable, e identificar aquellas presiones que las limitan o ponen en riesgo, son elementos centrales en cualquier forma de conservación.

En este contexto, la generación de un instrumento de política pública nacional específico para la conservación y uso sustentable de los polinizadores, resulta una herramienta de alto interés para la nación, tanto para lograr la conservación de procesos ecológicos claves, como para garantizar la seguridad y soberanía alimentarias. Por ello, en 2019 el gobierno federal propuso elaborar la *Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los*

Polinizadores (ENCUSP), con el fin de orientar su conservación y alcanzar la sostenibilidad del servicio ecosistémico a largo plazo en beneficio de la sociedad y de los procesos ecológicos y evolutivos de los ecosistemas y sus especies.

Como parte del proceso de construcción de esta Estrategia, se realizó un análisis inicial para identificar el estado general del conocimiento sobre la importancia del tema y su problemática desde la perspectiva de las distintas instituciones que participaron en el proceso. Además, se solicitó a reconocidos especialistas en el tema la elaboración de los documentos “Situación actual de los polinizadores en México: Diagnóstico del conocimiento y su sistematización” y “Políticas públicas, marco legal y atribuciones institucionales relacionados con la conservación y el uso de polinizadores en México”.

El presente documento compila la información presentada en los diagnósticos, así como la provista por los miembros del Grupo de Trabajo Ampliado, que sirve de base para los Ejes Temáticos, Líneas Estratégicas y Acciones plasmadas en la ENCUSP y sirve de acompañamiento a la estrategia, para todos aquellos que deseen profundizar en esta información. Los diagnósticos se realizaron durante 2019, y la mayoría de los datos son actualizados hasta finales de ese año.



Foto: Consejo Nacional de Productores de Aguacate A. C.



Colibrí Pico Ancho (*Cyanthus latirostris*).
Foto: Arnulfo Moreno, CONABIO

Antecedentes

Desde que los especialistas llamaron la atención sobre la disminución de las poblaciones de insectos, los temas relacionados con los polinizadores y la polinización como servicio ecosistémico han tomado cada vez más relevancia, volviéndose causa de preocupación en la sociedad en general.

México como país megadiverso y siendo centro de origen de cultivos importantes, necesita que la polinización siga ocurriendo como proceso natural, tanto desde la perspectiva de la agrobiodiversidad como de la integridad ecológica, ambos aspectos esenciales para el desarrollo del país. Por esto, es necesario entender cuáles serán los efectos del declive de los polinizadores en la producción agrícola y apícola nacional y en la conservación de los recursos naturales de los mexicanos. Un análisis reciente de la Plataforma Intergubernamental sobre la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (IPBES) mostró la importancia fundamental de los polinizadores para la ecología y la economía mundial y se establecieron medidas y recomendaciones para mitigar el efecto de los diferentes estresores sobre las mismas, recomendándose el desarrollo e implementación de estrategias de manejo y conservación de las abejas y otros polinizadores, así como la integración de estas estrategias dentro de las políticas públicas y la idiosincrasia de los productores agrícolas y la población en general.

En este contexto, la generación de un instrumento de política pública nacional específico para la conservación y uso sustentable de los polinizadores resulta una herramienta de alto interés para la nación, tanto para lograr la conservación de procesos ecológicos claves, como para garantizar la seguridad y soberanía alimentaria. De esta manera, en 2019 se propuso elaborar la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de Polinizadores (ENCUSP), con el fin de orientar su conservación y alcanzar la sostenibilidad del servicio ecosistémico a largo plazo en beneficio de la sociedad y de los procesos ecológicos y evolutivos de los ecosistemas y sus especies. Este documento constituye un esfuerzo intersectorial del gobierno federal para dar

respuesta a las inquietudes de la sociedad respecto al tema, y para atender una problemática que puede atentar contra las metas de sustentabilidad y seguridad alimentaria del país.

El presente diagnóstico de la situación actual de los polinizadores en México se realizó en el contexto de la estructuración de la ENCUSP, proporcionando insumos importantes para la construcción de sus ejes estratégicos, líneas y acciones. Un resumen ejecutivo de este diagnóstico se incluye en la ENCUSP como información base para la estrategia.



México, uno de los 14 países megadiversos, necesita que la polinización continúe como un proceso natural para asegurar su riqueza alimentaria.

Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo, CONABIO



Foto: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural



Mariposa Julia o Flama (*Dryas julia*).
Foto: Mónica Rangel Havaux, CONABIO

I. Diagnóstico del conocimiento y su sistematización

Responsable:

Dr. Mauricio Quesada Avendaño

Institución: Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) (Morelia), Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
Dirección: Antigua carretera a Pátzcuaro 8701, col. Ex-Hacienda de San José de la Huerta C. P. 591890, Morelia, Michoacán, México
Correo electrónico: mquesada@cieco.unam.mx

Colaboradores:

Dra. Silvana Martén Rodríguez, M. en C. Oliverio Delgado Carrillo, Biol. Estrella Esmeralda Páramo Ortiz, Dr. Samuel Matos Antunes de Novais, M. en C. Martín Hesajim de Santiago Hernández, M. en C. Edson Jacob Cristóbal Pérez Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica, ENES (Morelia), Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM, México

♦ Introducción

La polinización biótica es un servicio ambiental esencial en todos los ecosistemas terrestres naturales y agrícolas, que es realizado por diversos grupos de insectos como abejas, avispas, mariposas, moscas y vertebrados como colibríes y murciélagos (Mayer *et al.*, 2011). Las principales funciones ecológicas de los polinizadores incluyen facilitar la reproducción sexual y promover el intercambio genético de plantas que dependen de polinización por animales; esta actividad permite mantener la diversidad de especies de plantas y asegura la disponibilidad de recursos florales para el mantenimiento de los polinizadores (Aguilar *et al.*, 2006; Potts *et al.*, 2010; 2016; Hendrickx *et al.*, 2007; Burkle & Alarcón, 2011). Se ha estimado que la polinización favorece la fecundación de cerca del 90% de las plantas con flor (Mayer *et al.*, 2011; Kremen *et al.* 2007). Los polinizadores son cruciales para el bienestar de la sociedad, porque de ellos depende en gran medida la productividad agrícola, la seguridad alimentaria y la salud de los ecosistemas (Allen-Wardell *et al.*, 1998; Klein *et al.*, 2007; Kremen *et al.*, 2007). El servicio de polinización brindado por los animales beneficia la propagación y producción de más del 60% de todas las plantas cultivadas y es fundamental para la producción de hasta el 70% de los cultivos usados directamente para el consumo humano (Williams, 1994; Klein *et al.*, 2007). Estos cultivos incluyen frutas,

semillas, especias estimulantes como el café, el té, e incluso aceites vegetales (Aizen *et al.*, 2008; Gallai *et al.*, 2009; Vergara & Badano, 2009; Calderone, 2012; Rizzardo *et al.*, 2012). El valor de los servicios de polinización a la agricultura mundial ha sido estimado en 153 mil millones de euros (Gallai *et al.*, 2009).

Entre los polinizadores, las abejas son el grupo de visitantes florales con mayor diversidad y abundancia de especies en todos los ecosistemas terrestres naturales y agrícolas (Neff, 1993; Willmer, 2011). Las abejas se alimentan de polen y néctar, y durante la búsqueda de estos recursos visitan gran cantidad de flores. En este proceso, las plantas obtienen un beneficio para su reproducción, estableciéndose entre ellas y los polinizadores relaciones mutualistas que en algunos casos tienen un alto grado de especialización que ha evolucionado desde hace 150 millones de años (Michener, 2007; Rosas-Guerrero *et al.*, 2014). Otros insectos, como moscas, avispas, hormigas, escarabajos y mariposas diurnas y nocturnas, juegan también un papel importante en la polinización de las plantas (Rosas-Guerrero *et al.*, 2014); sin embargo, se tiene poca información sobre el impacto de estos grupos de insectos en los servicios de polinización.

Por otra parte, algunos grupos de vertebrados como los colibríes y los murciélagos son también polinizadores importantes de ciertos grupos de plantas, como las epífitas, plantas de sotobosque y cactáceas (Sekercioglu, 2006). En general, diferentes grupos de polinizadores están siendo amenazados por actividades humanas que incluyen la destrucción del hábitat, uso indiscriminado de agroquímicos, introducción de patógenos o parásitos y el cambio climático (Watanabe, 2014).

Se ha documentado en todo el planeta el descenso poblacional de grupos de polinizadores incluyendo especies de abejas silvestres y manejadas (Williams, 1982; National Research Council, 2007; Goulson *et al.*, 2008; Ellis *et al.*, 2010; Potts *et al.*, 2010; vanEngelsdorp *et al.*, 2009; Cameron *et al.*, 2011). Diferentes factores han sido asociados con estos declives, entre los que destacan: la disminución de la abundancia, diversidad y calidad de los recursos florales, la dispersión a nuevas áreas de parásitos y patógenos y su transmisión a nuevos hospederos, la exposición a plaguicidas y otros agroquímicos, el cambio climático y la alteración del hábitat, (Quesada *et al.*, 2004; 2011; Zayed, 2009; Potts *et al.*, 2010; 2016; Goulson *et al.*, 2015; IPBES, 2016). La acción y los efectos de estos factores pueden ocurrir a diferentes niveles de organización ecológica.

Factores como la alteración y pérdida del hábitat y el cambio climático tienen efectos sobre la comunidad y el paisaje al modificar la fenología floral



Abeja (*Apis mellifera*).
Foto: Ricardo Martínez-Garza, CONABIO

y la diversidad taxonómica de las comunidades vegetales (Kleijn *et al.*, 2009; Winfree *et al.*, 2009; Bartomeus *et al.*, 2011; 2013), provocando la disminución de los recursos florales y sitios de reproducción para los polinizadores y un desbalance en las relaciones mutualistas planta-polinizador dentro de los ecosistemas terrestres (Garibaldi *et al.*, 2011; Hoover *et al.*, 2012; Burkle *et al.*, 2013; Scheper *et al.*, 2014; Baude *et al.*, 2016). Por ejemplo, los efectos del empobrecimiento de la dieta se observan a nivel poblacional e individual al disminuir la longevidad y supervivencia en abejas melíferas y su resistencia a diferentes factores estresantes (Naug, 2009; Alaux *et al.*, 2010; Lyko *et al.*, 2010; Huang, 2012; Di Pasquale *et al.*, 2013). El uso descontrolado de agroquímicos modifica la riqueza y composición de los recursos florales, y además afecta directamente a los polinizadores a través de intoxicaciones que pueden tener efectos letales (IPBES, 2016), o subletales alterando la conducta de forrajeo y la capacidad de vuelo, la resistencia a enfermedades y la reproducción (Williamson & Wright, 2013; Fischer *et al.*, 2014; Gill & Raine, 2014).

La combinación de factores negativos que afectan a los polinizadores agrava en mayor medida el declive de las poblaciones de polinizadores alrededor del mundo (Goulson *et al.*, 2015). La alteración y pérdida del hábitat, el cambio climático, el estrés nutricional, la exposición crónica a plaguicidas y la dispersión de patógenos al interactuar sinérgicamente magnifican sus efectos negativos sobre la inmunocompetencia de las abejas y posiblemente otros polinizadores, disminuyendo la resistencia de las colonias a las enfermedades y reduciendo la tasa de crecimiento de estas (Pettis *et al.*, 2012; González-Varo *et al.*, 2013; Goulson *et al.*, 2015). El efecto de diferentes agentes estresores se ha estudiado con mayor detalle en la abeja melífera (*Apis mellifera*) (Williams *et al.*, 2010; Van Der Sluijs *et al.*, 2013; Goulson *et al.*, 2015). El problema del “colapso de colonias”, también conocido como CCD (por sus siglas en inglés: Colony Collapse Disorder) ha sido reconocido como uno de los casos más críticos de descenso poblacional de un polinizador, en este caso *Apis mellifera* en Asia, Europa y Norteamérica (National Research Council, 2007; vanEngelsdorp *et al.*, 2009; Potts *et al.* 2010, Stankus, 2014). El CCD es considerado por muchos autores como el resultado de la interacción entre varios factores causales.

La apicultura es una actividad pecuaria importante en México y sus fines principales son la producción de miel y en algunas regiones el servicio de polinización que suma más de 110 millones de dólares de ingresos al año (FAOSTAT, 2016). La producción promedio anual de miel en nuestro país se ubica en un rango de 50 - 60 mil toneladas, con un porcentaje de exportación de entre el 40 y el 50% al año, lo que coloca a México como el sexto país productor y tercer país exportador en el mundo (SIAP, 2017; FAOSTAT, 2016). En México más de 50 mil familias dependen de la apicultura, y existen más de 2 millones de colmenas de *Apis mellifera*, cerca de 8,000 colmenas de meliponinos y un número desconocido de criadores de abejorros nativos y no nativos (Echazarrera *et al.*, 1997; SIAP, 2016). Existen reportes periodísticos de la disminución

de poblaciones de *A. mellifera* en más de 10 estados del país, destacando el caso de la Comarca Lagunera con una pérdida de colonias mayor al 50% en 2016, según lo ha reportado el Comité Nacional Sistema Producto Apícola. Las causas de la pérdida de colmenas y en general de las fluctuaciones en la producción de miel en México, son poco conocidas, aunque se han propuesto como las más importantes la invasión de abejas africanizadas (Guzmán-Novoa *et al.*, 2011), cambios ambientales y exposición a plaguicidas neonicotinoides (Claridades Agropecuarias, marzo 2010; Uribe-Rubio *et al.*, 2015) y diferentes patógenos (De la Mora *et al.*, 2015). El problema del colapso de colonias ampliamente asociado al declive de las poblaciones de *A. mellifera* en Estados Unidos, Canadá y Europa (Neumann & Carreck, 2010; Potts *et al.*, 2010; vanEngelsdorp & Meixner, 2010), no ha sido reportado como tal en México (Vandame & Palacios, 2010) pero no existen estudios serios y cuantificaciones objetivas al respecto.

México representa un caso especial ya que es uno de los 17 países megadiversos del planeta, y es centro de origen y domesticación de plantas importantes para el ser humano, con más de 420 especies utilizadas, 286 como alimentos y 80 como insumos para la industria de importancia nacional e internacional (Bellon *et al.*, 2009; Ashworth *et al.*, 2009). Más del 85% de tales especies dependen de los polinizadores (Ashworth *et al.*, 2009) estimándose su valor para el país en 43 mil millones de pesos (Ashworth *et al.*, 2009; Quesada *et al.*, 2011). México tiene una enorme riqueza de polinizadores nativos, incluyendo varias especies de abejorros y abejas sin aguijón, que han demostrado proveer servicios de polinización eficientes en cultivos de importancia nacional y mundial como el chile, jitomate, cucurbitáceas y cítricos (Cauich *et al.*, 2004; Macías-Macías *et al.*, 2009; Torres-Ruiz & Jones, 2012; Vergara & Fonseca-Buendía, 2012). No obstante, hay pocos estudios que evalúan el efecto de los polinizadores sobre los cultivos, esto ha limitado el desarrollo de tecnología para su manejo comercial sustentable. Este es un elemento esencial para abastecer la demanda que existe actualmente de polinizadores, sobre todo en cultivos protegidos. Además, la falta de conocimiento del efecto de los polinizadores nativos en la producción de cultivos en México ha llevado a la importación de especies exóticas de las que se desconoce su efecto en la productividad de cultivos y su impacto en la comunidad local de polinizadores (Torres-Ruiz & Jones, 2012). Por otra parte, México alberga más de 21 mil especies de plantas con flor, 51% de ellas endémicas (Villaseñor & Ortiz, 2014) que requieren los servicios de polinización prestados por abejas nativas y poblaciones manejadas y ferales de *A. mellifera*, moscas, escarabajos, colibríes, murciélagos y otros vertebrados (Quesada *et al.*, 2004; 2011).



Apicultura en Iztapalapa, Ciudad de México.
Foto: Edgar Isaac Hernández Burgos, CONABIO



Especies de importancia económica como el cacao son polinizadas por dípteros.
Foto: René Cerritos, CONABIO

En México el tema del declive de los polinizadores comienza a ser abordado por la comunidad científica, pero aún es un problema poco estudiado. A nivel nacional, se conoce poco sobre el estado actual de las poblaciones de las principales especies de polinizadores y sobre la disponibilidad de los recursos florales en diferentes condiciones del paisaje. Uno de los pocos grupos nativos estudiados incluye a los abejorros que bajo los criterios de la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, hay 12 especies amenazadas de las 23 analizadas para Mesoamérica (UICN, 2019). Este primer análisis indica una situación urgente tanto para abejas como para otros polinizadores que requiere ser atendida. Tampoco se ha evaluado el efecto de los factores de riesgo potenciales y sus interacciones sobre un declive potencial de polinizadores en México. Por lo tanto, es necesario generar información para entender cuáles serán los efectos del declive de los polinizadores en la producción agrícola y apícola nacional, la seguridad alimentaria de los mexicanos y en la composición y estructura de los ecosistemas. Además, se deben desarrollar e implementar estrategias de manejo y conservación de las abejas y otros polinizadores e integrar estas estrategias dentro de las políticas públicas y la idiosincrasia de los productores agrícolas y la población en general, además de identificar buenas prácticas agrícolas que favorezcan el mantenimiento y restauración de los hábitats de los polinizadores, promover estrategias de conservación y restauración e implementar estrategias de comunicación, educación, participación social y sensibilización sobre polinizadores y el servicio de polinización. Un análisis reciente de la Plataforma Intergubernamental sobre la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos, en el que participaron investigadores que también participan en este diagnóstico, mostró la importancia fundamental de los polinizadores para la ecología y la economía mundial y se establecieron una serie de medidas y recomendaciones para mitigar el efecto de los diferentes estresores sobre las mismas (IPBES, 2016).

La pérdida de polinizadores y sus consecuencias negativas sobre toda la biodiversidad en ambientes naturales, la producción agrícola y la seguridad alimentaria, son hoy reconocidas por los gobiernos de numerosos países que han establecido estrategias e iniciativas regionales y nacionales. Entre estas iniciativas hay que destacar la Iniciativa Africana de Polinizadores (API), la Campaña Norteamericana de Protección a Polinizadores (NAPPC), la Iniciativa Europea de Polinizadores (EPI), la Iniciativa Brasileña de Polinizadores (BPI), la Iniciativa Oceánica de Polinizadores (OPI), la Iniciativa Canadiense de Polinización (NESERC-CANPOLIN), la Iniciativa de Insectos Polinizadores del Reino Unido (UK IPI) y la Iniciativa Colombiana de Polinizadores-Capítulo Abejas (ICPA). Asimismo, se han impulsado iniciativas globales y proyectos internacionales, entre los que destacan esfuerzos regionales impulsados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (COP-13 y 14) y por proyectos financiados por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF). Estas iniciativas globales apremian a los gobiernos a desarrollar de manera urgente investigación en este campo y han acordado medidas para la protección de polinizadores y sus servicios ecosistémicos (e.g. <http://www.fao.org/pollination/projects/es/>; <http://www.ipbes.net/work-programme/pollination>; <http://promotepollinators.org/>). Por lo tanto, es fundamental que México adopte a corto plazo una estrategia nacional para la conservación y el uso sustentable de polinizadores.



Descenso poblacional de polinizadores debido a la alteración de su hábitat.
Foto: Bruno Téllez, CONABIO

En este contexto, la generación de un instrumento de política pública nacional específico para la conservación y uso sustentable de los polinizadores resulta una herramienta de alto interés para la nación, tanto para lograr la conservación de procesos ecológicos claves, como para garantizar la

seguridad y soberanía alimentaria. De esta manera se propuso elaborar la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de Polinizadores, con el fin de orientar su conservación, articular los diferentes instrumentos de gestión institucionales vinculados a polinizadores y alcanzar la sostenibilidad a largo plazo del servicio ecosistémico que proporcionan a largo plazo en beneficio de la sociedad y de los procesos ecológicos y evolutivos de los ecosistemas y sus especies.

Como parte de la actualización de información para la elaboración de la Estrategia, se propuso realizar un análisis inicial para conocer el estado general del conocimiento, de los polinizadores en México, así como del marco legal y las políticas públicas relacionadas, que pudieran orientar el diseño de las líneas estratégicas y actividades que se deberán incluir. Como parte de la metodología de análisis de la situación actual se distribuyó un cuestionario entre los miembros del Grupo de Trabajo Ampliado con preguntas guía como base para la compilación de información, en relación con el conocimiento de la situación, importancia y problemática desde la perspectiva de cada una de las instituciones. Asimismo, se solicitó la elaboración de los documentos *Situación actual de los polinizadores en México: Diagnóstico del conocimiento y su sistematización* y *Políticas públicas, marco legal y atribuciones institucionales relacionados con la conservación y el uso de polinizadores en México* a reconocidos especialistas en el tema¹.

Esta información sirvió como base para la elaboración del presente Diagnóstico, el cual a su vez representa el insumo clave para la construcción de la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de Polinizadores.

Objetivo General

Compilar, sistematizar y analizar la información para realizar un diagnóstico de línea base sobre el estado del conocimiento del servicio ecosistémico de la polinización en México y el de los polinizadores que prestan este servicio.

Métodos

Para realizar la compilación sistemática sobre el estado del conocimiento del servicio ecosistémico de la polinización en México, se buscó información en la literatura publicada en bases de datos electrónicas especializadas (ISI Web of Knowledge, Scopus, Scielo, Agris y Google Scholar). Utilizamos diferentes combinaciones de palabras clave: “Biodiversity pollination México”, “Biodiversidad polinización México”, “Pollinate México”, “Biodiversity pollinate México”, “Hymenoptera pollinator diversity México”, “Bee pollinate México”, “Butterfly diversity México”, “Diversity moth México”, “Moth pollinate México”, “Bat

1. Dr. Mauricio Quesada Avendaño, del Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (LANASE), Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) (Morelia), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y la M. en Fil. Ana Ortiz Monasterio, especialista en derecho ambiental y desarrollo sustentable, respectivamente.

pollinate México”, “Bat pollinator diversity México”, “Hummingbird pollinate México”, “Hummingbird diversity México”, “Nocturnal pollinator México”, “Night pollinate México”, “Diversity flies México”, “Flies pollinate México”, “Fly pollinate México”, “Beetle pollinate México”, “Pollinat México”, “Nocturnal pollinat México”, “Nocturnal pollinat México”, “Nocturnal pollinate México”, “Night pollination México”, “Bee pollinat México”, “Biodiversity pollinat México”, “Hummingbird pollinat México”, “bat pollinat México”, “Hawkmoth pollinat México”, “Moth pollinat México”, “Hawkmoth México”, “Moth México”, “Flies pollinat México”, “Beetle pollinat México” “Pollination service mex”, “Pollination service Mexico”, “Agro pollinat Mex”, “Agricultural pollination service México”, (“Crop pollinat*” or “Flower visit*” or “Pollination service*” or “Pollinator supplementation”) and Mexico”. Seleccionamos un rango de tiempo de 1900 hasta 2019 (Apéndice 1). Debido a que los resultados de búsqueda pueden resultar en estudios duplicados o sin relación con nuestro objetivo, revisamos cada uno de los artículos individualmente. Seleccionamos todos aquellos estudios realizados en México donde se haya evaluado la efectividad de los polinizadores mediante aproximaciones como visitas, depósito de polen, carga de polen y producción de frutos y semillas. Consideramos si las especies de polinizadores son nativos o introducidos y si las especies de plantas son cultivadas, silvestres, nativas o introducidas.

♦ Estado del conocimiento del servicio de polinización en México

Nuestra búsqueda en bases de datos electrónicas especializadas resultó en un total de 2,464 estudios. De este total, 399 estudios cumplen con nuestros criterios de búsqueda. Los estudios revisados evalúan el servicio de polinización prestado por especies de invertebrados como abejas, abejorros, escarabajos, mariposas (diurnas y nocturnas), avispas, dípteros, hormigas y especies de vertebrados como aves (colibríes y otras aves), murciélagos y una especie de marsupial mexicano, mediante aproximaciones como visitas, depósito de polen, carga de polen y producción de frutos y semillas (figura 1).

Nuestros resultados muestran que 190 estudios evaluaron el servicio de polinización prestado por especies de abejas en plantas silvestres y cultivadas. De estos estudios, 136 evaluaron el servicio de polinización prestado por especies de abejas nativas como *Scaptotrigona mexicana*, *Peponapis utahensis*, *Peponapis crassidentata*, *Melipona becheii*, *Nannotrigona perilampoides*, *Trigona nigra* y *Trigona fulviventris*. 54 estudios analizaron el servicio de polinización prestado por la especie introducida *Apis mellifera* y un estudio en el abejorro introducido *Bombus impatiens*. Pocos estudios analizaron el servicio ecosistémico de polinización que proveen especies de polinizadores como abejorros (14), avispas (9), escarabajos (21), hormigas (14), trips (1), mariposas diurnas (11), mariposas nocturnas (15), dípteros (23), aves (36) y murciélagos (65) (figura 1). En especies de vertebrados, 65 estudios evaluaron el servicio de polinización

prestado por especies de murciélagos de la familia *Phyllostomidae* y 33 estudios el servicio de polinización prestado por especies de colibríes. En estos estudios generalmente se asocia el servicio de polinización prestado por especies de murciélagos y colibríes a especies de agaves y cactáceas utilizadas para la producción de bebidas alcohólicas (pulque, tequila y mezcal), alimentos (quio-te, pitahayas) y utensilios (Molina-Freaner & Eguiarte, 2003; Valiente-Banuet *et al.*, 2007; Trejo-Salazar *et al.*, 2016). Otro conjunto de estudios en polinizadores como mariposas (diurnas y nocturnas), colibríes, hormigas, abejorros y escarabajos son listados taxonómicos que simplemente consideran la diversidad de especies que están presentes en los diferentes biomas de México sin establecer sus interacciones bióticas.

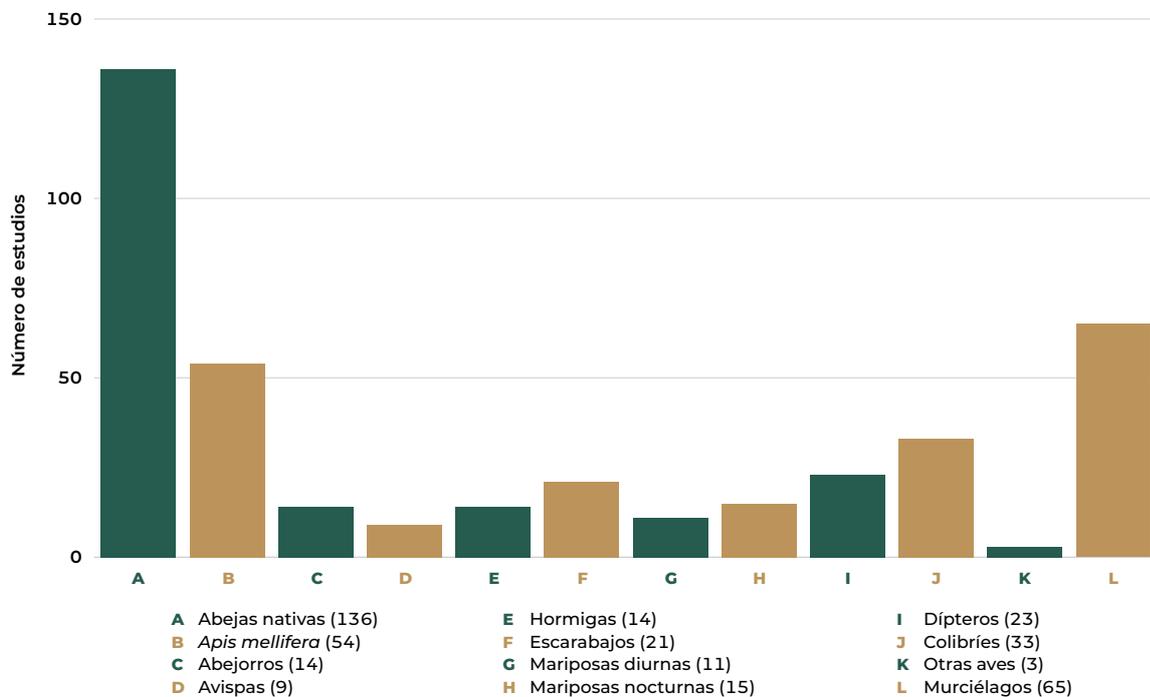


FIGURA 1. Número de estudios que evaluaron el servicio de polinización prestado por diferentes grupos taxonómicos de polinizadores.

En México se ha registrado un total de 21,841 especies de angiospermas de las cuales aproximadamente el 80% depende en algún grado del servicio de polinización prestado por animales (Ashworth *et al.*, 2014). De este total 425 especies de plantas son utilizadas de alguna forma por el ser humano y 171 especies son utilizadas exclusivamente para la producción de frutos y semillas, de estas últimas, 145 especies de plantas son dependientes de polinizadores (Ashworth *et al.*, 2009). Nuestros resultados muestran que 91 especies de

plantas silvestres o cultivadas se benefician del servicio de polinización provisto por animales. Sin embargo, únicamente 38 estudios evaluaron el efecto de los polinizadores en el éxito reproductivo de plantas utilizadas por el ser humano como alimento, ornato o usos medicinales.

Algunas especies de plantas nativas cultivadas son aprovechadas como alimento, por ejemplo: calabaza, pitahaya, frijol, aguacate, nopales y vainilla polinizados por especies de abejas (Castillo *et al.*, 2005; Delgado-Carrillo *et al.*, 2018; Parra-Tabla *et al.*, 2017), tomate y chile polinizados por especies de abejorros (Lan-daverde-González *et al.*, 2017; Torres-Ruiz & Jones, 2012), agaves polinizados por murciélagos (Arizaga, *et al.*, 2000b, 2000a; Trejo-Salazar *et al.*, 2016) y cacao polinado por especies de dípteros (Avendaño *et al.*, 2011). Algunas de las especies de plantas reportadas en los estudios son aprovechadas directamente en su condición silvestre, por ejemplo, la pitahaya (*Hylocereus undatus*) (Valiente-Banuet *et al.*, 2007), especies de agaves (Arizaga *et al.*, 2000b, 2000a; Trejo-Salazar *et al.*, 2015) y el camote silvestre (*Ipomoea trifida*) (de Santiago-Hernández *et al.*, 2019). Otros estudios evaluaron el servicio de polinización en especies de plantas nativas utilizadas como ornato, por ejemplo, algunas especies de agaves como *Agave macroacantha* (Arizaga *et al.*, 2000b, 2000a). Otro estudio comparó el servicio de polinización prestado por especies de polinizadores nativos y polinizadores introducidos en especies de plantas no nativas como el rambután (Rincón-Rabanales *et al.*, 2015). Estos estudios demuestran la importancia del servicio de polinización prestado por especies de abejas nativas como *Scaptotrigona mexicana*, *Melipona beecheii* y abejas de la familia *Halictidae* que brindan un mejor servicio de polinización que *A. mellifera* (Rincón-Rabanales *et al.*, 2015). En cultivos introducidos como el café, melón, sandía, pepino y manzana los estudios señalan que el incremento de la diversidad o abundancia de especies de abejas incrementa la producción de frutos (Meléndez-Ramírez *et al.*, 2002; Parra-Tabla *et al.*, 2017; Rios-Velasco *et al.*, 2014; Vergara & Badano, 2009). Esto implica que existe complementariedad en el servicio de polinización, el cual ocurre cuando las comunidades de polinizadores contribuyen a alcanzar el límite de la producción de frutos, ya que la suma de especies comunes e infrecuentes de polinizadores contribuyen a alcanzar un mayor umbral de polinización (Bushman & Drummond, 2015; Garibaldi *et al.*, 2014; Kleijn *et al.*, 2015; Kremen, 2018; Mandelik *et al.*, 2012; Hoehn *et al.*, 2008) (Apéndice 2).

Los polinizadores introducidos también fueron analizados en función de su efectividad para producir frutos y semillas. Algunos estudios han demostrado que *Apis mellifera* presta un servicio de polinización en especies de plantas



Especie de abejorro (*Bombus* sp.), polinizador del tomate y el chile.
Foto: Iván Montes de Oca Cacheux, CONABIO

nativas cultivadas cuando su polinizador legítimo no está disponible. Por ejemplo, el estudio de Delgado-Carrillo *et al.*, (2018) describe que especies nativas de abejas del género *Peponapis* son los polinizadores legítimos de la especie de calabaza *Cucurbita moschata* durante la época lluviosa en el bosque tropical seco de Chamela en la costa de Jalisco, México, época donde *Cucurbita* silvestre florece y *Peponapis* emerge. Sin embargo, *C. moschata* también se cultiva durante la época seca cuando las especies de *Peponapis* no están presentes o se encuentran en bajo número, es entonces cuando *A. mellifera* se convierte en el principal visitante floral, y aunque no es tan efectivo para polinizar como *Peponapis*, posiblemente *A. mellifera* en conjunto con la comunidad de polinizadores nativos, sean los que contribuyen a la producción de frutos y semillas de los cultivos de *C. moschata*. En el caso de la especie introducida de abejorro *Bombus impatiens* y la especie nativa *Bombus ephippiatus* se ha comparado su efectividad como polinizadores en cultivos de tomate verde (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de Invernadero (Torres-Ruiz & Jones, 2012). Los resultados de este estudio sugieren que ambas especies de abejorros contribuyen de la misma forma en el desarrollo del fruto, respecto al peso, número de semillas y diámetro.

En conclusión, el estudio de especies de abejas nativas y la abeja introducida *Apis mellifera* han recibido especial atención sobre otros grupos de animales como escarabajos, dípteros, mariposas nocturnas, abejorros, otras aves, avispas y hormigas. Considerando que México es un país con una gran diversidad de especies de angiospermas, nuestros resultados sugieren que existe información limitada sobre los diferentes grupos de animales que prestan el servicio de polinización. Además, en la mayoría de los estudios no se considera el efecto de los visitantes florales en el éxito reproductivo de las especies de plantas. Esto sugiere que la mayoría de los estudios pueden estar considerando especies de visitantes florales como polinizadores cuando no lo son (de Santiago-Hernández *et al.*, 2019). Por otro lado, los estudios que consideran el efecto de abejas nativas sobre el éxito reproductivo de especies de plantas nativas o introducidas que son cultivadas o silvestres demuestran que las especies de abejas nativas proveen un buen servicio de polinización que se traduce en una mayor producción de frutos o semillas (Bushmann & Drummond, 2015; Garibaldi *et al.*, 2014; Kleijn *et al.*, 2015; Kremen, 2018; Mandelik *et al.*, 2012; Hoehn *et al.* 2008). Otros estudios también demuestran que la especie de abeja introducida *Apis mellifera* provee un eficiente servicio de polinización a especies de plantas nativas que son cultivadas fuera de su temporada (Delgado-Carrillo *et al.*, 2018). Además, en cultivos introducidos en México se considera que una mayor diversidad de especies de polinizadores incrementa la producción de frutos debido a que se suman y complementan los diferentes niveles de efectividad del servicio de polinización favoreciendo así la producción de frutos (Meléndez-Ramírez *et al.*, 2002; Parra-Tabla *et al.*, 2017; Rios-Velasco *et al.*, 2014; Vergara & Badano, 2009). Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que es necesario incrementar el conocimiento

sobre el servicio de polinización que proveen diferentes tipos de animales, en particular especies de dípteros, escarabajos, mariposas nocturnas y avispas. Finalmente, es necesario que estudios futuros consideren evaluar de manera cuantitativa el servicio de polinización que proveen los diferentes grupos de polinizadores sobre las especies de plantas nativas, introducidas, silvestres o cultivadas.

♦ Valor económico del servicio de polinización en especies de plantas cultivadas en México

El servicio de polinización es fundamental para mantener la biodiversidad, estructura y funcionalidad de los ecosistemas. Este servicio provisto por animales contribuye a la reproducción de especies de plantas silvestres y cultivadas utilizadas por el ser humano como alimento, ornato o usos medicinales. Cuantificar los beneficios de los polinizadores ha sido un reto debido a la gran variación de las condiciones de polinización y a la falta de información sistematizada en sistemas no agrícolas o cultivos de traspatio de los que se ignora el total de la producción y en algunos casos la dependencia de los cultivos a los polinizadores. El cálculo monetario es una aproximación al valor económico del servicio de polinización provisto por animales a la producción de los cultivos. Esta aproximación permite considerar los sistemas reproductivos de las plantas, la fauna de visitantes florales y el nivel en el que la producción de los cultivos se beneficia del servicio de polinización provisto por animales, todo esto apoyado por evidencia científica (Klein *et al.*, 2007).

Los cultivos dependientes de polinizadores permiten obtener mayor cantidad de alimento por unidad de superficie generando una mayor ganancia económica por unidad de área que los cultivos no dependientes de polinizadores (Ashworth *et al.*, 2009; Chacoff *et al.*, 2010; Quesada *et al.*, 2012). El servicio de polinización provisto por animales puede cuantificarse monetariamente en función del nivel de dependencia de cada cultivo al servicio de polinización provisto por polinizadores (Klein *et al.*, 2007). Por ejemplo, para el año 2010 se reportó que el valor económico total del servicio de polinización de 103 especies de plantas cultivadas en México fue de 43 mil millones de pesos (Quesada *et al.*, 2012). En el mismo estudio se evaluó el valor económico neto y el valor económico del polinizador de 20 especies de plantas de mayor cultivo en México para el 2010, tanto para especies de plantas nativas como la tuna, la guayaba, la calabaza, la papaya, el pimiento, el frijol, el aguacate y el jitomate, y especies introducidas como el brócoli, la zarzamora, el durazno, el melón, el pepino, la fresa, la sandía, el limón, la manzana, el mango, la naranja y el café.

El valor económico de los polinizadores puede calcularse con base en la contribución que tienen las especies de polinizadores sobre la fructificación de un cultivo, además de la dependencia del cultivo hacia los polinizadores. Sin embargo, debido a la carencia de información de la contribución de los

polinizadores al éxito reproductivo de los cultivos y debido a que el servicio que brindan es espacio-temporal, lo más factible es calcular el valor del servicio basado en la dependencia general al servicio de polinización por especie de cultivo. Una de las limitantes con este cálculo es que las especies de cultivos pueden variar en cuanto a dependencia de polinizadores, por ejemplo, existen variedades cultivadas de papaya (*Carica papaya*) con flores hermafroditas, cuando en la naturaleza las poblaciones de papaya silvestre son dioicas (individuos con flores de un solo sexo, ya sean masculinas o femeninas).



Apis mellifera polinizando
Foto: Mario Torres Sebastian,
CONABIO

En este estudio, nosotros calculamos el valor económico neto de 19 especies de plantas con mayor cultivo en México: aguacate, frijol, pimiento, jitomate, naranja, fresa, calabaza, zarzamora, mango, pepino, papaya, sandía, café, manzana, melón, guayaba, durazno y cacao reportadas por Quesada *et al.*, (2012). Para calcular el valor económico neto de cada cultivo multiplicamos el volumen total de producción y el precio medio rural en pesos mexicanos para el año 2018. Ambos datos fueron obtenidos del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIAP 2018) (<http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>). Para calcular el valor económico de los polinizadores utilizamos la herramienta para la evaluación del servicio de polinización (Tool for Economic Valuation of Pollination Service) provisto por la FAO (Gallai & Vaissière, 2009). Esta herramienta multiplica el valor de dependencia cuantitativa de los cultivos a polinizadores (oscila de 0 a 1, siendo 1 total dependencia de polinizadores y 0 dependencia nula) con el valor económico neto del respectivo cultivo para estimar el valor económico de los polinizadores (Klein *et al.*, 2007).

El cultivo de tuna ya no se reporta en los datos de producción agrícola para el 2018. Cultivos nativos como el aguacate (\$31,820,000,000), pimiento (\$31,700,000,000) y el jitomate (\$29,700,000,000) tuvieron el mayor valor económico neto en el 2018. De estos tres cultivos, el valor económico del polinizador fue mayor en el aguacate con \$20,687,000,000 de pesos mexicanos (figura 2). Para cultivos como el jitomate y el pimiento, el valor económico del polinizador es bajo comparado con el aguacate, debido a que estos cultivos tienen menor dependencia a los polinizadores (Klein *et al.*, 2007) (figura 2). Otras especies de plantas nativas como la calabaza, el cacao y especies introducidas como el melón y la sandía tienen gran dependencia a los polinizadores y el valor económico neto se aproxima al valor económico del polinizador. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que la producción de cultivos con alguna dependencia a polinizadores está gravemente amenazada por el declive de polinizadores a nivel mundial poniendo en riesgo la seguridad alimentaria.

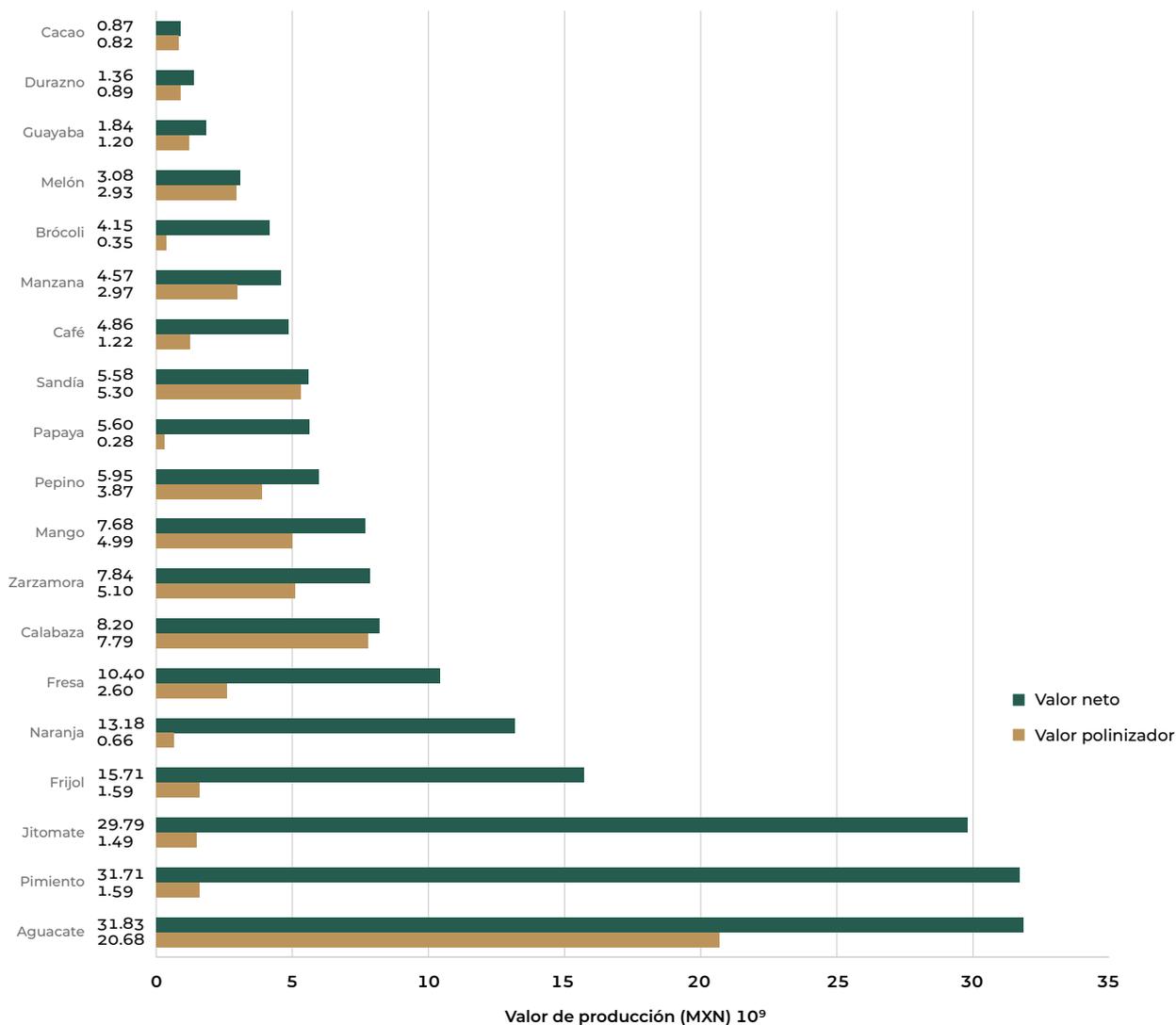


FIGURA 2 _ Importancia económica del servicio de polinización para 19 cultivos dependientes de insectos polinizadores con mayor producción en México en 2018.

Los números a la derecha de las barras indican el valor económico del servicio de polinización en miles de millones de pesos (M. Quesada, elaboración propia con datos de SIAP 2018).

En conclusión, los polinizadores en plantas cultivadas en México favorecen una mayor producción de frutos y por lo tanto un mayor ingreso económico. Las especies de plantas nativas como el aguacate, pimiento y jitomate son los cultivos que generan mayores ingresos económicos a nivel nacional. Además, el valor económico del polinizador para el cultivo de aguacate es del 65% del valor neto del cultivo, esto sugiere que la pérdida de polinizadores puede afectar gravemente la producción y el ingreso económico que se obtiene de este cultivo. Así mismo, la producción y los ingresos económicos de especies de plantas nativas como el cacao, calabazas y especies de plantas

introducidas como el café, sandía, zarzamora y mango que tienen alta dependencia del servicio de polinización están amenazados totalmente por el declive y la desaparición de polinizadores. Finalmente, nuestros resultados sugieren que el declive y la pérdida de polinizadores son amenazas serias para la seguridad alimentaria y además sugieren la necesidad de hacer labores en pro de la conservación de la diversidad de especies de polinizadores.

♦ Estado del conocimiento de la diversidad de polinizadores en Áreas Naturales protegidas (ANP) por región geográfica y Biomas en México

En México las Áreas naturales protegidas (ANP) son instrumentos para la conservación de la diversidad biológica; por lo general estas áreas albergan especies de polinizadores que proveen del servicio de polinización a especies de plantas silvestres y cultivadas dependientes de polinizadores. De acuerdo al artículo 45 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en sus fracciones II, III, IV y V, las ANP tienen el objetivo de salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial, asegurar el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sus elementos, proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio, generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional.

Las ANP en buen estado de conservación, son reservorios naturales de la diversidad de especies de plantas y especies de polinizadores como abejas, avispas, dípteros, mariposas (diurnas y nocturnas), escarabajos, aves y murciélagos, así como de hábitats, sitios de refugio, anidamiento y obtención de recursos alimenticios. Por lo tanto, las ANP en México ayudan a conservar especies animales que brindan el servicio de polinización a 145 especies de plantas cultivadas en México que son dependientes de polinizadores (Ashworth *et al.*, 2009). Bajo esta premisa, buscamos información sobre el estado del conocimiento de la diversidad de polinizadores en ANP que se encuentran en diferentes biomas de México. Seleccionamos 84 ANP de 121 que cuentan con “Programa de Conservación y Manejo” y que están publicadas en: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/programas-de-manejo?state=published>. Seleccionamos ANP que están distribuidas en diferentes biomas terrestres y excluimos aquellas ANP que consideran ecosistemas marinos como los arrecifes. Las ANP seleccionadas incluyen 58 ANP que están incluidas en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP) que por su biodiversidad y características ecológicas son consideradas de especial relevancia para el país.

Buscamos cuántas de las ANP seleccionadas tienen listados de grupos taxonómicos de polinizadores como abejas, avispas, escarabajos, dípteros, mariposas (diurnas y nocturnas), colibríes y murciélagos. La búsqueda la realizamos en colecciones biológicas científicas del Herbario Nacional (MEXU), Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), Programas de manejo publicados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) e información publicada por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA). También consultamos información en libros y Tesis universitarias a través del sistema "INDIXE" de la Red Mexicana de Repositorios Institucionales (REMERI).

También consultamos 20 libros que recopilan información de la diversidad biológica de México y tres tesis universitarias. Revisamos información de 84 ANP que incluyen 20 Parques Nacionales, 32 Reservas de la Biósfera, 5 Monumentos naturales y 25 Áreas de protección de Flora y Fauna (Apéndice 3). Nuestra revisión muestra que las 84 ANP tienen listados de la diversidad de especies de plantas, 36 de la diversidad de abejas, 43 de mariposas diurnas, 78 de colibríes y 61 de especies de murciélagos polinizadores. No encontramos listados de especies de mariposas nocturnas, escarabajos, avispas y dípteros donde se especifique que presten el servicio de polinización (figura 3).

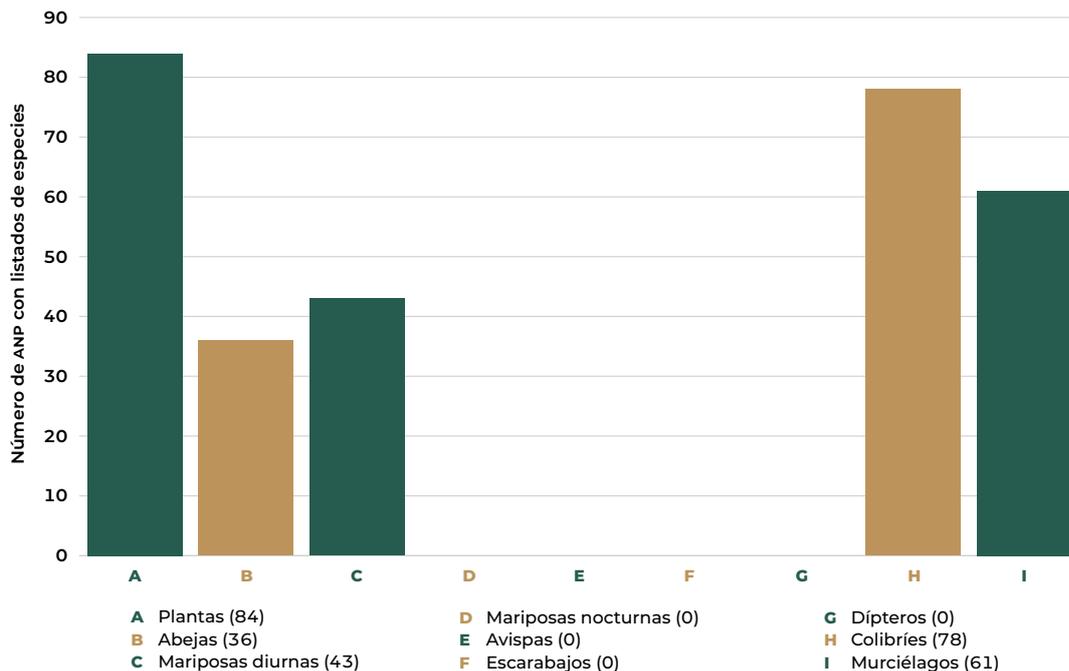


FIGURA 3. Número de Áreas Naturales Protegidas (ANP) que cuentan con listados de especies de plantas y grupos taxonómicos de polinizadores.

En México las Áreas Naturales Protegidas se encuentran distribuidas en 8 regiones geográficas de acuerdo con la CONANP: Región Centro y Eje Neovolcánico, Región Frontera Sur-Istmo y Pacífico Sur, Región Noreste y Sierra Madre Oriental, Región Noroeste y Alto Golfo de California, Región Norte y Sierra Madre Occidental, Región Occidente y Pacífico Centro, Región Península de Yucatán y Región Planicie Costera y Golfo de México (CONANP, 2019). En general, las ANP en todas las regiones geográficas carecen de listados de toda la diversidad de especies de polinizadores; en particular de especies de abejas, escarabajos, mariposas (diurnas y nocturnas), dípteros y murciélagos (figura 4).

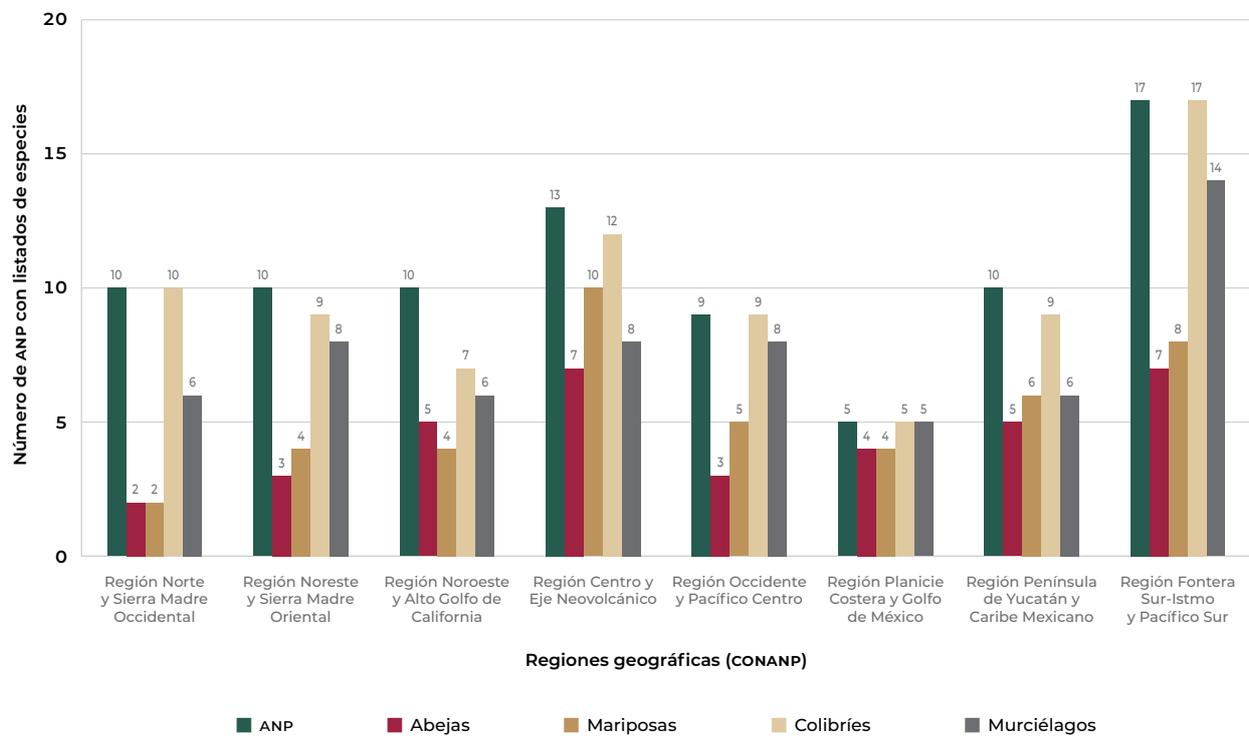


FIGURA 4. Número de Áreas Naturales Protegidas que cuentan con listados de diversidad de polinizadores en cada una de las regiones geográficas de la CONANP.

Las ANP seleccionadas para este análisis se encuentran distribuidas en 10 biomas reportados para México: Bosque mesófilo de montaña, Bosque templado, Bosque tropical húmedo, Bosque tropical seco, Desierto, Matorral submontano, Matorral xerófilo, Pastizal natural, Pastizal alpino y Vegetación acuática y subacuática (CONANP, 2019). Nuestros resultados muestran que hay un mayor número de ANP distribuidas en Bosques templados (23 ANP), seguido por Bosque tropical seco (17 ANP) y Bosque tropical húmedo (12 ANP).

Otros biomas como el Bosque mesófilo de montaña están representados por 3 ANP, mientras que matorral submontano, matorral xerófilo, pastizal natural y pastizal alpino son biomas representados con un ANP cada uno. El Bosque mesófilo de montaña y el Bosque tropical seco son los biomas que tienen el mayor conocimiento de la diversidad de especies de plantas y polinizadores, seguidos por el Desierto, Vegetación Acuática y Subacuática, Bosque tropical húmedo y bosque templado (figura 5).

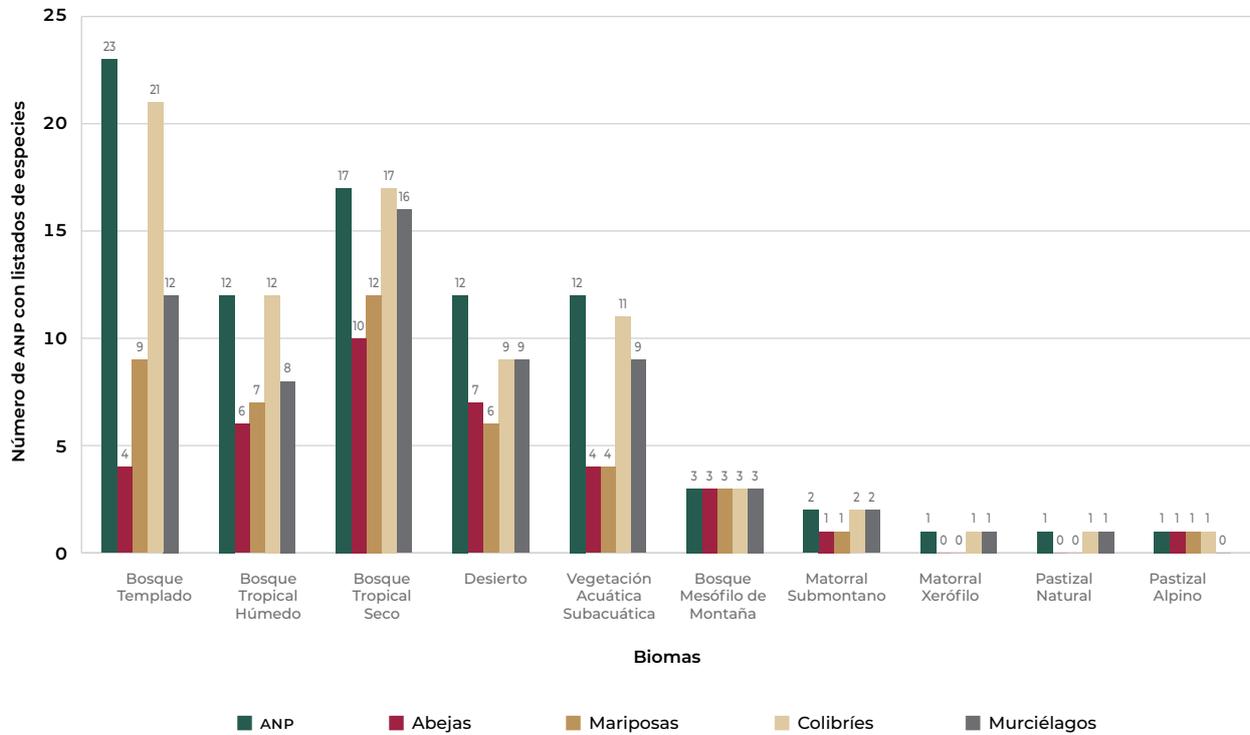


FIGURA 5. Número de ANP que cuentan con listados de grupos taxonómicos de polinizadores por bioma.

Las ANP en bosques tropicales tuvieron el mayor registro de especies de plantas y polinizadores. La Reserva de la Biósfera “Montes azules” ubicada en el Estado Chiapas con un bioma de Bosque Tropical Húmedo tuvo el mayor registro de especies de plantas (3400 especies) y especies de colibríes (27 especies). La Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán con Bosque Tropical Seco en el estado de Jalisco fue la segunda ANP con mayor registro de especies de plantas (2,900). La Reserva de la Biósfera “Los Tuxtlas” en el Estado de Veracruz con Bosque Tropical Húmedo fue la tercer ANP con mayor número de especies de plantas (2,686 especies) y tiene el mayor registro de especies de Mariposas (861 especies). La Reserva de la Biósfera “El Cielo” en

Tamaulipas con vegetación de Bosque Mesófilo de Montaña fue el ANP con mayor número de especies de abejas registradas (823). La Reserva de la Biosfera “Chamela-Cuixmala” en el Estado de Jalisco fue el ANP con el mayor registro de especies de abejas (257 especies) para los Bosques Tropicales Secos y es la única ANP en la que se han registrado nueve especies de aves diferentes a colibríes que visitan flores de distintas especies de plantas. Finalmente, el Parque Nacional “Santa María Huatulco” en Oaxaca presenta vegetación de Bosque Tropical Seco y tiene el mayor registro de murciélagos polinizadores con 9 especies registradas.

En conclusión, la mayoría de las ANP en México carecen de listados que recopilan la información de las especies de polinizadores como abejas, escarabajos, dípteros, avispas, colibríes y murciélagos. Organismos como escarabajos, avispas, dípteros y mariposas nocturnas no están representados en ninguna de las ANP revisadas. La nula información de estos grupos de polinizadores sugiere una falta de análisis y evaluación de los servicios de polinización que estos organismos brindan a las especies de plantas dentro de las ANP. Además, nuestros resultados sugieren la necesidad de vincular la información de los listados taxonómicos de las especies de plantas y animales de las ANP con información ecológica disponible en la literatura científica; esto con la finalidad de enriquecer y mejorar la síntesis de la información biológica disponible para las ANP. Por lo tanto, es necesario incrementar el conocimiento científico de la diversidad de organismos y sus roles ecológicos que nos permita hacer mejores evaluaciones del estado de conservación e implementar mejores estrategias de manejo y conservación para las ANP.

♦ Estado del conocimiento de la diversidad de polinizadores en zonas urbanas y periurbanas

Las actividades humanas han sido señaladas como la principal causa de la defaunación del medio ambiente (Dirzo *et al.*, 2014). Actividades como la agricultura, ganadería y la urbanización han sido señaladas como algunas de las causas que favorecen la pérdida de polinizadores a nivel mundial (Kremen *et al.*, 2002; Winfree *et al.*, 2009, 2011; Aizen *et al.*, 2019). El avance de la urbanización favorece la pérdida de hábitat, alimento y sitios de refugio y anidamiento para la mayoría de las especies de polinizadores (Aizen *et al.*, 2019). Sin embargo, a pesar de que la urbanización se ha sugerido como uno de los factores más importantes que aceleran la pérdida de hábitat, pocos estudios a nivel mundial han evaluado el efecto de la urbanización en la diversidad de especies de plantas y polinizadores (Potts *et al.*, 2010; Theodorou *et al.*, 2020). La poca evidencia en la literatura, indica que la heterogeneidad de los ambientes urbanos puede favorecer a algunas especies de abejas al introducir nuevos sitios que pueden ser utilizados para anidar o especies de plantas que pueden ser utilizadas como alimento (Cane *et al.*, 2006; Winfree *et al.*, 2009). Sin embargo, en otras especies de abejas (Henning & Ghazoul

2006) y otros tipos de polinizadores como especies de abejorros (Biesmeijer *et al.*, 2006), mariposas (Maes & VanDick 2001) y moscas (Theodorou *et al.*, 2020) se ha descrito que la pérdida de hábitat debido a la urbanización puede tener efectos tan negativos como la extinción local de estas especies. Por otro lado, la pérdida de polinizadores debido al crecimiento urbano también afecta la reproducción de especies de plantas, limitando el intercambio genético y la regeneración natural de la flora nativa (Arizmendi *et al.*, 2007). Por lo tanto, es importante conocer el estado actual del conocimiento de la diversidad de polinizadores en sitios urbanos, periurbanos y suburbanos que nos permita tener un diagnóstico adecuado del efecto de la urbanización sobre las especies de polinizadores y las necesidades de investigación científica en México.

Para conocer el estado actual del conocimiento de la diversidad de polinizadores en zonas urbanas y periurbanas, realizamos una búsqueda en la literatura científica utilizando el motor de búsqueda "Web of Science" y utilizamos las siguientes palabras clave: ("Pollinat*" and ("Urban" or "suburban" or "periurban")) and "Mex").

Nuestra búsqueda resultó en un total de 14 artículos publicados en revistas indizadas internacionalmente, de los cuales 4 analizaron el efecto de la urbanización en la diversidad y/o abundancia de polinizadores. Uno de estos estudios analizó la abundancia de colonias de cinco especies de abejas sin aguijón y sus hábitos de anidación en tres sitios con diferente perturbación antropogénica en la región del Soconusco en Chiapas, México (Fierro *et al.*, 2012). Los sitios analizados fueron un sitio agroforestal, pastizales y un área urbana. Los resultados de este estudio indican que las especies de abejas sin aguijón, *Tetragonisca angustula angustula*, *Trigona fulviventris*, *Scaptotrigona mexicana*, *Scaptotrigona pectoralis* y *Oxytrigona mediorufa* cambian sus hábitos de anidación, ya que en sitios agroforestales y pastizales los nidos de estas especies se agrupan espacialmente, mientras que en sitios urbanos los nidos se encuentran dispersos. Los autores sugieren que la dispersión espacial de nidos en sitios urbanos se debe principalmente a la pérdida de especies de árboles que limita el establecimiento de los nidos; además, los sitios urbanos ofrecen poca disponibilidad de sitios con sustratos adecuados para establecer nidos subterráneos. Por lo tanto, los autores sugieren que la pérdida de hábitat en sitios urbanos favorece la disminución de la abundancia de las especies de abejas y limita los sitios de refugio y anidamiento.

Otro estudio analizó la diversidad de especies de abejas en tres áreas con diferente uso de suelo: un área urbana, sitios de cultivo y sitios de vegetación conservada de bosque tropical seco del Área de Protección de Flora y Fauna "Sierra de Quila" en el estado de Jalisco (Razo-León *et al.*, 2018). En este estudio se registró un total de 160 especies de abejas en las que se incluyó la especie europea *Apis mellifera*. Según sus resultados, en sitios con vegetación conservada se registraron 120 especies de abejas, seguido por 98 especies en sitios de cultivo y 81 especies en sitios urbanos. Así mismo, la abundancia de las especies de abejas fue mayor en sitios con vegetación conservada

(5,067 individuos), seguido de sitios de cultivo con 4,786 y el área urbana con 4,202 individuos. Los autores sugieren que la disminución de la riqueza y abundancia de las especies de abejas en sitios de cultivo y sitios urbanos es resultado de la pérdida de hábitat que limita la disponibilidad de recursos florales y sitios de anidamiento.

En un estudio realizado por Restrepo y Halffter (2013) evaluaron la diversidad de mariposas en dos ciudades, Xalapa y Coatepec, Veracruz, donde establecieron cuatro categorías (urbana, suburbana, área de protección ecológica y bosque). Sus resultados indican que los sitios del área de protección ecológica tuvieron la mayor riqueza de especies de mariposas (38), seguido por el sitio urbano con 36 especies, sitio suburbano con 27 especies y bosque con 21 especies. Sin embargo, aunque el sitio urbano tuvo un valor alto de riqueza, algunas especies de mariposas fueron poco abundantes, mientras que otras especies como *Diaethria anna anna* tuvieron una gran abundancia. Este resultado fue opuesto en sitios de bosque, donde otras especies de mariposas son abundantes mientras que *Diaethria anna anna* estuvo poco representada. Esto sugiere que las especies de mariposas pueden responder de diferentes formas a la urbanización, donde algunas se ven beneficiadas y otras son afectadas negativamente. Por otro lado, los autores destacan que la cobertura vegetal es factor importante que favorece la diversidad de mariposas y sugieren conectar parches de vegetación que permitan mantener e incrementar la diversidad de mariposas en sitios urbanos, suburbanos y bosques.

El último de los estudios que analizamos evaluó el efecto de bebederos artificiales en la frecuencia de visitas de colibríes en dos especies de plantas nativas, *Salvia fulgens* y *Salvia mexicana*, en un parque de la ciudad de México (Arizmen-di *et al.*, 2007). Los resultados de este estudio indican que las especies de colibríes prefieren alimentarse de bebederos artificiales, ya que estos les proveen de alimento constante. En consecuencia, las especies de colibríes reducen sus tasas de visita a las especies de *Salvia* y por lo tanto disminuye la producción de semillas. Este resultado indica que el uso de bebederos artificiales para colibríes en ambientes urbanos amenaza seriamente la permanencia de especies de plantas nativas que dependen de los colibríes para su reproducción. Los autores sugieren que es necesario limitar el uso de bebederos artificiales e incrementar el cultivo de plantas nativas para colibríes. De esta manera, las especies de colibríes obtendrán recursos florales naturales y favorecerán la reproducción de las especies de plantas nativas, asegurando así la permanencia de colibríes y plantas en ambientes urbanos.



Colibrí Berilo (*Amazilia beryllina*) en un bebedero artificial.
Foto: Carlos Galindo Leal, CONABIO

Debido a que la pérdida de hábitat ha sido señalada como la principal causa de pérdida de diversidad de polinizadores, en México se han implementado algunas iniciativas para asegurar la permanencia de las especies de polinizadores y plantas nativas en sitios urbanos. Estas iniciativas involucran la creación de jardines para polinizadores con el objetivo de brindar sitios de alimentación y al mismo tiempo conocer la diversidad y abundancia de las especies de polinizadores en sitios urbanos. En particular, en el año 2014 se inauguró el primer jardín para polinizadores enfocado en atraer y brindar alimento a especies de colibríes en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_069.html. Posteriormente otras escuelas de nivel primaria y medio superior en la Ciudad de México se han sumado a esta iniciativa creando jardines para polinizadores <http://coroarizmendi.com.mx/jardines-urbanos-de-colibriacuttees.html>. Recientemente, el Laboratorio Nacional de Síntesis Ecológica (LANASE) de la Escuela Nacional de Estudios Superiores (Unidad Morelia) UNAM, participa en dos programas para la creación de jardines para polinizadores en sitios urbanos: a) UNAMonos por los Polinizadores que busca promover la construcción jardines de polinizadores en 3 campus de la UNAM; b) PUMAS (Polinizadores Urbanos de México por un Ambiente Sustentable) que busca promover la construcción de jardines de polinizadores en la ciudad de Morelia y en la Ciudad de México. Estos programas buscan incentivar el cultivo y la propagación de especies de plantas nativas que ofrecen recursos florales para diferentes tipos de polinizadores como colibríes, abejas, moscas, polillas y mariposas. Además, estos programas buscan incorporar la instalación de hoteles para polinizadores con la finalidad de brindar sitios de anidamiento y refugio para especies de abejas. Finalmente, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) también busca incentivar la creación de jardines para polinizadores en escuelas de la Ciudad de México, Estado de México y el Estado de Querétaro, utilizando especies de plantas nativas; además de fomentar la participación ciudadana en el monitoreo de las especies de polinizadores mediante el uso de la plataforma "Naturalista" (<http://www.paismaravillas.mx/polinizadores/>).

En conclusión, nuestros resultados indican que en México hay muy pocos estudios que han evaluado la diversidad de polinizadores en zonas urbanas y periurbanas. La poca evidencia indica que la pérdida de hábitat en zonas urbanas de México afecta negativamente la riqueza y la abundancia de especies de abejas, mariposas y colibríes. Este resultado indica que es necesario incentivar el desarrollo de estudios que consideren otros grupos de polinizadores como especies de murciélagos, escarabajos, dípteros, avispas, colibríes, abejorros y mariposas diurnas y nocturnas que no han sido estudiados en sitios urbanos de México. La disminución de la diversidad y abundancia de polinizadores también amenaza la permanencia de especies de plantas nativas que dependen de polinizadores para reproducirse. Por lo que también

es importante analizar la diversidad de especies de plantas que brindan alimento, refugio o sitios de anidamiento para las diferentes especies de polinizadores en sitios urbanos. Por otro lado, es necesario incentivar el desarrollo de estudios que evalúen la diversidad de polinizadores en sitios urbanos y periurbanos en diferentes biomas de México, por ejemplo, bosques tropicales secos, templados y húmedos, matorrales xerófilos y vegetación acuática y subacuática, etc. Esto permitirá conocer la vulnerabilidad de las interacciones planta-polinizador al avance de la urbanización en diferentes biomas de México y proponer estrategias que ayuden a frenar el deterioro de los recursos de alimentación, refugio y anidamiento de los polinizadores. Finalmente, es importante incentivar la diversificación de la agricultura, la conservación y la recuperación de espacios con plantas nativas para proveer sitios de alimentación, refugio y anidamiento para polinizadores que aseguren su permanencia en ambientes urbanos.

♦ Estado del conocimiento, conservación y tendencias de cambio como resultado de los factores de presión y amenazas de las especies que prestan el servicio de polinización.

A nivel global diferentes factores han sido asociados con el declive de las poblaciones de polinizadores, entre los que destacan: la disminución de la abundancia, diversidad y calidad de los recursos florales, la dispersión a nuevas áreas de parásitos y patógenos y su transmisión a nuevos hospederos, la exposición a plaguicidas y otros agroquímicos, el cambio climático y la alteración del hábitat. (Quesada *et al.*, 2004; 2011; Zayed, 2009; Potts *et al.*, 2010; 2016; Goulson *et al.*, 2015; IPBES. 2016).

Métodos

Para conocer el estado actual del conocimiento de los factores de riesgo que afectan a las poblaciones de polinizadores en México, realizamos una búsqueda en la literatura científica utilizando el motor de búsqueda “Web of science” mediante las siguientes palabras clave: ((“*pesticide**” OR “*habitat loss*” OR “*natural enem**” OR “*varroa*” OR “*virus**” OR “*disease**” OR “*habitat fragmentation*” OR “*pathogen**” OR “*monoculture**”) AND (“*bees*” OR “*pollinator**” OR “*native bees*” OR “*meliponini*” OR “*nectarivor**” OR “*bats*” OR “*hummingbirds*” OR “*moths*”) AND “*mexico*”).

Resultados

Obtuvimos un total de 117 artículos científicos publicados en revistas indizadas, de los cuales 62 fueron útiles para nuestra revisión. Los estudios que se incluyeron fueron aquellos que evaluaron factores de riesgo sobre las poblaciones de polinizadores, así como reportes de nuevos registros de ocurrencia y prevalencia de patógenos en las poblaciones de polinizadores. Fueron descartados aquellos

estudios que no se realizaron en México o que no hacen una evaluación de los factores de riesgo sobre las poblaciones de polinizadores.

De los estudios obtenidos sistematizamos la información por grupo de polinizadores como se muestra en la figura 5. De esta manera obtuvimos que, de la información publicada, un alto porcentaje corresponde a estudios con *Apis mellifera* como especie de estudio (58%), seguido por estudios realizados en abejas nativas (28%), mientras que una menor proporción corresponde a análisis con murciélagos (6%), colibríes (5%) y otros insectos polinizadores (p.ej. escarabajos, moscas, entre otros) (3%) (figura 6).

De acuerdo con la información publicada, en México se han identificado y estudiado al menos cinco factores de riesgo sobre las polinizadores que incluyen: Patógenos, Uso de Plaguicidas, Pérdida de Hábitat y Monocultivos. La proporción de estudios que analizan cada factor de riesgo se muestra en la figura 6. Obtuvimos que una mayor proporción de estudios analizan la presencia del efecto de patógenos sobre las poblaciones de polinizadores (58%), 23% de los estudios analizan las consecuencias de la pérdida de hábitat, mientras que en 14% de los estudios se analiza el efecto del uso de pesticidas, una menor proporción de los estudios ha estudiado el efecto de la presencia de monocultivos (5%) (figura 7).

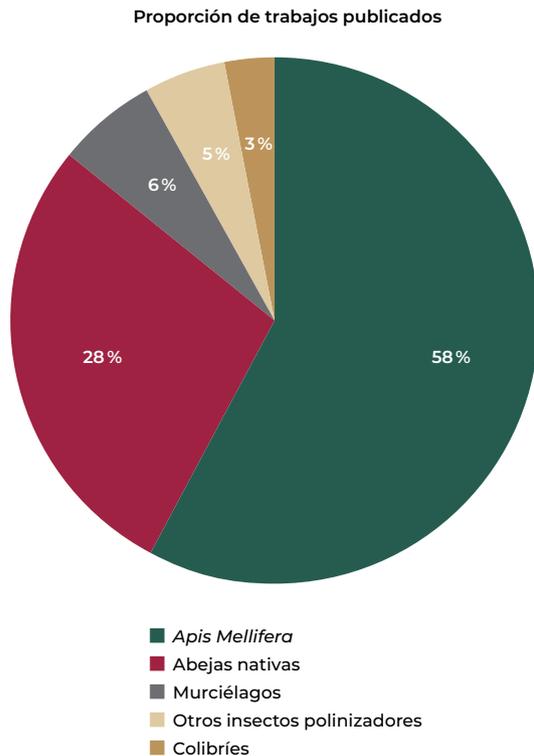


FIGURA 6_ Proporción de estudios publicados en revistas indizadas para cada grupo de polinizadores.

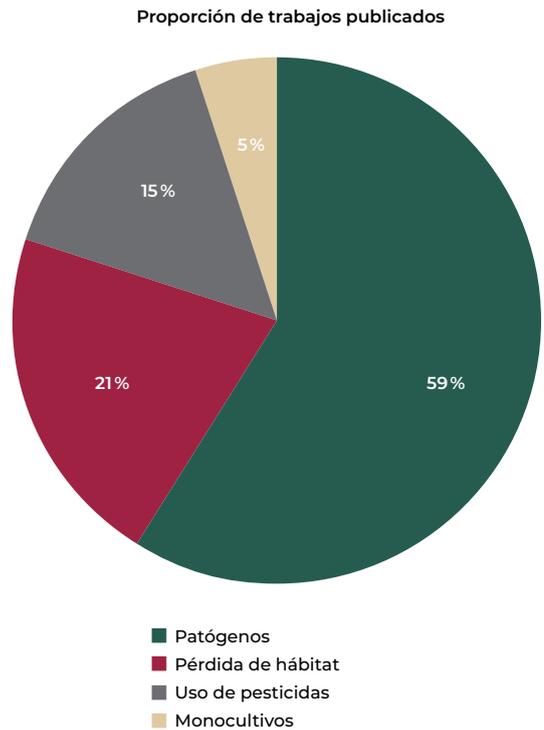


FIGURA 7_ Proporción de estudios publicados en revistas indizadas para cada factor de presión y amenaza analizado.

Presencia y efectos de patógenos sobre los polinizadores en México.

Resultado de la búsqueda en la literatura se obtuvieron 36 estudios sobre cinco grupos de patógenos presentes en distintos grupos de polinizadores que habitan en México, que incluyen ácaros, hongos, moscas parásitas, virus y protozoarios. Identificamos dos tipos de estudios que reportan información sobre patógenos en México: 1. Reportes de presencia/ausencia de determinado patógeno en el país (14 estudios) y 2. Análisis de tipo experimental sobre los factores que pueden influir sobre la presencia y el nivel de infestación de los patógenos en las poblaciones de polinizadores (22 estudios).

En el Apéndice 4 se resumen los estudios relacionados con los reportes de la presencia de patógenos en el país. De los estudios experimentales es importante hacer notar que todos ellos utilizan a *Apis mellifera* como especie de estudio. En 20 de estos estudios se analizan los factores que determinan la presencia de Ácaros (*Varroa destructor*, *V. jacobsoni* o *Acarapis woodi*), en 5 la presencia de hongos (*Nosema* spp.) y en 2 la presencia de virus (Virus deformador del ala). En estos estudios se analiza el efecto de factores ambientales, de desarrollo de las abejas, de nivel de exposición a patógenos, de ancestría racial (comparando líneas genéticas africanas vs europeas) y combinaciones de estos factores sobre la presencia de patógenos en las colonias de *A. mellifera*. Los estudios en los que se analiza el efecto ambiental muestran que hay diferencias en la presencia de patógenos asociado al clima de la región, con mayor incidencia en regiones templadas en comparación con tropicales (Guzmán-Novoa *et al.*, 1999; Anguiano-Baez *et al.*, 2016; pero ver Medina-Flores *et al.*, 2014; Tapia-González *et al.*, 2019).

La información sobre el efecto de la ancestría racial sobre la incidencia de patógenos muestra que en la mayoría de los casos existe una mayor prevalencia de patógenos en colonias de líneas genéticas europeas en comparación con colonias de líneas africanas (Vandame *et al.*, 1999; Vandame *et al.*, 2002; Arechavaleta-Velasco *et al.*, 2001; Vandame *et al.*, 2000; Mondragón *et al.*, 2005; Medina-Flores *et al.*, 2014), sin embargo en algunos casos no existen diferencias entre grupos genéticos (Medina & Martin, 1999; Puc *et al.*, 2011). Los estudios que analizan diferencias en los niveles de infestación entre estaciones del año encuentran diferencias entre temporadas, con menores niveles de prevalencia para *Nosema* spp. y *V. destructor* en la época seca del año (Medina-Flores *et al.*, 2014). Comparaciones con datos históricos muestran que el ácaro *A. woodi* muestra actualmente una mayor abundancia en las colonias analizadas en comparación con datos de hace más de 30 años (Figueroa *et al.*, 2014), mientras que para análisis con *V. destructor* no hay diferencias en la abundancia del ácaro en el tiempo (Medina *et al.*, 2002; Ruiz-Flores *et al.*, 2012). Fleites-Ayil *et al.*, (2018) compararon el comportamiento de colonias infestadas con *Nosema ceranae* y colonias sanas, encontrando efectos negativos del hongo sobre el forrajeo y la longevidad de las abejas. Medina-Flores *et al.*, (2011) analizaron la relación entre la producción de miel y la presencia de *V. destructor* encontrando

una relación negativa entre la producción de miel y los niveles de infestación por este ácaro. Reyes-Quintana *et al.*, (2019), utilizando infestación artificial de crías de *A. mellifera* con *V. destructor* y el virus deformador del ala, muestran efectos negativos de la presencia de estos patógenos sobre el desarrollo ontogénico de *A. mellifera*. Por otra parte, Díaz *et al.*, (2018) demuestran que la presencia de *Nosema* spp. puede afectar negativamente la microbiota intestinal de *A. mellifera*.

Efectos del uso de plaguicidas sobre los polinizadores en México

Con relación al efecto del uso de plaguicidas encontramos doce estudios publicados. Seis estudios incluyen a *A. mellifera* como especie de estudio y seis estudios a las siguientes especies de abejas sociales: *Scaptotrigona mexicana*, *Melipona beecheii*, *Trigona nigra*, *Nannotrigona perilampoides*, *Trigona fulviventris* y *Plebeia moureana*.

Del total de estudios publicados, dos corresponden a registros de la presencia de plaguicidas; Valdovinos-Flores *et al.*, (2017) detectaron la presencia de 93 residuos de plaguicida agrícola en muestras de individuos y cera de *A. mellifera*, mientras que Ruiz-Toledo *et al.*, (2018) detectaron la presencia de al menos cuatro plaguicidas organoclorados (Heptaclor, -HCH, DDT, DDE) en muestras de polen y miel de *A. mellifera* y *Scaptotrigona mexicana*.

El resto de la información publicada corresponde a análisis experimentales para determinar el efecto de los plaguicidas sobre el comportamiento de las abejas y el vigor de sus colonias. En este sentido, el principal plaguicida utilizado en los estudios para cumplir con este objetivo es la formulación GF-120 de *NF NATURALYTE*, el cual de acuerdo con el fabricante es un compuesto natural, insecticida biológico, que activa los receptores acetilcolina-nicotínicos de las células nerviosas postsinápticas, produciendo temblores y posterior parálisis del insecto (*Dow Agrosiences, Indianápolis, Indiana, EUA*). En las abejas *A. mellifera*, *Trigona fulviventris*, *Scaptotrigona mexicana* y *Plebeia moureana* el producto GF-120 puede causar cambios en el comportamiento de forrajeo (Sanchez *et al.*, 2012; Gómez-Escobar *et al.*, 2014; Cabrera-Marín *et al.*, 2015; Gomez-Escobar *et al.*, 2018), además de que para *A. mellifera* se ha detectado que a concentraciones de aplicación elevadas puede ser letal (Cabrera-Marín *et al.*, 2016), sin embargo a concentraciones recomendadas no hay un efecto en el largo plazo en el vigor de las colmenas para *A. mellifera* y *S. mexicana* (Gomez-Escobar *et al.*, 2018).

Valdovinos-Nuñez *et al.*, (2009) evaluaron la toxicidad de otro grupo de plaguicidas (Permetrina, methomyl, diazinón) en *Melipona beecheii*, *Trigona nigra* y *Nannotrigona perilampoides*; sus resultados muestran que todas las especies fueron altamente susceptibles a los compuestos evaluados, además demuestran diferencias en susceptibilidad entre edades y castas de abejas dentro de cada especie. Abejas más jóvenes son más susceptibles en

comparación de abejas más viejas y en *M. beecheii* los machos son más susceptibles que las hembras (Valdovinos-Nuñez *et al.*, 2009).



Uso de plaguicidas en Huixquilucan, Estado de México.
Foto: Juan Sandoval, CONABIO

Efectos del cambio de uso de suelo sobre los polinizadores en México

Encontramos 14 estudios relacionados con el efecto de la pérdida de hábitat sobre las poblaciones de polinizadores en México. Para comunidades de abejas nativas todos los estudios demuestran efectos negativos de la pérdida de hábitat sobre la riqueza y diversidad (Cairns *et al.*, 2005; Calvillo *et al.*, 2010; Landaverde-Gonzalez *et al.*, 2017; Razo-Leon *et al.*, 2018), sin embargo, análisis genéticos no encuentran evidencia de efectos genéticos negativos asociados a la pérdida de hábitat en poblaciones de abejas euglosinas (Zimmermann *et al.*, 2011; Soro *et al.*, 2017). Para murciélagos, los estudios demuestran efectos negativos de la pérdida de hábitat sobre la diversidad y abundancia de las comunidades (Quesada *et al.*, 2003; Quesada *et al.*, 2004; Estrada *et al.*, 2006), sin embargo, la magnitud del efecto puede variar entre especies asociadas principalmente al tamaño de estas y a su comportamiento de forrajeo (Quesada *et al.*, 2004; Garcia-Garcia *et al.*, 2014). Por otra parte, Shaw *et al.*, (2013) demuestran efectos negativos de 30 años de degradación de hábitat en la región de los Tuxtlas Veracruz sobre la riqueza y abundancia de especies de colibríes. Otros estudios demuestran efectos negativos de la pérdida de hábitat sobre la riqueza y abundancia de otros insectos polinizadores (escarabajos, moscas) (Aguirre & Dirzo 2008; Dattilo *et al.*, 2015).

Efectos de la presencia de monocultivos sobre los polinizadores en México

La presencia de monocultivos en una región trae consigo la simplificación del paisaje, que representa una disminución en la cantidad y calidad de recursos disponibles para los polinizadores. Encontramos tres estudios relacionados con efectos de la presencia de monocultivos sobre las comunidades de polinizadores. En los tres estudios se demuestran efectos negativos de la simplificación del paisaje agrícola sobre la riqueza y abundancia de abejas nativas y otros insectos polinizadores como avispas, moscas y coleópteros (Vergara *et al.*, 2009; Jha & Vandermeer *et al.*, 2010; Briggs *et al.*, 2013).

♦ Conclusiones y perspectivas

En general los estudios relacionados con factores de presión y amenaza (patógenos, pérdida de hábitat, uso de plaguicidas y establecimiento de monocultivos) realizados en México, señalan consecuencias negativas de estos factores sobre las poblaciones y comunidades de polinizadores; sin embargo, existe ausencia de información para cada factor de presión y amenaza en los distintos grupos de polinizadores. Por consiguiente, es necesario realizar investigación en estos campos para llenar estos vacíos de información. Por ejemplo, se tiene información de presencia o ausencia de patógenos en diferentes grupos de polinizadores, pero únicamente se han identificado taxonómicamente ácaros y hongos en algunos meliponinos, virus en dos especies de *Bombus* y dípteros en algunas especies de colibrí. Solamente en *A. mellifera* se tiene información sobre los efectos negativos de los distintos grupos de patógenos sobre el comportamiento y el vigor de las colonias. Por lo que es necesario realizar estudios que aborden de manera integral los efectos sinérgicos de la suma de factores asociados a patógenos, dieta, recursos florales, defensa social e individual (sistema inmune y propóleo) sobre las colonias de abejas manejadas y ferales.

En relación con el uso de plaguicidas, la información existente en la literatura demuestra la existencia de efectos negativos sobre el comportamiento y la sobrevivencia de *Apis mellifera* y algunas especies de abejas sin aguijón. Sin embargo, no existe información detallada del efecto de plaguicidas en otros grupos de polinizadores en México. Aunado a esta falta de información, en México la regulación oficial del uso de plaguicidas en agroecosistemas no considera la protección de los polinizadores como tal, por lo que desconocemos el estado actual de la relación entre polinizadores y el uso de plaguicidas.

Los resultados de nuestra revisión señalan que la pérdida de hábitat ha traído consecuencias negativas en la pérdida de la diversidad y abundancia de diversos polinizadores en México. La pérdida de hábitat disminuye la disponibilidad de recursos, como alimento y sitios de anidamiento o refugio pueden afectar la salud de los polinizadores. Por lo tanto, es necesario realizar estudios que consideren el efecto de la pérdida de hábitat y recursos florales

en diferentes grupos de polinizadores para realizar mejores planes de manejo y conservación de los polinizadores a corto, mediano y largo plazo en México.

Finalmente, es importante señalar la falta de información sobre los factores de presión y amenazas de los diferentes grupos de polinizadores que han sido ignorados como mariposas, polillas, escarabajos, avispas y dípteros. Estos grupos son de gran importancia, no sólo por su función en el mantenimiento de la biodiversidad sino también por su valor en el servicio de polinización de plantas de interés ecológico y agrícola.

♦ Evidencia de declive de polinizadores en México y otros países tropicales

Los factores de riesgo analizados en la sección anterior amenazan la persistencia de las poblaciones de polinizadores tanto en condiciones naturales como en agroecosistemas a nivel local o en todo su rango de distribución geográfica. En esta sección hacemos una revisión de la evidencia publicada en la literatura científica que analiza el declive de polinizadores principalmente en la región neotropical y de algunos estudios de síntesis a nivel global.

Para realizar una compilación sistemática sobre el declive de polinizadores en México y otros países neotropicales, se realizó una búsqueda en bases de datos electrónicas especializadas: ISI Web of Knowledge, Scopus, Scielo, Agris y Google Scholar. Utilizamos las siguientes combinaciones de palabras clave de búsqueda: "(Loss pollinat* OR decline pollinat*) AND "Tropic*)", ("Pollinator AND Decline AND Mexico") y seleccionamos un rango de tiempo de 1900 hasta 2019. Obtuvimos un total de 542 estudios que revisamos individualmente. Seleccionamos aquellos casos de estudio que hayan evaluado el declive de polinizadores en términos de pérdida de diversidad y abundancia de especies en México y otros países neotropicales, así como aquellos estudios que analizan los factores de riesgo y amenaza que podrían influenciar el declive de polinizadores como la pérdida de hábitat, la disminución de recursos (p. ej. recursos florales, sitios de anidamiento), la presencia de patógenos y enfermedades, la pérdida de diversidad genética e introducción de especies.

En 2016, la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES por sus siglas en inglés), estimó que 40% de los insectos polinizadores en el mundo están en riesgo de extinción (principalmente abejas y mariposas). Este fenómeno recibió amplia atención con el descubrimiento del declive del 84% de la población de mariposas monarca (*Danaus plexippus*) entre el invierno de 1996 y 1997 (Semmens *et al.*, 2016) y la identificación del Síndrome del colapso de colmenas (Colonias Colony Collapse Disorder, CCD) con el que se perdió 23% de colonias de *Apis mellifera* en el invierno entre 2006 y 2007 en Estados Unidos de Norteamérica (vanEngelsdorp, 2009).

En el Neotrópico se ha registrado un aproximado de 6,000 especies de abejas nativas, de las cuales 3,000 especies pertenecen a las familias Apidae

y Megachilidae (abejas de lengua larga) y 3,000 a las familias Colletidae, Andrenidae y Halictidae (abejas de lengua corta) (Freitas *et al.*, 2009). Algunos estudios han señalado que estas especies de abejas han tenido un declive gradual en sus poblaciones debido a la sinergia de factores como la deforestación, introducción de especies, introducción de parásitos y enfermedades, uso indiscriminado de plaguicidas/herbicidas, dietas bajas en nutrientes y el cambio climático (Freitas *et al.*, 2009; Dirzo *et al.*, 2014; Carrasco *et al.*, 2017; Maggi *et al.*, 2016; Nicolson *et al.*, 2017; Janzen y Hallwachs 2019; Sánchez-Bayo y Wyckhuys 2019).

Nuestro análisis indica que existen pocos estudios a largo plazo que identifican cambios en la riqueza y abundancia de especies a través del tiempo sobre el declive o la persistencia de polinizadores en sitios específicos. Un estudio realizado en Panamá de 1979 al 2000 describió que algunas especies de abejas de las orquídeas como *Euglossa imperialis*, *E. dressleri*, *E. gorgonensis* y *E. Dodson* han declinado sus poblaciones hasta en un 25% (Roubik 2001). En este sitio de estudio el declive observado en las poblaciones se atribuye principalmente a cambios asociados a factores ambientales, por ejemplo, cambios en el régimen de lluvias causado por el fenómeno del niño afecta los patrones fenológicos de las plantas limitando así la disponibilidad de recursos florales de los que dependen las abejas (Wolda & Roubik 1986; Roubik & Wolda 2001). En otro estudio desarrollado a largo plazo (1972 - 2004) en Costa Rica, Frankie *et al.*, (2004) compararon la comunidad de abejas asociadas al árbol *Andira inermis* (Leguminosae) y obtuvieron que de las 70 especies de abejas reportadas en 1972 sólo 31 especies están presentes en 2004 (Frankie *et al.*, 2009). En este estudio se hace énfasis en que especies de abejas de los géneros *Centris*, *Exomalopsis* y algunas especies de la familia *Anthophoridae* desaparecieron como visitantes florales de *A. inermis* y otras especies de abejas declinaron su abundancia dramáticamente. Los cambios en la riqueza y abundancia de abejas se atribuyen principalmente a un incremento en el cambio de uso de suelo. En México, se ha descrito que las colonias de abejas sin aguijón (*Melipona beecheii*) utilizadas para la producción de miel por comunidades Mayas, en la península de Yucatán, disminuyó hasta un 93% en 24 años (1985 - 2004) (Villanueva & Roubik 2005). Los autores atribuyen el declive de colonias de *Melipona beecheii* principalmente a la deforestación, incremento en la incidencia de huracanes y al manejo inapropiado de colmenas utilizadas para la producción de miel. En otro estudio realizado en Costa Rica, utilizando la comunidad de larvas de lepidópteros como objeto de estudio de 1990 a 2019, hubo una reducción significativa de la abundancia de estos organismos en el Área de Conservación Guanacaste (ACG) (Janzen & Hallwachs 2019). Los autores señalan que en 1990 alrededor de 20 - 30 parataxónomos a tiempo completo muestrearon en tres biomas diferentes del ACG (en un área de 1,200 km² desde la costa del Pacífico hasta las tierras bajas del Caribe) 750,000 larvas de lepidópteros de al menos 15,000 especies, algo impensable actualmente. En la década de los 90 e inicios del 2000 los parataxónomos encontraron entre 1,500 y 2,000 larvas

de lepidópteros/persona/año mientras que del 2014 al 2018 esto se redujo a 800 - 1100 larvas de lepidópteros/persona/año, y los datos para 2019 indican un declive más alarmante.

Los autores señalan que la disminución en la abundancia de polinizadores en el ACG tiene consecuencias negativas directas sobre los servicios de polinización en la zona protegida y áreas circundantes.

Al igual que en el caso anterior, cambios asociados a la pérdida de hábitat a través del tiempo pueden tener consecuencias negativas sobre la composición de las comunidades de polinizadores. Nemésio (2013) desarrolló un estudio en Brasil donde comparó por 12 años (1999 - 2011) la riqueza y abundancia de especies de *Euglossa* en función de la pérdida de hábitat; sus resultados muestran un declive en la abundancia de hasta un 63% en aquellas especies dependientes de bosques maduros, mientras que especies asociadas a hábitats abiertos o con disturbio incrementaron en abundancia (Nemésio, 2013). En otro estudio desarrollado en Costa Rica, Hadley *et al.*, (2018) observaron que parches de vegetación de mayor tamaño albergan una mayor riqueza y abundancia de colibríes. Los autores destacan que la disminución de recursos florales asociada al cambio en el uso de suelo es la posible causa de la baja presencia de colibríes.

La pérdida de polinizadores resultado de cambios en la configuración del paisaje puede tener consecuencias negativas sobre la productividad agrícola. Por ejemplo, en países tropicales como El Salvador, Haití, Costa de Marfil, Ghana, Kenia, Camerún e Indonesia, con un uso intensivo del suelo con fines agrícolas, el rendimiento del cultivo de café ha disminuido en un 20 - 50% (Roubik 2002). Esta disminución en el rendimiento de la cosecha de café se atribuye principalmente a la pérdida de diversidad de especies de abejas en los cultivos (Roubik 2002; Parra-Tabla *et al.*, 2017; Vergara & Badano, 2009). En un estudio realizado en Chiapas, se comparó la riqueza y abundancia de especies de abejas euglosinas entre parcelas de monocultivos de café y parcelas de café que incluyen otras especies de plantas (policultivos) (Briggs *et al.*, 2013). Los resultados de este estudio señalan que los policultivos favorecen la abundancia y la diversidad de abejas euglosinas casi al doble en comparación con monocultivos. Además, la abundancia y riqueza de abejas euglosinas aumenta conforme los cultivos se encuentran más cerca del bosque y la composición de la comunidad de abejas en policultivos tiene mayor similitud con la comunidad de abejas del bosque que con comunidades de abejas en monocultivos.

Otros estudios han mostrado evidencia que la introducción de especies de polinizadores puede afectar a las especies de polinizadores nativos. Roubik



Deforestación y cambio de uso de suelo en Tuxpan, Veracruz.
Foto: Moisés Rivera Rodríguez,
CONABIO

y Villanueva-Gutiérrez (2009) describen que la introducción de abejas africanizadas de *Apis mellifera* en la península de Yucatán en 1988, trajo consecuencias sobre los hábitos alimenticios de especies de abejas nativas. En este estudio se describe que *A. mellifera* africanizada hace uso de recursos de 171 especies de plantas que incluyen 72 especies aprovechadas por especies nativas de abejas del género *Centris* y 28 especies aprovechadas por abejas de la familia *Megachilidae*. Las especies de abejas nativas aparentemente cambiaron su preferencia de uso de recursos florales de las familias Anacardiaceae y Euphorbiaceae por otras familias de plantas como Fabaceae, Rubiaceae y Sapotaceae. En otro estudio en Chile y Argentina, dos especies europeas de abejorros *Bombus ruderatus* y *Bombus terrestris* fueron introducidas con la finalidad de polinizar cultivos como el tomate; ambas especies escaparon a la vida silvestre y se establecieron masivamente extendiendo su rango de distribución (Morales & Aizen 2002). De estas especies introducidas, solamente en la especie *Bombus terrestris* se ha analizado la diversidad de parásitos y se ha demostrado que *B. terrestris* transporta un conjunto de enfermedades parasitarias y virales que pueden infectar especies nativas de abejorros; además, se ha demostrado que ha desplazado a la especie nativa *Bombus dahlbomii* que también ha disminuido en abundancia (Morales & Aizen 2002; Aizen y Feinsinger, 2003; Torreta *et al.*, 2006; Morales, 2007). Otros estudios han demostrado que estas especies exóticas de abejorros han modificado la estructura de las redes planta-polinizador y ponen en riesgo la preservación de las especies de plantas y animales nativos (Aizen *et al.*, 2008; Stout & Morales, 2009). En México, se ha descrito que la especie introducida *Bombus impatiens* alberga varios virus, patógenos y parásitos asociados con el colapso de colonias de *Apis mellifera*, siendo el parásito *Apicystis bombi* el más común (Sachman-Ruiz *et al.*, 2015). En este estudio también se describe que algunas colonias de *B. impatiens* tenían otros patógenos como *Lucustacarus buchneri*, *Nosema bombi* o los patógenos virales ABPV, CBPV, DWV, IAPV y KBV (Sachman-Ruiz *et al.*, 2015) (Apéndice 4). Sin embargo, a pesar de tener conocimiento que algunas especies de polinizadores introducidos son vectores de enfermedades, no se han analizado las consecuencias del contagio de estas enfermedades en especies de polinizadores nativos.

En otro estudio realizado en Panamá y enfocado en la especie de abeja *Euglossa imperialis* se describió mediante análisis genéticos con isoenzimas que las poblaciones de esta especie de abeja producen una gran cantidad de machos diploides estériles inducidos por el bajo tamaño efectivo de la población (Zayed *et al.*, 2004). Los autores indican que, aunque las poblaciones de *E. imperialis* parecen ser abundantes, la evidencia genética apunta a que la persistencia de estas poblaciones está en riesgo a largo plazo.



Cosecha de *Coffea arabica* en San Cristobal de las Casas, Chiapas.

Foto: Alfredo Lara Espino, CONABIO

Por lo tanto, los autores hacen énfasis en señalar que utilizar censos para determinar el declive de poblaciones de abejas puede ser engañoso y subestima el estado de conservación y la persistencia genética de las poblaciones de abejas.

Otros estudios dirigidos a predecir el efecto del cambio climático en plantas cultivadas y sus polinizadores, indican que las interacciones planta-polinizador tienen un futuro negativo. Por ejemplo, en México se ha estimado mediante modelos de cambio climático para el 2050 que el 65% de los 20 cultivos más importantes económicamente para México y el 58% de 46 especies de polinizadores que brindan el servicio de polinización para estos cultivos, tendrán una disminución en su área de distribución (Quesada *et al.*, 2012). En este estudio también pronostican cambios en la distribución de las especies de abejas, donde especies de la familia Apidae sufrirán la mayor pérdida de hábitat y especies de la familia Halictidae expandirán su área de distribución. Otro estudio con pronóstico para el 2050 es el estudio de Imbach *et al.*, (2017) que señala que el incremento de temperatura para Latinoamérica hasta el año 2050 tendrá un efecto negativo en el rendimiento de la producción de café, principalmente por la pérdida de sitios adecuados para su cultivo y a la pérdida de la riqueza de especies de abejas. Así mismo, en la especie de planta *Passiflora edulis* (fruta de la pasión) y sus principales polinizadores (*Xylocopa frontalis* y *X. grisescens*) se ha descrito que los sitios donde estas especies convergen de forma natural serán muy limitados para los años 2060 y 2080 (Bezerra *et al.*, 2019).

Finalmente, la evidencia científica demuestra que la pérdida de especies de polinizadores y la fragmentación del hábitat afectan el éxito reproductivo de plantas cultivadas y silvestres, dependiendo del sistema reproductivo que determina su dependencia a los polinizadores (Richards 2001; Ashworth *et al.*, 2009; Aguilar *et al.*, 2008; 2019). Esta dependencia va desde especies de plantas autocompatibles que pueden producir frutos y semillas por autopolinización, hasta especies autoincompatibles o dioicas que dependen exclusivamente de la polinización por animales para reproducirse sexualmente (Klein *et al.*, 2007). En el caso de especies autocompatibles, la continua autopolinización puede favorecer altos niveles de endogamia, y en el caso de especies autoincompatibles el éxito reproductivo puede perderse totalmente (Aguilar *et al.*, 2008). A nivel genético, la fragmentación del hábitat y la consecuente pérdida de polinizadores traen efectos negativos sobre las progenies de plantas y se ha demostrado que existe erosión genética, esto se ve reflejado en progenies con menor éxito en germinación, sobrevivencia y crecimiento (Aguilar *et al.*, 2008; 2019). Por lo tanto, la disminución de la riqueza o abundancia de las especies de polinizadores aunado a la fragmentación del hábitat disminuye la producción y/o calidad y estabilidad de especies de plantas cultivadas o silvestres con diferente sistema de apareamiento (autoincompatible y autocompatible), incluyendo especies de plantas que se reproducen mayormente por autopolinización (Calzoni & Speranza, 1998; Klein *et al.*,

2003; Blanche y Cunningham, 2005; Morandin & Winston, 2005; Olschewski *et al.*, 2006; Ashworth *et al.*, 2009). Por último, es importante destacar que no hay estudios que evalúen el declive de poblaciones de otros grupos importantes de polinizadores como mariposas (diurnas y nocturnas), escarabajos, avispas, dípteros o vertebrados como murciélagos en México u otros países tropicales de América.

Declive de *Apis mellifera* en México y otros países tropicales

En los últimos años se ha informado a nivel mundial sobre la pérdida súbita de colmenas de *Apis mellifera* tanto manejadas (Oldroyd, 2007; vanEngelsdorp *et al.*, 2007, 2008; Potts, 2010a) como ferales o silvestres (Moritz *et al.*, 2010, vanEngelsdorp y Mixner, 2010), debido a una causa multifactorial que incluye factores como el manejo, la pérdida de hábitat, el cambio de uso de suelo, la pérdida de recursos florales, el aumento en el uso indiscriminado de pesticidas, la presencia de parásitos y patógenos emergentes, entre otros (Desneux *et al.*, 2007; Frazier *et al.*, 2008; Maggi *et al.*, 2016; Steinahuer *et al.*, 2018; Buckles & Harmon-Threatt, 2019). Si bien la pérdida de colmenas ha existido de manera regular debido principalmente a una alta incidencia de enemigos naturales (Morse y Flottum, 1997, Anderson y Trueman, 2000; Rosenkranz *et al.*, 2010) o condiciones climáticas (conocida como “pérdida de colmenas por invierno”; vanEngelsdorp y Meixner, 2010); lo cierto es que las pérdidas registradas en los últimos años, específicamente desde el año 2006, no tienen precedentes (Pernal, 2008; Coloss, 2009; vanEngelsdorp, 2009; Brodschneider *et al.*, 2018).

El *síndrome del colapso de las colmenas* (Colony Collapse Disorder, CCD) ha sido ampliamente documentado en sitios como Estados Unidos (vanEngelsdorp *et al.*, 2007, 2008), Canadá (Kevan *et al.*, 2007; Currie *et al.*, 2010) y Europa (FAO, 2009; Potts, 2010b; Potts *et al.*, 2015) mientras que, para las regiones tropicales, la literatura es escasa (Vandame y Palacio, 2010; Antúnez *et al.*, 2017). Pirk y colaboradores (2014) fueron pioneros en indagar el problema en el Sur de África, y su estudio muestra una pérdida de colmenas del 29.6% durante los años 2009 - 2010 y del 46.2% durante los años 2010 - 2011. Estos autores también observaron una influencia de la trashumancia o movilidad de colmenas en la magnitud de la pérdida. En Uruguay, Antunez y colaboradores (2017) estimaron la pérdida total anual de colmenas en un 28.5%, atribuida principalmente a problemas con las reinas, a parásitos y patógenos y a plaguicidas. En Argentina, Brasil y Chile han reportado altas tasas de pérdidas de colmenas que llegan hasta el 30% anual (Antunez *et al.*, 2005, 2006; Maggi *et al.*, 2013, 2016; Teixeira *et al.*, 2008; 2012; Rodríguez *et al.*, 2012), pero no hay ningún estudio o monitoreo a nivel de país.



Enjambre de *Apis mellifera* en Tlaxcala.
Foto: Ximena Lizaola, CONABIO

En México no existe información documentada de manera oficial o a largo plazo sobre las pérdidas de colmenas de *A. mellifera* que han sido reportadas en medios no oficiales, la información al respecto es poco representativa y no está sistematizada pese a ser un país con una alta actividad apícola (Quezada-Euán *et al.*, 2001; Garibay *et al.*, 2010).

La trashumancia de colmenas es necesaria en la mayor parte del territorio mexicano, principalmente en el Norte y el Altiplano, donde el 50% de los apicultores migran colmenas a sitios de mejor calidad debido a la escasez de recursos durante gran parte del año (Brodschneider, 2018). Algunos estudios han sugerido que este movimiento de las colmenas de *A. mellifera* incrementa el riesgo de pérdida (Pirk *et al.*, 2014).

En el estudio de Brodschneider y colaboradores (2018) se reportaron pérdidas de colmenas de *A. mellifera* en más de 30 países, entre ellos México, donde entrevistaron a 90 apicultores y encontraron que el 7.7% de colmenas perdidas murieron debido al invierno, 11.6% por problemas asociados con las reinas y el 6% por causas de fenómenos naturales, teniendo una tasa de pérdida total del 25.3%. Sin embargo, en ese trabajo también se menciona que esta información representa menos del 1% de los apicultores existentes en el país; además, este estudio no incluye las pérdidas asociadas a factores como los pesticidas, el cambio de uso de suelo, la disponibilidad de recursos florales, los parásitos y patógenos, que se sabe influyen en la mortalidad de estos organismos. Aún con la escasa información, México, junto con Malta, España y Serbia, se encuentra entre los países con las tasas de pérdida más altas.

♦ **Compilación sistemática y análisis sobre el uso y manejo sustentable de los polinizadores nativos y exóticos de México**

Conocimiento histórico, tradicional y manejo de abejas y otros polinizadores.

Hasta el momento no existe una revisión sistemática de todo el conocimiento tradicional y manejo de abejas y otros polinizadores en Mesoamérica. La información existente se concentra principalmente en describir el manejo y uso de productos derivados de abejas sin aguijón. Por ejemplo, en Yucatán, las poblaciones más importantes de especies de abejas sin aguijón, como *Melipona beecheii*, están en manos de los agricultores mayas (González-Acereto *et al.*, 2006; Villanueva-Gutiérrez *et al.*, 2013). Se plantea que la pérdida y disminución de las abejas sin aguijón está relacionada con una pérdida de conocimientos y prácticas tradicionales como la etnomedicina, la cosmogonía y artesanía (Hill *et al.*, 2016). Asimismo, la miel de abejas sin aguijón y la cera fueron utilizadas como moneda, tributo, medicina y en ceremonias en civilizaciones mesoamericanas (Lyver *et al.*, 2015; Potts *et al.*, 2016b; Hill *et al.*, 2016; Quezada-Euán *et al.*, 2018; González *et al.*, 2018).

Como señala Toledo (2008), “los pueblos indígenas han desarrollado estrategias de subsistencia que evaden el riesgo mediante la creación, mantenimiento y mejoramiento de la complejidad geográfica y ecológica y la diversidad biológica, genética y paisajística”. Esto se reconoce en diversas regiones del país, en que se ha mantenido la producción de miel con abejas nativas y que además se ha logrado introducir exitosamente en el mercado; cabe mencionar la experiencia en Cuetzalan de la Cooperativa “Tosepan Titaniske”.

Las comunidades de Yucatán tienen nombres específicos en lengua maya para las 17 especies de abejas sin aguijón que se encuentran en esta región de México y deidades guardianas para las abejas (González-Acereto, 1983; Quezada-Euán *et al.*, 2001). En general, la información que hemos obtenido hasta el momento indica que las culturas prehispánicas y el conocimiento tradicional reconoce la existencia de los polinizadores al reconocerlos en su cosmología en forma de deidades o figuras representativas de la naturaleza como abejas, colibríes, murciélagos, escarabajos, avispas y mariposas. Estos organismos también han sido representados o asociados con diversas especies de flores. Sin embargo, no hemos encontrado información explícita sobre la descripción del fenómeno de la polinización en la cosmovisión de las culturas prehispánicas. Por el contrario, lo que encontramos son descripciones de fenómenos asociados a los polinizadores exclusivamente, por ejemplo, los purépechas relatan que Tzintzuntzan, lugar de colibríes y capital de este grupo, fue fundada por un colibrí que después de un diluvio le devolvió los colores al mundo con su plumaje y una flor que traía en su pico (<http://www.mexicanisimo.com.mx/tzintzuntzan/>). En otro ejemplo, de acuerdo con la mitología Mexica, Huitzilopochtli es el hijo de la diosa de la Fertilidad (Coatlicue) y el Sol joven hijo del Sol viejo (Tonatiuh); Huitzilopochtli, cuyo nombre significa colibrí azul, nació de Coatlicue quien quedó embarazada por medio de una bola de plumas o algodón azulino que cayó del cielo mientras barría los templos de la sierra de Tollan. Igualmente, los Mexicas consideraban a las mariposas como las almas de los niños que visitaban la tierra desde el “Tlalocan”; genéricamente, les otorgaron el nombre de “Micpapálotl” (Mariposa del Mictlan, tal vez debido a su hermoso color negro. Fueron símbolo del renacimiento y de la regeneración de los hombres. Según la creencia, los guerreros, después de pasar cuatro años en el “Tonatiuh Ilhuicac” (Morada celeste del Sol), regresaban a la tierra en forma de hermosas y coloridas mariposas, para obtener el néctar de las flores con qué alimentarse. Los muertos se convertían en mariposas y visitaban a sus familiares para protegerlos de los males que pudieran aquejarlos. Las mariposas volaban alrededor de la casa y de las flores. Los Mexicas consideraban que era de mala educación oler un ramo de flores por arriba, se debía inhalar el aroma por un costado, pues la parte de arriba se reservaba para que las almas de los muertos disfrutaran oliendo la flora libremente encarnados en mariposas.

En el Popol-Vuh, el libro sagrado de los mayas, se hace referencia a Camatzotz, un personaje de la mitología maya, considerado como el dios murciélago

o murciélago asesino. A Camazotz se le asocia con la noche, la muerte y el sacrificio; y se le relaciona con los quiché, una tribu maya que vivió en las selvas de Guatemala y Honduras. Los mexicas asociaban al murciélago, junto con la araña, el búho y el alacrán, con la oscuridad, la tierra y la muerte. En Mesoamérica abundan las representaciones del murciélago y recibe diferentes nombres según las distintas lenguas precolombinas: tzinacan, náhuatl; zotz, maya; bigidiri beela, bigidiri zinia, “mariposa de carne”, zapoteco; ticuchi léhle, mixteco; thut, huasteco; nitsoasts, pame del norte; ntsúats, pame del sur; tsat’s, otomí (estas últimas lenguas de la Sierra Gorda); tsoats, otomipame. En síntesis, los animales polinizadores en algunos casos se asocian a la flor o a otros fenómenos naturales, pero no hemos encontrado una asociación explícita con el fenómeno de polinización *per se*.

Existen pocos documentos históricos prehispánicos que se refieren al conocimiento tradicional y manejo de abejas en tiempos precolombinos. El Códice Madrid, uno de los pocos códices mayas prehispánicos que se han conservado y actualmente se encuentra en el Museo de América, en Madrid, incluye 14 páginas que describen la cría de abejas sin aguijón, y las propiedades terapéuticas de los productos apícolas como la miel y la cera.

Finalmente podemos concluir que la información obtenida hasta el momento sobre el conocimiento tradicional y manejo de polinizadores en Mesoamérica consiste en el manejo de abejas nativas y los productos derivados de estas. Sin embargo, no encontramos información específica sobre el conocimiento tradicional acerca de las interacciones planta-polinizador, el fenómeno concreto de la polinización, la reproducción sexual de plantas y su relación con la agricultura. Por lo tanto, consideramos que diversos campos de estudio deben enfocar esfuerzos para entender cómo las culturas prehispánicas y el conocimiento tradicional comprendieron estos fenómenos ecológicos.

Suplementación de polinizadores para cultivos comerciales

Métodos

En esta sección abordaremos los estudios enfocados en el manejo sustentable de polinizadores nativos y exóticos para la suplementación de la polinización en cultivos mexicanos. Para lograr este objetivo, realizamos una búsqueda de las opciones comerciales ofrecidas por el mercado para la suplementación de polinización en cultivos en los siguientes enlaces de páginas relacionadas con la venta de insumos agrícolas:

<https://www.quiminet.com>

<https://mx.kompass.com>

<https://imex.mx>

<https://www.bayer.mx/>

<https://www.seminis.mx/>

<https://www.hortalizas.com/>

Además, empleamos los buscadores comerciales: MercadoLibre, Facebook Marketplace, Amazon. En cada buscador empleamos las palabras “suplementación de polinización” “polinización” “polinizador” “abejas” “abejorros” “renta de abejas” “renta de abejorros”. Por último, realizamos una búsqueda en publicaciones científicas en bases de datos ISI Web of Science, Scopus con las palabras clave: (“STINGLESS BEES” OR “NEST* SITE*”) AND MEXICO AND BEES).

♦ Resultados

Polinizadores y otras soluciones comerciales para la suplementación de la polinización en México

Con respecto a los polinizadores utilizados en México de forma comercial, encontramos que actualmente existen 4 especies de abejas, dos especies introducidas y dos nativas, las cuales se detallan en el cuadro 1. En la búsqueda de soluciones comerciales encontramos cinco compuestos agroquímicos consistentes de hormonas y otros elementos detallados en el cuadro 2. Estos compuestos se comercializan con el fin de incrementar la polinización de los cultivos a través de la atracción de las abejas (principalmente *Apis mellifera*) como el compuesto Splatboom de Ferommis para inducir a las abejas *A. mellifera* a visitar y permanecer más tiempo en el cultivo, o hormonas del crecimiento como el producto Flowerpower de Stoller-México para garantizar una floración más abundante y una atracción mayor de polinizadores. Sin embargo, en México no se han realizado estudios para comprobar la efectividad de estos compuestos agroquímicos en la polinización de los cultivos.

CUADRO 1_ Especies de polinizadores usados en México de forma comercial para la suplementación de polinización.

Especie	Compañía	Área distribución	Descripción producto	Cultivos recomendados por el proveedor	Link de información comercial
<i>Apis mellifera</i>	Varios apicultores ofrecen el servicio	Introducida: Nativa de Europa, África y Asia	Colmena de abejas con reina y obreras	Varios cultivos hortícolas (ver texto de <i>A. mellifera</i> para más detalles)	http://www.mielnortena.com/ https://www.hermeshoney.com/
<i>Bombus impatiens</i>	Koppert	Introducida: Noreste de Estados Unidos	Natupol: Colmena de abejorros incluyendo reina, obreras, crías y agua azucarada. Natupol smart: Lo anterior pero sin reina	Tomate, chile	https://www.koppert.mx/natupol/

CUADRO 1_ Continúa...

Especies de polinizadores usados en México de forma comercial para la suplementación de polinización.

Especie	Compañía	Área distribución	Descripción producto	Cultivos recomendados por el proveedor	Link de información comercial
<i>Bombus impatiens</i>	Biobest/IMEX	Introducida: Noreste de Estados Unidos	Colmena de abejorros con una reina, obreras y crías más suplemento alimenticio para abejorros	Tomates, pimientos, fresa, frutos rojos, calabaza, melón, pepino y otros cultivos destinados a la obtención de semillas como alfalfa, trébol, endibia y girasol	https://www.imex.mx/files/agricultura/files/assets/basic-html/page-8.html#
<i>Bombus impatiens</i>	bio insectum	Introducida: Noreste de Estados Unidos	Colmena de abejorros con una reina, obreras y crías más suplemento alimenticio para abejorros	Varios cultivos hortícolas	http://www.bioinsectum.com/
<i>Bombus impatiens</i>	OBA	Introducida: Noreste de Estados Unidos	Colmena de abejorros con una reina, obreras y crías más suplemento alimenticio para abejorros	Agave, algodón, berenjena, cafeto, chile, maíz, manzano, papa, tomate, tomate de cáscara.	http://oba.mx/producto/abejorro-bombus-impatiens/
<i>Bombus ephippiatus</i>	OBA	Nativa: Mexico y países de Centroamerica	Colmena de abejorros con una reina, obreras y crías más suplemento alimenticio para abejorros	Agave, algodón, berenjena, cafeto, chile, maíz, manzano, papa, tomate, tomate de cáscara.	http://oba.mx/producto/obapol-bombus-ephippiatus/
<i>Scaptotrigona mexicana</i>	Independiente	Nativa: México y Guatemala	Mancuerna elaborada de dos ollas de barro con reina y obreras	Vainilla	https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-612604395-colmena-de-abeja-melipona-meliponas-para-polinizar-vainilla-_JM?quantity=1

Polinizadores utilizados de forma comercial en México

Apis mellifera:

En México y en muchas partes del mundo, la abeja *Apis mellifera* ha sido el principal polinizador usado de forma comercial para la suplementación de la polinización en cultivos. *A. mellifera* ha sido ampliamente usada en los cultivos para la obtención de miel como la miel de azahar, o para la complementación de la polinización de ciertos cultivos, como los cultivos de sandía y

aguacate. La especie se introdujo desde el intercambio colombino y es nativa a Europa y África y al menos para la península de Yucatán, el manejo de esta abeja para la polinización de cultivos era considerado raro durante los años 90 (Echazarrata *et al.*, 1997). En México las colmenas son usadas al aire libre en una gran variedad de cultivos. En el 2008, de alrededor de 1.8 millones de colmenas, más de 135,500 colmenas fueron destinadas a suplementar la polinización de ciertos cultivos, principalmente de cultivos para exportación y siendo los estados norteros los principales usuarios de la suplementación de polinización con *A. mellifera* (SAGARPA, 2010). Esta tendencia se encuentra actualmente en aumento y agricultores de estados más al centro del país contratan los servicios de polinización de *A. mellifera*, principalmente los productores de aguacate (Comité Nacional Sistema Producto apícola, Miel Norteña S. de R. L. MI.).

CUADRO 2_ Agroquímicos usados en México de forma comercial para la suplementación de polinización.

Producto	Compañía	Descripción producto	Referencia
Flowerpower	Stoller Mexico	FLOWER POWER promueve la síntesis de las hormonas del crecimiento en las yemas y primordios florales y crea un mayor movimiento de auxinas fuera de las yemas y primordios bajo condiciones climáticas adversas a fin de atraer los alimentos necesarios para el desarrollo de estas. Al hacer esto, Flower Power causa una mayor diferenciación y división celular incrementando el vigor en cada yema. La floración será más fuerte. La caída de flores y el aborto de frutos se reducirán. La polinización será más fuerte incrementando el cuajado de frutos.	http://www.tacsa.mx/DEAQ/src/productos/3757_125.htm
Splatboom	Ferommis	Feromona de la glándula de Nasalov para inducir a las abejas a permanecer más tiempo dentro del cultivo	http://www.ferommis.com.mx/#prod-ind
Poli_high	Phyto Nutrimientos de México	POLI-HIGH® es un polinizador y atrayente agrícola de origen 100% orgánico, el cual fue desarrollado biotecnológicamente para ser utilizado en todo tipo de cultivos, para incrementar la polinización o amarre de flores y frutas de forma natural. La función primordial de POLI-HIGH® es hacer que las abejas y/o abejorros sean atraídos hacia los cultivos para aumentar la fecundación o polinización en forma natural, sin usar productos químicos.	http://www.tacsa.mx/DEAQ/src/productos/1725_50.htm
FruitBooster +	NHorticultura	Bioestimulante a base de aminoácidos de origen vegetal, oligoelementos, biomoléculas y extractos de algas que aporta energía para mejorar el tamaño del fruto y uniformidad del cultivo	http://nhorticultura.com/Bioestimulante.html
Melaza		Melaza disuelta en agua, se aplica con dispersor en las plantas en floración	Observaciones en campo

En México esta especie de abeja se ha recomendado para la polinización de manzano, pera, aguacate, cítricos, melón, sandía, pepino, calabaza, cebolla, fresa, algodón, cártamo, girasol, y soya, de acuerdo con el manual de polinización apícola (Reyes y Cano., 2006). En México se han empleado en cultivos de pepino, melón, sandía, calabaza, cártamo, manzano, aguacate, fresa, cítricos, mango, berenjena SAGARPA (2008). El fácil manejo que tiene esta abeja y la rentabilidad de sus productos, como miel, cera, resinas, etc., la convierten sin duda en la principal especie de polinizador empleada de forma comercial; sin embargo, no siempre los cajones de *A. mellifera* son apropiados para polinizar ciertos cultivos, por ejemplo cultivos de tomate que requieren de polinización sónica y muchas veces se encuentran encerrados en invernaderos. La principal alternativa para este problema en el país ha sido la implementación de cajones de un abejorro originario del sureste de Estados Unidos, *Bombus impatiens*.

Bombus impatiens

El abejorro *Bombus impatiens* ha sido ampliamente usado como alternativa a la polinización de cultivos donde *Apis mellifera* ofrece un servicio deficiente de polinización, como en el caso del jitomate (*Lycopersicon esculentum*). *B. impatiens* es nativo del noreste de Estados Unidos, y su uso comercial ha promovido el decline de las poblaciones del abejorro endémico *Bombus franklini* en Estados Unidos, a tal punto que ahora el abejorro nativo se encuentra en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como críticamente amenazada, y a un solo paso de ser considerada extinta en vida silvestre (Kevan, 2008).

Actualmente en México existen cuatro compañías que comercializan colmenas de *B. impatiens* para una gran variedad de cultivos (cuadro 1). *B. impatiens* ha sido usado en cultivos bajo invernaderos en México desde 1994 y se ha usado en cultivos de tomate y chile principalmente, donde ha demostrado ser un polinizador eficaz (Winter, 2006; Torres-Ruiz & Jones 2012). Debido a que *B. impatiens* es un polinizador introducido, se ha sugerido y demostrado que las especies nativas de *Bombus*, particularmente *B. ephippiatus*, pueden ser buenos polinizadores y soportar las temperaturas presentes en su área de distribución, por lo que pueden ser un reemplazo eficaz al uso comercial de *B. impatiens*.

Bombus ephippiatus

Esta especie de abejorro es nativa de México, su distribución es amplia en el país, solo no se encuentra presente en las penínsulas de Baja California y Yucatán; la especie también se encuentra en Centroamérica, Colombia y



Especie de abejorro
(*Bombus* sp.).
Foto: Carlos Galindo Leal, CONABIO

Venezuela. Experimentalmente se ha demostrado su eficiencia en la polinización de tomate, siendo equiparable a la polinización brindada por *B. impatiens*, sin embargo, su cría no se encuentra del todo tecnificada (Torres-Ruiz & Jones, 2012; Torres-Ruiz *et al.*, 2013) y solo una compañía la ofrece de forma comercial (cuadro 1). La mayoría de los abejorros usados en los experimentos de eficiencia han sido obtenidos directamente de la naturaleza. La tecnificación en la cría de este polinizador será fundamental para la sustitución de *B. impatiens* por *B. ephippiatus* en los cultivos mexicanos.

Scaptotrigona mexicana

Esta especie de abeja social es nativa de México, experimentalmente se ha demostrado ser un excelente polinizador de rambután y *Jatropha curcas* (Cuadro 3). En el mercado mexicano existe un proveedor que vende por colmenas, incluyendo obreras y reinas. La especie puede ser usada en cultivos al aire libre.

Bombus terrestris

Esta especie es originaria de Europa y fue introducida en México durante los años 1995 y 1996 para la polinización en cultivos de invernadero, sin embargo, la detección de *Nosema bombi* en los envíos de *B. terrestris* destinados a Jalisco, provocó la destrucción de las colmenas y el retiro de los permisos de importación de esta especie de abejorro (Winter *et al.*, 2006). Para sustituir este abejorro en los invernaderos, se optó por comercializar colmenas de *B. impatiens* provenientes de Estados Unidos.

♦ Meliponicultura en México

De un total de 67 estudios encontrados con las palabras clave, solo encontramos 10 estudios relacionados con la biología de anidamiento y con el uso de las abejas meliponas (Apéndice 5). Las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) comprende un grupo de abejas tropicales ampliamente distribuidos en regiones tropicales y subtropicales en el mundo (Michener, 2007). En México se ha registrado un total de 46 especies pertenecientes a 11 géneros (Ayala, 1999). La crianza de las abejas sin aguijón se ha practicado en territorio mexicano desde tiempos prehispánicos y su efectividad en los servicios de polinización ha sido demostrada para varios cultivos (Apéndice 2). Las abejas sin aguijón han sido tradicionalmente usadas en las áreas de la península de Yucatán, la costa del Golfo de México, la costa entre Sinaloa y Jalisco y la cuenca del río Balsas, entre Michoacán y Guerrero (Dixon, 1987; Kent, 1984; Bennett, 1964; Hendrichs, 1941).



Abeja del género *Melipona* sp., que ayudan a polinizar la planta del café.
Foto: Jorge Ramírez Pech, CONABIO

En el mercado, la venta de miel y cerumen ha sido importante para el mantenimiento de esta actividad, y en un futuro, los cultivos dependientes de polinizadores necesitarán de la suplementación de polinizadores, lo que hará rentable la renta de las abejas sin aguijón para la polinización de cultivos en invernadero y al aire libre (Quezada-Euán, 2018, Slaa *et al.*, 2006, Quezada-Euán *et al.*, 2001). Sin embargo, el conocimiento de la biología básica de las abejas sin aguijón será necesario para el mantenimiento de la meliponicultura. En total en la literatura encontramos a 8 especies de meliponinos reportados como polinizadores en cultivos (Apéndice 2) y en la revisión encontramos a 11 especies de las cuales se hace mención algún aspecto de su biología básica de anidamiento y su aprovechamiento para la miel y el cerumen principalmente. Estas abejas pueden tener un potencial manejo como polinizadores para su utilización en cultivos, sin embargo, la falta de literatura para aprovechar y sistematizar sus colmenas, más el desinterés de la gente por criarlas, hacen de estos polinizadores un potencial desaprovechado en muchos cultivos de importancia económica en México.

♦ **Tecnificación y uso de polinizadores experimentales**

Las abejas sin aguijón y los abejorros del género *Bombus* constituyen sin duda un gran recurso como polinizadores comerciales. Actualmente se está estudiando experimentalmente la tecnificación para la producción en masa de ciertas especies de polinizadores para el empleo en cultivos comerciales. El Departamento de Apicultura Tropical de la Universidad Autónoma de Yucatán, liderado por el Dr. José Javier G. Quezada-Eúan, se encuentra desarrollando la tecnificación para la producción de las abejas *Nannotrigona perilampoides*, *Melipona beecheii* y *Xylocopa* spp. El Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, de El Colegio de la Frontera Sur, liderado por el Dr. Rémy Vandame, se encuentra desarrollando la tecnificación para la producción de abejas *Bombus ephippiatus*, *B. huntii* y *Xylocopa* spp. Finalmente, el Dr. Carlos Vergara, de la Universidad de las Américas Puebla, se encuentra desarrollando métodos para la tecnificación de la producción de *Scaptotrigona mexicana*, *B. ephippiatus*, *B. huntii* y *Xylocopa* spp.

♦ **Experiencias exitosas en la conservación de polinizadores**

En México se ha incrementado el interés por la participación social con respecto a la conservación de polinizadores, dichas iniciativas han sido enfocadas en la construcción de diversos jardines de polinizadores y en el monitoreo de especies polinizadoras carismáticas, como la mariposa monarca. En cuanto a la creación de jardines para polinizadores, CONABIO colabora con REEDUCA en proyectos de creación de jardines de polinizadores con escuelas de la Ciudad

de México, Estado de México y Querétaro. Un grupo de 11 escuelas participa en la creación de jardines para polinizadores utilizando plantas nativas en donde los polinizadores visitantes son registrados en la plataforma Naturalista (<http://www.paismaravillas.mx/polinizadores/>).

Otro ejemplo de jardines para polinizadores es el creado por la Dra. Maria del Coro Arizmendi, donde se establecen jardines como medio para atraer colibríes y proporcionales recursos alimenticios en una ciudad en donde se ha deteriorado su hábitat natural, utilizándolos como medio de educación ambiental para señalar la importancia de la conservación de los colibríes como polinizadores, y resaltando su significancia cultural e importancia como especies bandera para la conservación. De esta manera, y de forma colateral, se promueve la observación de estos animales como pasatiempo de los habitantes de ciudades cuya percepción del medio natural es mínima (<http://coroarizmendi.com.mx/jardines-urbanos-de-colibriacuttees.html>).

Uno de los programas exitosos en cuanto al monitoreo de ciertas especies de polinizadores es el Correo Real, el cual ha generado información sobre la ruta migratoria de la mariposa monarca en México a través de la red de voluntarios que participan. Es de destacar el gran número de personas que se ha logrado involucrar, así como sus 26 años de constancia. Además, gracias al trabajo en todos estos años, Rocío Treviño es reconocida como la mujer que trazó la ruta migratoria de la mariposa monarca en México con ayuda de cientos de voluntarios, y una de las principales figuras en promover su conservación en nuestro país. (<http://correoreal.org.mx/acerca-del-programa/>).

♦ Uso y manejo de polinizadores en la normatividad mexicana

Las normas oficiales mexicanas son disposiciones generales técnicas realizadas por las dependencias de la administración pública federal. Su objetivo es establecer reglas, especificaciones, directrices y características a productos, procesos o servicios. Los polinizadores conforman un amplio grupo, sin embargo, las normas existentes solo regulan las actividades del uso y manejo de *Apis mellifera*.

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, sobre la “Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo” solo incluye a ciertas especies de colibríes y murciélagos bajo ciertas categorías de protección, debido a su comercialización o al riesgo de la desaparición de sus poblaciones endémicas. La abeja *A. mellifera* es tratada en 2 normas, la Norma Oficial Mexicana NOM-002-ZOO-1994, “Actividades técnicas y operativas aplicables al Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana” y su actualización, la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SAG/GAN-2016, “Actividades técnicas y operativas aplicables al Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana”. Ambas normas

surgieron para el control de las enfermedades en esta especie de abeja y para el control de la dispersión de las abejas africanizadas, variedades híbridas de abejas africanas con linajes europeos y que comenzaron a expandirse por territorio mexicano en los años 80. Es de destacar que la norma de 1994 tenía el claro objeto de prevenir y controlar la expansión de la abeja africanizada con el propósito de proteger la apicultura mexicana de los daños de la africanización a la industria apícola, así como daños a la salud, creando así el Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de diciembre de 1984 y la publicación de la norma NOM-002-ZOO-1994. El programa de control y erradicación de la abeja africana monitorea a las abejas y estableció líneas de instalación de trampas caza-enjambres para la captura, identificación y eliminación de las abejas africanizadas. Actualmente el programa incluye el reemplazo de las reinas de colmena por reinas de linajes europeos o determinados por el programa, estableciendo listados de productores certificados de reinas. Estudios genéticos utilizando marcadores moleculares de herencia materna y un análisis reciente con marcadores paternos y maternos demuestran que los híbridos de la abeja africanizada están bien establecidos y ampliamente distribuidos por todo el país (Domínguez *et al.*, 2016). Esta legislación se encuentra actualmente desactualizada en relación con las prácticas de manejo que operan en la actualidad y el estatus de las poblaciones de híbridos de abejas africanizadas tanto en condiciones manejadas como en silvestres, ya que estas últimas son poblaciones naturalizadas imposibles de erradicar de México. Se requiere de más investigación tanto a nivel genético como etológico para un manejo apropiado de híbridos africanizados.

♦ Conclusiones del uso y manejo sustentable de polinizadores nativos y exóticos de México

En México los principales polinizadores aprovechados de forma comercial para la suplementación de la polinización son especies introducidas. *A. mellifera* es la abeja más conocida y aprovechada de forma comercial en México, su fácil manejo y sus productos derivados como la miel y el propóleo la convierten en una especie con un amplio valor económico. Su gran valor comercial y su amplio uso han puesto a los manejadores de *A. mellifera* en la normatividad mexicana, con el fin de regular la dispersión de la abeja africanizada y de controlar las enfermedades comunes de *A. mellifera*. Sin embargo, aún falta conocer el papel de la africanización en la apicultura mexicana y en el servicio de polinización de los cultivos y los ecosistemas mexicanos, además de incluir en la normatividad la protección y adecuado manejo de otros polinizadores.

La abeja *A. mellifera* no siempre es eficaz en brindar el servicio de polinización en algunos cultivos, como en el caso del jitomate, o la abeja no es capaz de polinizar bajo ciertas condiciones, como en el interior de los invernaderos. Se ha buscado polinizadores comerciales capaces de suplir estas deficiencias

de *A. mellifera*, como es el caso de *Bombus impatiens*, abejorro ampliamente usado en Estados Unidos y cuya tecnificación de su producción ha facilitado el manejo de sus colmenas dentro de invernaderos en México. Sin embargo, en el país existen de forma natural otros polinizadores capaces de suplir las necesidades de polinización en cultivos; un ejemplo de estos polinizadores nativos es el abejorro *B. ephippiatus*, del cual ha comenzado a tecnificarse la producción de colmenas con el fin de ser una alternativa a *B. impatiens*.

Otro grupo de polinizadores a destacar son las abejas sin aguijón, grupo ampliamente usado en México desde antes de la llegada de los españoles. Este grupo está conformado por una gran variedad de especies que se ha demostrado su eficacia en ciertos cultivos y bajo ciertas condiciones, además, su manejo por parte de algunas comunidades las convierte en un grupo a considerar ante la creciente demanda de cultivos dependientes de polinizadores. Sin embargo, la carencia de datos o el desinterés en su producción las ha puesto a la sombra de otros polinizadores comerciales. México tiene un gran potencial de polinizadores nativos para usarse en cultivos, se debe invertir más en la generación del conocimiento y la transferencia de tecnologías para lograr aprovechar este potencial ante un mercado creciente de cultivos dependientes de polinizadores.

Literatura citada

- AGUILAR, R., L. ASHWORTH, L. GALETTO, AND M.A. AIZEN. (2006). Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: Review and synthesis through a meta-analysis. *Ecol. Lett.* 9: 968–980. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00927.x>
- AGUILAR, R., CRISTÓBAL-PÉREZ, E.J., BALVINO-OLVERA, F.J., DE JESÚS AGUILAR-AGUILAR, M., AGUIRRE-ACOSTA, N., ASHWORTH, L., ... & BERNARDELLO, G. (2019). Habitat fragmentation reduces plant progeny quality: a global synthesis. *Ecology letters*. <https://doi.org/10.1111/ele.13272>
- AGUILAR, R., QUESADA, M., ASHWORTH, L., HERRERIAS-DIEGO, Y., & LOBO, J. (2008). Genetic consequences of habitat fragmentation in plant populations: susceptible signals in plant traits and methodological approaches. *Molecular ecology*, 17(24), 5177–5188. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03971.x>
- AGUIRRE, A., & DIRZO, R. (2008). Effects of fragmentation on pollinator abundance and fruit set of an abundant understory palm in a Mexican tropical forest. *Biological Conservation*, 141(2), 375–384. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.09.014>
- AGUIRRE, A., GUEVARA, R., & DIRZO, R. (2011). Effects of forest fragmentation on assemblages of pollinators and floral visitors to male-and female-phase inflorescences of *Astrocaryum mexicanum* (Arecaceae) in a Mexican rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 27(1), 25–33. <https://doi.org/10.1017/S0266467410000556>
- AIZEN, M.A., & FEINSINGER, P. (2003). Bees not to be? Responses of insect pollinator faunas and flower pollination to habitat fragmentation. In *How landscapes change* (pp. 111–129). Springer, Berlin, Heidelberg.
- AIZEN, M.A., MORALES, C.L., & MORALES, J.M. (2008). Invasive mutualists erode native pollination webs. *PLoS biology*, 6(2), e31. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060031>
- AIZEN, M.A., GARIBALDI, L.A., CUNNINGHAM, S.A., & KLEIN, A.M. (2008). Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current biology*, 18(20), 1572–1575. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.08.066>
- AIZEN, M.A., AGUIAR, S., BIESMEIJER, J.C., GARIBALDI, L.A., INOUE, D.W., JUNG, C., ... & PAUW, A. (2019). Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification. *Global change biology*. <https://doi.org/10.1111/gcb.14736>
- ANDERSON, D.L., & TRUEMAN J.W.H. 2000. VARROA JACOBSONI (Acari:Varroidae) is more than one species. *Experimental and Applied acarology* 24: 165–189. <https://doi.org/10.1023/A:100645>
- ANGUIANO-BAEZ, R., GUZMAN-NOVOA, E., M.D. HAMIDUZ-ZAMAN, M., ESPINOSA-MONTAÑO, L.G., & CORREA-BENÍTEZ, A. (2016). Varroa destructor (Mesostigmata: Varroidae) Parasitism and Climate Differentially Influence the Prevalence, Levels, and Overt Infections of Deformed Wing Virus in Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Science*, 16(1), 44. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iiew029>
- ALAUX, C., fr J.L. BRUNET, C. DUSSAUBAT, F. MONDET, S. TCHAMITCHAN, M. COUSIN, J. BRILLARD, A. BALDY, L.P. BELZUNCES, AND Y. LE CONTE. (2010). Interactions

- between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environ. Microbiol.* 12: 774-782.
- ALLEN-WARDELL, G. *et al.*, (1998). The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conserv. Biol.* 12: 8-17.
- ANTUNEZ, K., D'ALESSANDRO, B., CORBELLA, E., ZUNINO, P. (2005) Detection of chronic bee paralysis virus and acute bee paralysis virus in Uruguayan honeybees. *J. Invertebr. Pathol.* 90: 69-72
- ANTÚNEZ, K., D'ALESSANDRO, B., CORBELLA, E., RAMALLO, G., & ZUNINO, P. (2006). Honeybee viruses in Uruguay. *Journal of invertebrate pathology*, 93(1), 67-70. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2006.05.009>
- ANTUNEZ, K., INVERNIZZI, C., MENDOZA, Y., & ZUNINO, P. (2017). Honeybee colony losses in Uruguay during 2013-2014. *Apidologie*, 48(3), 364-370.
- ARECHAVALETA-VELASCO, M.E., & GUZMAN-NOVOA, E. (2001). Relative effect of four characteristics that restrain the population growth of the mite *Varroa destructor* in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Apidologie*, 32(2), 157-174. <https://doi.org/10.1051/apido:2001121>
- ARIZAGA, S., EZCURRA, E., PETERS, E., DE ARELLANO, F.R., & VEGA, E. (2000a). Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. I. *American Journal of Botany*, 87(7), 1004-1010. <https://doi.org/10.2307/2657000>
- ARIZAGA, S., EZCURRA, E., PETERS, E., DE ARELLANO, F.R., & VEGA, E. (2000b). Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. II. *American Journal of Botany*, 87(7), 1011-1017. <https://doi.org/10.2307/2657001>
- ARIZMENDI, M.C., DOMINGUEZ, C.A., & DIRZO, R. (1996). The Role of an Avian Nectar Robber and of Hummingbird Pollinators in the Reproduction of Two Plant Species. *Functional Ecology*, 10(1), 119-127. <https://doi.org/10.2307/2390270>
- ARIZMENDI, M. DEL C., M.S. CONSTANZA, J. LOURDES, F.M. IVONNE, AND L.S. EDGAR. (2007). Effect of the presence of nectar feeders on the breeding success of *Salvia mexicana* and *Salvia fulgens* in a suburban park near México City. *Biological Conservation* 136: 155-158.
- ASHWORTH, L., QUESADA, M., CASAS, A., AGUILAR, R., & OYAMA, K. (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142(5), 1050-1057. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.016>
- AVENDAÑO ARRAZATE, C.H., FUENTES, V., ROJAS, C., MÉNDEZ, G., LÓPEZ, M., MEDINA, A., ... & ZARAGOZA, E. (2011). *Diagnóstico del cacao en México*. SAGARPA
- AYALA, R. (1999). Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomol. Mex*, 106, 1-123.
- BALVANERA, P. *et al.*, (2012). Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosyst. Serv.* 2: 56-70.
- BADILLO-MONTAÑO, R., AGUIRRE, A., & MUNGUÍA-ROSAS, M.A. (2018). Pollinator-mediated interactions between cultivated papaya and co-flowering plant species. *Ecology and Evolution*, 9(1), 587-597. <https://doi.org/10.1002/ece3.4781>
- BARTOMEUS, I., J.S. ASCHER, J. GIBBS, B.N. DANFORTH, D.L. WAGNER, S.M. HEDTKE, AND R. WINFREE. (2013). Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 110: 4656-4660.
- BARTOMEUS, I., J. S. ASCHER, D. WAGNER, B.N. DANFORTH, S. COLLA, S. KORNBLUTH, AND R. WINFREE. (2011). Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108: 20645-20649.
- BAUDE, M., W.E. KUNIN, N.D. BOATMAN, S. CONYERS, N. DAVIES, M.A. K. GILLESPIE, R.D. MORTON, S.M. SMART, AND J. MEMMOTT. (2016). Historical nectar assessment reveals the fall and rise of floral resources in Britain. *Nature* 530: 85-88.
- BENNETT, C.F. (1964). Stingless beekeeping in western Mexico. *The Geographical Review*, 54, 85-92.
- BEZERRA, A.D.M., PACHECO FILHO, A.J., BOMFIM, I.G., SMAGGHE, G., & FREITAS, B.M. (2019). Agricultural area losses and pollinator mismatch due to climate changes endanger passion fruit production in the Neotropics. *Agricultural systems*, 169, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.12.002>
- BIESMEIJER, J.C., ROBERTS, S.P., REEMER, M., OHLEMÜLLER, R., EDWARDS, M., PEETERS, T., ... & SETTELE, J. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated

- plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785), 351-354.
- BLANCHE, R. & CUNNINGHAM, S.A. (2005). Rain forest provides pollinating beetles for atemoya crops. *J. Econ. Entomol.* 98, 1193-1201. <http://doi.org/10.1603/0022-0493-98.4.1193>
- BRIGGS, H.M., PERFECTO, I., & BROSI, B.J. (2013). The Role of the Agricultural Matrix: Coffee Management and Euglossine Bee (Hymenoptera: Apidae: Euglossini) Communities in Southern Mexico. *Environmental Entomology*, 42(6), 1210-1217. <https://doi.org/10.1603/EN13087>
- BRODSCHNEIDER, R., MOOSBECKHOFER, R., & CRAILSHEIM, K. (2010). Surveys as a tool to record winter losses of honey bee colonies: a two year case study in Austria and South Tyrol. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 23-30. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.04>
- BRODSCHNEIDER, R., GRAY, A., ADJLANE, N., BALLIS, A., BRUSBARDIS, V., CHARRIÈRE, J.D., ... & MAJA DRAŽIĆ, M. (2018). Multi-country loss rates of honey bee colonies during winter 2016/2017 from the COLOSS survey. *Journal of Apicultural Research*, 57(3), 452-457.
- BUCKLES, B.J., & HARMON-THREATT, A.N. (2019). Bee diversity in tallgrass prairies affected by management and its effects on above-and below-ground resources. *Journal of Applied Ecology*.
- BURKLE, L.A., AND R. ALARCÓN. (2011). The future of plant-pollinator diversity: Understanding interaction networks across time, space, and global change. *Am. J. Bot.* 98: 528-538.
- BURKLE, L.A., J.C. MARLIN, AND T.M. KNIGHT. (2013). Plant-Pollinator Interactions over 120 Years: Loss of Species, Co-Occurrence, and Function. *Science* 339: 1611-1615.
- CABRERA-MARÍN, N.V., LIEDO, P., VANDAME, R., & SÁNCHEZ, D. (2015). Foraging Allocation in the Honey Bee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae), Tuned by the Presence of the Spinosad-Based Pesticide GF-120. *Neotropical Entomology*, 44(2), 166-172. <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0262-5>
- CABRERA-MARÍN, NINA VANESSA, LIEDO, P., & SÁNCHEZ, D. (2016). The Effect of Application Rate of GF-120 (Spinosad) and Malathion on the Mortality of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) Foragers. *Journal of Economic Entomology*, 109(2), 515-519. <https://doi.org/10.1093/jee/tov385>
- CAIRNS, C.E., VILLANUEVA-GUTIERREZ, R., KOPTUR, S., & BRAY, D.B. (2005). Bee Populations, Forest Disturbance, and Africanization in Mexico. *Biotropica*, 37(4), 686-692. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00087.x>
- CALDERONE, N.W. (2012). Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: Trend analysis of aggregate data for the period 1992-2009. *PLoS One* 7: 24-28.
- CALZONI, G.L., & SPERANZA, A. (1998). Insect controlled pollination in Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Scientia Horticulturae*, 72(3-4), 227-237. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(97\)00132-5](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(97)00132-5)
- CAMERON, S.A., J.D. LOZIER, J.P. STRANGE, J.B. KOCH, N. CORDES, L.F. SOLTER, AND T.L. GRISWOLD. (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108: 662-667.
- CAN-ALONZO, C., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., XIU-ANCONA, P., MOO-VALLE, H., VALDOVINOS-NUNEZ, G.R., & MEDINA-PERALTA, S. (2005). Pollination of 'criollo' avocados (*Persea americana*) and the behaviour of associated bees in subtropical Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 44(1), 3-8. <https://doi.org/10.1080/00218839.2005.11101138>
- CANE, J.H., MINCKLEY, R.L., KERVIN, L.J., ROULSTON, T.A.H., & WILLIAMS, N.M. (2006). Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Applications*, 16(2), 632-644.
- CANTO-AGUILAR, M.A., & PARRA-TABLA, V. (2000). Importance of conserving alternative pollinators: Assessing the pollination efficiency of the squash bee, *Peponapis limitaris* in *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). *Journal of Insect Conservation*, 4(3), 201-208.
- CARRASCO, L.R., WEBB, E.L., SYMES, W.S., KOH, L.P., & SODHI, N.S. (2017). Global economic trade-offs between wild nature and tropical agriculture. *PLoS biology*, 15(7), e2001657. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2001657>
- CASTILLO, M.R., MUÑOZ-LIVERA, M., & MÁRQUEZ-GUZMÁN, G. (2005). Caracterización Morfológica y compatibilidad sexual de cinco genotipos de Pitahaya (*Hylocereus undatus*). *Agrociencia*, 39(2), 183-194. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239206>

- CARO, A., MOO-VALLE, H., ALFARO, R., & QUEZADA-EUÁN, J.J.G. (2017). Pollination services of Africanized honey bees and native *Melipona beecheii* to buzz-pollinated annatto (*Bixa orellana* L.) in the neotropics. *Agricultural and Forest Entomology*, 19(3), 274–280. <https://doi.org/10.1111/afe.12206>
- CAUICH, O., EUÁN, J.J.G.Q., RAMÍREZ, V.M., VALDOVINOS-NUÑEZ, G.R., & MOO-VALLE, H. (2006). Pollination of habanero pepper (*Capsicum chinense*) and production in enclosures using the stingless bee *Nannotrigona perilampoides*. *Journal of Apicultural Research*, 45(3), 125–130. <https://doi.org/10.1080/00218839.2006.11101330>
- CAUICH, O., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., MACIAS-MACIAS, J.O., REYES-OREGEL, V., MEDINA-PERALTA, S., & PARRA-TABLA, V. (2004). Behavior and Pollination Efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on Greenhouse Tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in Subtropical México. *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 475–481. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.475>
- COLOSS BEEBOOK. Volume I: standard methods for *Apis mellifera* research. *Journal of Apicultural Research* 52(4): <http://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.13>
- COUNCIL, N.R. (2006). Status of pollinators in North America. National Academic Press. Washington DC, USA.
- CURRIE, R.W., PERNAL, S.F., & GUZMÁN-NOVOA, E. (2010). Honey bee colony losses in Canada. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 104–106.
- DÁTILLO, W., AGUIRRE, A., QUESADA, M., & DIRZO, R. (2015). Tropical Forest Fragmentation Affects Floral Visitors but Not the Structure of Individual-Based Palm-Pollinator Networks. *PLoS One*, 10(3), e0121275. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121275>
- DE GUZMAN, L.I., RINDERER, T.E., & STELZER, J.A. (1999). Occurrence of two genotypes of *Varroa jacobsoni* Oud. in North America. *Apidologie*, 30(1), 31–36. <https://doi.org/10.1051/apido:19990104>
- DE SANTIAGO-HERNÁNDEZ, M.H., MARTEN-RODRIGUEZ, S., LOPEZARAIZA-MIKEL, M., GONZALEZ RODRIGUEZ, A., OYAMA, K., QUESADA, M., ... QUESADA, M. (2019). The role of pollination effectiveness on the attributes of interaction networks: from floral visitation to plant fitness. *In Press*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1002/ecy.2803>
- DELGADO-CARRILLO, O., MARTÉN-RODRÍGUEZ, S., ASHWORTH, L., AGUILAR, R., LOPEZARAIZA-MIKEL, M., QUEZADA, M. (2018). Temporal variation in pollination services to *Cucurbita moschata* is determined by bee gender and diversity. *Ecosphere*, 9(11), e02506. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2506>
- DESNEUX, N., DECOURTYE, A., & DELPUECH, J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52, 81–106.
- DIAZ, T., DEL-VAL, E., AYALA, R., & LARSEN, J. (2019). Alterations in honey bee gut microorganisms caused by *Nosema* spp. and pest control methods: Alterations in honey bee gut microorganisms caused by *Nosema* spp. and pest control methods. *Pest Management Science*, 75(3), 835–843. <https://doi.org/10.1002/ps.5188>
- DI PASQUALE, G., M. SALIGNON, Y. LE CONTE, L. P. BELZUNCES, A. DECOURTYE, A. KRETZSCHMAR, S. SUCHAIL, J.L. BRUNET, AND C. ALAUX. (2013). Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? *PLoS One* 8: 1–13.
- DIRZO, R., YOUNG, H.S., GALETTI, M., CEBALLOS, G., ISAAC, N.J., & COLLEN, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401–406. DOI: 10.1126/science.1251817
- DIXON, C.V. (1987). Beekeeping in Southern Mexico. *Yearbook. Conference of Latin Americanist Geographers*, 13, 66–71. Recuperado de JSTOR.
- DOMÍNGUEZ-AYALA, R., MOO-VALLE, H., MAY-ITZÁ, W. DE J., MEDINA-PERALTA, S., & QUEZADA-EUÁN, J.J.G. (2016). Stock composition of northern neotropical honey bees: mitotype and morphotype diversity in Mexico (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 47(5), 642–652. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0414-6>
- DOS SANTOS, A. (2005). A importância das coleções de abelhas para a Iniciativa Internacional dos polinizadores. Disponible en: <http://www.cria.org.br/cgee/documentos/NotaTecnicaAbelhas.doc>.
- EARDLEY, C., ROTH, D., CLARKE, J., BUCHMANN, S & GEMMILL, B. (2006). Pollinators and pollination: A Resource book for policy and practice. Pretoria: African Pollinator Initiative; pág. 77
- ECHAZARRETA, C.M., AND R.J. PAXTON. (1997). Comparative colony development of Africanized and European honey bees (*Apis mellifera*) in lowland neotropical Yucatan, Mexico. *J. Apic. Res.* 36: 89–103.

- ELLIS, E.C. (2011). Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Math. Phys. Eng. Sci.* 369: 1010–1035.
- ESTRADA, C.G., DAMON, A., HERNÁNDEZ, C.S., PINTO, L.S., & NÚÑEZ, G.I. (2006). Bat diversity in montane rainforest and shaded coffee under different management regimes in southeastern Chiapas, Mexico. *Biological Conservation*, 132(3), 351–361. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.027>
- FIERRO, M.M., L. CRUZ-LÓPEZ, D. SÁNCHEZ, R. VILLANUEVA-GUTIÉRREZ, AND R. VANDAME. (2012). Effect of Biotic Factors on the Spatial Distribution of Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in Fragmented Neotropical Habitats. *Neotropical Entomology* 41: 95–104.
- FLEITES-AYIL, F.A., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., & MEDINA-MEDINA, L.A. (2018). Onset of foraging and lifespan of Africanized honey bees (*Apis mellifera*) infected with different levels of *Nosema ceranae* spores in Neotropical Mexico. *Apidologie*, 49(6), 781–788. <https://doi.org/10.1007/s13592-018-0602-2>
- FLORES-TORRES, A., & GALINDO-ESCAMILLA, A. (2017). Pollination biology of *Agave horrida* (Agavaceae) in the Chichinautzin mountain range, in Central Mexico". *Botanical Sciences*, 95(3), 423–431. <https://doi.org/10.17129/botsci.1022>
- FRAZIER, M., MULLIN, C., FRAZIER, J., ASHCRAFT S. (2008) What have pesticides got to do with it?. *American Bee Journal*. 148: 521–523.
- FRANKIE, G.W., RIZZARDI, M., VINSON, S.B., & GRISWOLD, T.L. (2009). Decline in bee diversity and abundance from 1972–2004 on a flowering leguminous tree, *Andira inermis* in Costa Rica at the interface of disturbed dry forest and the urban environment. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 82(1), 1–21.
- FREITAS, B.M., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., MEDINA, L.M., KLEINERT, A.D.M.P., GALETTO, L., NATES-PARRA, G., & QUEZADA-EUÁN, J.J.G. (2009). Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40(3), 332–346. <https://doi.org/10.1051/apido/2009012>
- FRICK, W.F., HEADY, P.A., EARL, A.D., ARTEAGA, M.C., CORTÉS-CALVA, P., & MEDELLÍN, R.A. (2018). Seasonal ecology of a migratory nectar-feeding bat at the edge of its range. *Journal of Mammalogy*, 99(5), 1072–1081. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyyo88>
- GALLAI, N., J.-M. SALLES, J. SETTELE, AND B.E. VAISSIÈRE. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol. Econ.* 68: 810–821.
- GALLOT-LAVALLÉE, M., SCHMID-HEMPEL, R., VANDAME, R., VERGARA, C.H., & SCHMID-HEMPEL, P. (2016). Large scale patterns of abundance and distribution of parasites in Mexican bumblebees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 133, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.12.004>
- GARIBALDI, L.A., M.A. AIZEN, A.M. KLEIN, S.A. CUNNINGHAM, AND L.D. HARDER. (2011). Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 108: 5909–5914.
- GARIBAY, S., GÄNZ, P., & VANDAME, R. (2010). Organic beekeeping in Mexico. In *Apimondia first world conference on organic beekeeping program and abstracts*. pp. 12–13.
- GARCÍA FIGUEROA, C., & ARECHAVALTA-VELASCO, M.E. (2018). Prevalencia de la acariosis traqueal y niveles de infestación de *Acarapis woodi* en colonias de abejas de Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(3), 567–575. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4194>
- GARCÍA-ANAYA, M.C., ROMO-CHACÓN, A., SÁENZ-MENDOZA, A.I., PÉREZ-ORDOÑEZ, G., & ACOSTA-MUÑIZ, C.H. (2018). Detection of Israeli Acute Paralysis Virus (IAPV) and *Apis mellifera* Filamentous Virus (AmFV) in Honey Bees in Mexico. *Journal of Apicultural Science*, 62(1), 141–144. <https://doi.org/10.2478/jas-2018-0009>
- GARCÍA-ANAYA, M.C., ROMO-CHACÓN, A., ZAMUDIO-FLORES, P.B., RÍOS-VELASCO, C., & ACOSTA-MUÑIZ, C.H. (2016). Detection of viruses in colonies of honey bees (*Apis mellifera* L.) in the state of Chihuahua, Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 55(3), 240–242. <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1226605>
- GARCÍA-GARCÍA, J.L., & SANTOS-MORENO, A. (2014). Efectos de la estructura del paisaje y de la vegetación en la diversidad de murciélagos filostómidos (Chiroptera: Phyllostomidae) de Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(1), 217. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i1.12094>
- GEHRKE-VÉLEZ, M., CASTILLO-VERA, A., RUIZ-BELLO, C., MORENO-MARTINEZ, J.L., & MORENO-BASURTO, G.

- (2012). Delayed self-incompatibility causes morphological alterations and crop reduction in 'Ataúlfo' mango (*Mangifera indica* L.). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 40(4), 215-227. <https://doi.org/10.1080/01140671.2011.632423>
- GONZÁLEZ, V.H., AMITH, J.D., & STEIN, T.J. (2018). Nesting ecology and the cultural importance of stingless bees to speakers of Yoloxóchitl Mixtec, an endangered language in Guerrero, Mexico. *Apidologie*, 49(5), 625-636.
- GONZÁLEZ-ACERETO, J.A. (1983). Acerca de la regionalización de la nomenclatura Maya de abejas sin aguijón (*Melipona* sp.) en Yucatán. *Revista de Geografía Agrícola*, 5(6), 190-193.
- GONZÁLEZ-ACERETO, J.A., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., & MEDINA-MEDINA, L.A. (2006). New perspectives for stingless beekeeping in the Yucatan: results of an integral program to rescue and promote the activity. *Journal of Apicultural Research*, 45(4), 234-239.
- GONZÁLEZ-VARO, J.P., J.C. BIESMEIJER, R. BOMMARCO, S.G. POTTS, O. SCHWEIGER, H.G. SMITH, I. STEFFAN-DEWENTER, H. SZENTGYÖRGYI, M. WOYCIECHOWSKI, AND M. VILÀ. (2013). Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends Ecol. Evol.* 28: 524-530.
- GÓMEZ-ESCOBAR, E., LIEDO, P., MONTOYA, P., MÉNDEZ-VILLARREAL, A., GUZMÁN, M., VANDAME, R., & SÁNCHEZ, D. (2018). Effect of GF-120 (spinosad) aerial sprays on colonies of the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* (hymenoptera: Apidae) and the honey bee (hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 111(4), 1711-1715. <https://doi.org/10.1093/jee/toy152>
- GÓMEZ-ESCOBAR, E., LIEDO, P., MONTOYA, P., VANDAME, R., & SÁNCHEZ, D. (2014). Behavioral Response of Two Species of Stingless Bees and the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) to GF-120. *Journal of Economic Entomology*, 107(4), 1447-1449. <https://doi.org/10.1603/EC13490>
- GOULSON, D., G.C. LYE, AND B. DARVILL. (2008). Decline and Conservation of Bumble Bees. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 191-208.
- GOULSON, D., E. NICHOLLS, C. BOTÍAS, AND E.L. ROTHERAY. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science* 347: 1255957.
- GOULSON, D., MARTÍNEZ, A.M., HUGHES, W.O.H., & WILLIAMS, T. (2000). Effects of Optical Brighteners Used in Biopesticide Formulations on the Behavior of Pollinators. *Biological Control*, 19(3), 232-236. <https://doi.org/10.1006/bcon.2000.0861>
- GUERRERO-MOLINA, C., CORREA-BENÍTEZ, A., HAMIDUZZAMAN, M. MD., & GUZMAN-NOVOA, E. (2016). *Nosema ceranae* is an old resident of honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Mexico, causing infection levels of one million spores per bee or higher during summer and fall. *Journal of Invertebrate Pathology*, 141, 38-40. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2016.11.001>
- GUZMÁN-NOVOA, E., A.C. BENÍTEZ, LG. E. MONTAÑO, AND G.G. NOVOA. (2011). Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México Colonization, impact and control of Africanized honey bees in Mexico. *Vet Méx* 42: 2.
- GUZMAN-NOVOA, E., HAMIDUZZAMAN, M.M., ANGUIANO-BAEZ, R., CORREA-BENÍTEZ, A., CASTAÑEDA-CERVANTES, E., & ARNOLD, N.I. (2015). First detection of honey bee viruses in stingless bees in North America. *Journal of Apicultural Research*, 54(2), 93-95. <https://doi.org/10.1080/00218839.2015.1100154>
- GUZMAN-NOVOA, E., HAMIDUZZAMAN, M.M., ARECHAVALTA-VELASCO, M.E., KOLEOGLU, G., VALIZADEH, P., & CORREA-BENÍTEZ, A. (2011). *Nosema ceranae* has parasitized Africanized honey bees in Mexico since at least 2004. *Journal of Apicultural Research*, 50(2), 167-169. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.50.2.09>
- GUZMAN-NOVOA, E., HAMIDUZZAMAN, M.M., ESPINOSA-MONTAÑO, L.G., CORREA-BENÍTEZ, A., ANGUIANO-BAEZ, R., & PONCE-VÁZQUEZ, R. (2012). First detection of four viruses in honey bee (*Apis mellifera*) workers with and without deformed wings and *Varroa destructor* in Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 51(4), 342-346. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.51.4.08>
- GUZMAN-NOVOA, E., HAMIDUZZAMAN, M. MD., CORREA-BENÍTEZ, A., ESPINOSA-MONTAÑO, L.G., & URIBE-RUBIO, J.L. (2013). A scientific note on the first detection of black queen cell virus in honey bees (*Apis mellifera*) in Mexico. *Apidologie*, 44(4), 382-384. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0191-4>
- GUZMÁN-NOVOA, E., VANDAME, R., & ARECHAVALTA, M.E. (1999). Susceptibility of European and Africanized

- honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud. In Mexico. *Apidologie*, 30(2-3), 173–182. <https://doi.org/10.1051/apido:19990207>
- JHA, S., & VANDERMEER, J.H. (2010). Impacts of coffee agroforestry management on tropical bee communities. *Biological Conservation*, 143(6), 1423–1431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.017>
- HADLEY, A.S., FREY, S.J., ROBINSON, W.D., & BETTS, M.G. (2018). Forest fragmentation and loss reduce richness, availability, and specialization in tropical hummingbird communities. *Biotropica*, 50(1), 74–83.
- HENDRICH, P.R. (1941). El cultivo de las abejas indígenas en el Estado de Guerrero. *Mexico Antiguo*, 5, 365–373.
- HENDRICKX, F., J.P. MAELFAIT, W. VAN WINGERDEN, O. SCHWEIGER, M. SPEELMANS, S. AVIRON, I. AUGENSTEIN, R. BILLETER, D. BAILEY, R. BUKACEK, F. BUREL, T. DIEKÖTTER, J. DIRKSEN, F. HERZOG, J. LIIRA, M. ROUBALOVA, V. VANDOMME, AND R. BUGTER. (2007). How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod diversity in agricultural landscapes. *J. Appl. Ecol.* 44: 340–351.
- HENNIG, E.I., & GHAZOUL, J. (2011). Plant-pollinator interactions within the urban environment. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 13(2), 137–150.
- HILL, R., KWAPONG, P., NATES-PARRA, G., BRESLOW, S.J., BUCHORI, D., HOWLETT, B., LE BUHN, G., MAUÉS, M.M., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., & S. SAEED. (2016) Biocultural diversity, pollinators and their socio-cultural values in Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production (eds Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V.L. & Ngo, H.T.) Ch. 5: 275–360 (IPBES, Bonn, 2016).
- HOOVER, S.E.R., J.J. LADLEY, A.A. SHCHEPETKINA, M. TISCH, S.P. GIESEG, AND J.M. TYLIANAKIS. (2012). Warming, CO₂, and nitrogen deposition interactively affect a plant-pollinator mutualism. *Ecol. Lett.* 15: 227–234.
- HUANG, Z. (2012). Pollen nutrition affects honey bee stress resistance. *Terr. Arthropod Rev.* 5: 175–189.
- IMBACH, P., FUNG, E., HANNAH, L., NAVARRO-RACINES, C.E., ROUBIK, D.W., RICKETTS, T.H., ... & ROEHRDANZ, P.R. (2017). Coupling of pollination services and coffee suitability under climate change. *Proceedings of the national academy of sciences*, 114(39), 10438–10442.
- IPBES. (2016). The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services. S. Ferrier, K.N. Ninan, P. Leadley, R. Alkemade, L.A. Acosta, H.R. Akçakaya, L. Brotons, W.W.L. Cheung, V. Christensen, K.A. Harhash, J. Kabubo-Mariara, C. Lundquist, M. Obersteiner, H.M. Pereira, G. Peterson, R. Pichs-Madruga, N. Ravindranath, C. Rondinini and B.A. Wintle (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 348 pages.
- IUCN. (2019). <https://www.iucnredlist.org/>
- JANZEN, D.H., & HALLWACHS, W. (2019). Perspective: Where might be many tropical insects?. *Biological conservation*, 233, 102–108. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.02.030>
- KENT, R.B. (1984). Mesoamerican Stingless Beekeeping. *Journal of Cultural Geography*, 4(2), 14–28. <https://doi.org/10.1080/08873638409478571>
- KEVAN, P.G., GUZMAN, E., SKINNER, A., & VAN ENGLSDORP, D. (2007). Colony collapse disorder in Canada: do we have a problem?.
- KEVAN, P.G. (2008). *Bombus franklini*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T135295A4070259. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T135295A4070259.en>. Downloaded on 17 August 2019.
- KLEIJN, D., F. KOHLER, A. BÁLDI, P. BATÁRY, E.D. CONCEPCIÓN, Y. CLOUGH, M. DÍAZ, D. GABRIEL, A. HOLZSCHUH, E. KNOP, A. KOVÁCS, E.J. P. MARSHALL, T. TSCHARNTKE, AND J. VERHULST. (2012). On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 276: 903–909.
- KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER, I., & TSCHARNTKE, T. (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1518), 955–961. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2306>
- KLEIN, A.M., B.E. VAISSIERE, J.H. CANE, I. STEFFAN-DEWENTER, S.A. CUNNINGHAM, C. KREMEN, AND T. TSCHARNTKE. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 274: 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- KREMEN, C., WILLIAMS, N.M., & THORP, R.W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from

- agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812–16816.
- LANDAVERDE-GONZÁLEZ, P., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., THEODOROU, P., MURRAY, T.E., HUSEMANN, M., AYALA, R., PAXTON, R.J. (2017). Sweat bees on hot chillies: provision of pollination services by native bees in traditional slash-and-burn agriculture in the Yucatán Peninsula of tropical Mexico. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1814–1824. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12860>
- LOPER, G., & DANKA, R. (1991). Pollination Tests with Africanized Honey-Bees in Southern Mexico, 1986-88. *American Bee Journal*, 131(3), 191–193.
- LÓPEZ-URIBE, M.M., CANE, J.H., MINCKLEY, R.L., & DANFORTH, B.N. (2016). Crop domestication facilitated rapid geographical expansion of a specialist pollinator, the squash bee *Peponapis pruinosa*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1833). <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0443>
- LYKO, F., S. FORET, R. KUCHARSKI, S. WOLF, C. FALCKENHAYN, AND R. MALESZKA. (2010). The honey bee epigenomes: Differential methylation of brain DNA in queens and workers. *PLoS Biol.* 8.
- LYVER, P., PÉREZ, E., DA CUNHA, M.C., & ROUÉ, M.M. (EDS.). (2015). Indigenous and local knowledge about pollination and pollinators associated with food production: outcomes from the global dialogue workshop. UNESCO.
- MACIAS-MACIAS, O., CHUC, J., ANCONA-XIU, P., CAUICH, O., & QUEZADA-EUÁN, J.J.G. (2009). Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera:Apoidea) to Solanaceae crop pollination in tropical México. *Journal of Applied Entomology*, 133(6), 456–465. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01399.x>
- MAES, D., & VAN DYCK, H. (2001). Butterfly diversity loss in Flanders (north Belgium): Europe's worst case scenario? *Biological conservation*, 99(3), 263-276.
- MAGGI, M., ANTÚNEZ, K., INVERNIZZI, C., ALDEA, P., VARGAS, M., NEGRI, P., ... & BARRIOS, C. (2016). Honeybee health in South America. *Apidologie*, 47(6), 835–854.
- MAGGI, M., RUFFINENGO, S., NEGRI, P., BRASESCO, C., MEDICI, S., QUINTANA, S. *et al.*, (2013) The status of bee health and colony losses in Argentina.: Nova Publishing Group. ISBN: 978-1-62948-661-1.
- MAHARRAMOV, J., MEEUS, I., MAEBE, K., ARBETMAN, M., MORALES, C., GRAYSTOCK, P., ... SMAGGHE, G. (2013). Genetic Variability of the Neogregarine *Apicystis bombi*, an Etiological Agent of an Emergent Bumblebee Disease. *PLoS One*, 8(12), e81475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081475>
- MAYER, C., L. ADLER, W. ARMBRUSTER, A. DAFNI, C. EARDLEY, S. HUANG, P. KEVAN, J. OLLERTON, L. PACKER, A. SSYMANK, J. STOUT, AND S.A. AND POTTS. (2011). Pollination ecology in the 21st Century: key questions for future research Available at: <http://www.pollinationecology.org/index.php?journal=jpe&page=article&op=view&path%5B%5D=103>.
- MEDELLIN, R.A., WIEDERHOLT, R., & LOPEZ-HOFFMAN, L. (2017). Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation*, 211, 45–50. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2017.01.012>
- MEDINA, L. (1998). Frequency and infestation level of the mite *Varroa jacobsoni* Oud. in managed honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in Yucatan, Mexico. *American Bee Journal*, 138(2), 125–127.
- MEDINA, LUIS M., & VICARIO-MEJIA, E. (1999). The Presence of *Varroa jacobsoni* Mite and *Ascosphaera apis* Fungi in Collapsing and Normal Honey Bee (*Apis mellifera* L.) colonies in Yucatan, Mexico. *American Bee Journal*, 139, 794–796.
- MEDINA, LUIS MEDINA, & MARTIN, S.J. (s/f). *A comparative study of Varroa jacobsoni* reproduction in worker cells of honey bees (*Apis mellifera*) in England and Africanized bees in Yucatan, Mexico. 9.
- MEDINA, LUIS MEDINA, MARTIN, S.J., & RATNIEKS, F.L.W. (s/f). *Reproduction of Varroa destructor* in worker brood of Africanized honey bees (*Apis mellifera*). 10.
- MEDINA-FLORES, C.A., GUZMAN-NOVOA, E., ESPINOSA-MONTAÑO, L.G., URIBE-RUBIO, J. L., GUTIÉRREZ-LUNA, R., & GUTIÉRREZ-PIÑA, F. J. (2014). Frequency of Varroaosis and Nosemosis in Honeybee (*Apis mellifera*) Colonies in the State of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XX(3), 159–167. <https://doi.org/10.5154/r.rch-scfa.2013.08.028>
- MEDINA-FLORES, C.A., GUZMÁN-NOVOA, E., HAMIDUZ-ZAMAN, M.M., ARÉCHIGA-FLORES, C.F., & LÓPEZ-CARLOS,

- M.A. (2014). Africanized honey bees (*Apis mellifera*) have low infestation levels of the mite *Varroa destructor* in different ecological regions in Mexico. *Genetics and Molecular Research*, 13(3), 7282-7293. <https://doi.org/10.4238/2014.February.21.10>
- MEDINA-FLORES, CARLOS AURELIO, GUZMÁN-NOVOA, E., ARÉCHIGA, C. F., BAÑUELOS, H. G., & SOTO, J. I. A. (s/f). *Producción de miel e infestación con Varroa destructor de abejas africanizadas (Apis mellifera) con alto y bajo comportamiento higiénico*. 16.
- MEDINA-FLORES, CARLOS AURELIO, GUZMÁN-NOVOA, E., ARÉCHIGA-FLORES, C.F., AGUILERA-SOTO, J.I., & GUTIÉRREZ-PIÑA, F.J. (s/f). Efecto del nivel de infestación de *Varroa destructor* sobre la producción de miel de colonias de *Apis mellifera* en el altiplano semiárido de México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 5.
- MELÉNDEZ-RAMÍREZ, V., MAGAÑA-RUEDA, S., PARRA-TABLA, V., AYALA, R., & NAVARRO, J. (2002). Diversity of native bee visitors of cucurbit crops (Cucurbitaceae) in Yucatán, México. *Journal of Insect Conservation*, 6(3), 135-147.
- MELÉNDEZ-RAMÍREZ, V., PARRA-TABLA, V., KEVAN, P.G., RAMÍREZ-MORILLO, I., HARRIES, H., FERNÁNDEZ-BARRERA, M., & ZIZUMBO-VILLAREAL, D. (2004). Mixed mating strategies and pollination by insects and wind in coconut palm (*Cocos nucifera* L. (Arecaceae)): Importance in production and selection. *Agricultural and Forest Entomology*, 6(2), 155-163. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2004.00216.x>
- MENESES CALVILLO, L., MELÉNDEZ RAMÍREZ, V., PARRA-TABLA, V., & NAVARRO, J. (2010). Bee diversity in a fragmented landscape of the Mexican neotropic. *Journal of Insect Conservation*, 14(4), 323-334. <https://doi.org/10.1007/s10841-010-9262-x>
- MICHENER, C.D. (2007). *The Bees of the World* 2nd Edition. John Hopkins University Press, Baltimore.
- MOLINA-FREANER, F., & EGUIARTE, L.E. (2003). The pollination biology of two paniculate agaves (Agavaceae) from northwestern Mexico: contrasting roles of bats as pollinators. *American Journal of Botany*, 90(7), 1016-1024. <https://doi.org/10.3732/ajb.90.7.1016>
- MONDRAGÓN, L., SPIVAK, M., & VANDAME, R. (2005). A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico. *Apidologie*, 36(3), 345-358. <https://doi.org/10.1051/apido:2005022>
- MORALES, C.L. (2007). Introducción de abejorros (*Bombus*) no nativos: causas, consecuencias ecológicas y perspectivas. *Ecología austral*, 17(1), 51-65.
- MORALES, C.L., & AIZEN, M.A. (2002). Does invasion of exotic plants promote invasion of exotic flower visitors? A case study from the temperate forests of the southern Andes. *Biological Invasions*, 4(1-2), 87-100.
- MORANDIN, L.A., & WINSTON, M.L. (2005). Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological applications*, 15(3), 871-881. <https://doi.org/10.1890/03-5271>
- MORITZ, R.F., DE MIRANDA, J., FRIES, I., LE CONTE, Y., NEUMANN, P., & PAXTON, R.J. (2010). Research strategies to improve honeybee health in Europe. *Apidologie*, 41(3), 227-242. <http://dx.doi.org/10.1051/apido/2010010>
- MORSE, R.A., & FLOTTUM, K. (1997). Honey Bee Pests Predators and Diseases Medina. *Ohio: AI Root Co.*
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (2007). Status of Pollinators in North America. The National Academies press, Washington, DC Available at: <https://www.nap.edu/catalog/11761/status-of-pollinators-in-north-america> [Accessed August 13, 2018].
- NAUG, D. (2009). Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biol. Conserv.* 142: 2369-2372.
- NEFF, J.L., B.B. (1993). Bees, pollination systems and plant diversity. CAB International. Central T.M.I. Simpson University of Texas, Austin, TX 78713 (USA), and D. of Botany
- NEUMANN, P., AND N.L. CARRECK. (2010). Honey bee colony losses. *J. Apic. Res.* 49: 1-6.
- NEMÉSIO, A. (2013). Are orchid bees at risk? First comparative survey suggests declining populations of forest-dependent species. *Brazilian Journal of Biology*, 73(2), 367-374.
- NEWSTROM, L., COOPER, J., SPENCER, N & WILTON, A. INTEGRATED INFORMATION SYSTEM FOR OCEANIA POLLINATOR INITIATIVE (OP): based on a federation of distributed databases. En: Ssymank A, Hamm A, Vischer-Leopold M, editores. Caring for pollinators. Safeguarding and agro biodiversity and wild plant diversity: Current progress and need for action presented

- in a side event at COP 09 in Bonn (22.05.2008). Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN), Federal Agency for Nature Conservation; 2009. **pág. 78-85.**
- NICOLSON, S., W., DA SILVA, N.N., S., HUMAN, H., PIRK, W.W. (2017) Digestibility and nutritional value of fresh and stored pollen for honey bees (*Apis mellifera scutellata*). *Journal of Insect Physiology*. 107: **302-308**. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2017.12.008>
- NORTH AMERICAN POLLINATOR (2019). <https://www.pollinator.org/nappc>
- NUÑEZ-ROSAS, L.E., RAMÍREZ-GARCÍA, E., LARA, C., & ARIZMENDI, M.A. D.C. (2018). Observación del parasitismo por moscas (*Philornis bellus*) en tres especies de colibríes del Occidente de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2383>
- OAXACA-VILLA, B., CASAS, A., & VALIENTE-BANUET, A. (2006). Reproductive Biology in Wild and Silvicultural Managed Populations of *Escontria chiotilla* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(2), **277-287**. <https://doi.org/10.1007/s10722-004-6147-4>
- OLDROYD BP (2007) What's Killing American Honey Bees? *PLoS Biol* 5(6): **e168**. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050168>
- OLSCHEWSKI, R., TSCHARNTKE, T., BENÍTEZ, P., SCHWARZE, S., & KLEIN, A.M. (2006). Economic evaluation of pollination services comparing coffee landscapes in Ecuador and Indonesia. *Ecology and Society*, 11(1).
- PALMA, G., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., REYES-OREGEL, V., MELÉNDEZ, V., & MOO-VALLE, H. (2008). Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hym.: Apoidea). *Journal of Applied Entomology*, 132(1), **79-85**. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01246.x>
- PALMA, GERARDO, QUEZADA-EUÁN, J.J.G., MELÉNDEZ-RAMÍREZ, V., IRIGOYEN, J., VALDOVINOS-NUÑEZ, G.R., & REJÓN, M. (2008). Comparative Efficiency of *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apoidea), and Mechanical Vibration on Fruit Production of Enclosed Habanero Pepper. *Journal of Economic Entomology*, 101(1), **132-138**. <https://doi.org/10.1093/jee/101.1.132>
- PARRA, G.N. (ED.). (2017). *Iniciativa colombiana de polinizadores: abejas*: ICPA. Universidad Nacional de Colombia.
- PARRA-TABLA, V., CAMPOS-NAVARRETE, M.J., & ARCEO-GÓMEZ, G. (2017). Plant-floral visitor network structure in a smallholder Cucurbitaceae agricultural system in the tropics: implications for the extinction of main floral visitors. *Arthropod-Plant Interactions*, 11(5), **731-740**. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9529-1>
- PEÑALBA, M.C., MOLINA-FREANER, F., & RODRÍGUEZ, L.L. (2006). Resource availability, population dynamics and diet of the nectar-feeding bat *Leptonycteris curasoae* in Guaymas, Sonora, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 15(9), **3017-3034**. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-4876-0>
- PERNAL, S.F., & MELATHOPOULOS, A.P. (2006). Monitoring for American foulbrood spores from honey and bee samples in Canada. *Apiacta*, 41(1), **99-109**.
- PETTIS, J.S., D. VANENGELSDORP, J. JOHNSON, AND G. DIVE-LY. (2012). Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Naturwissenschaften* 99: **153-158**.
- PEREZ-BALAM, J., QUEZADA-EUAN, J.J., ALFARO-BATES, R., MEDINA, S., MCKENDRICK, L., SORO, A., & PAXTON, R.J. (2012). The contribution of honey bees, flies and wasps to avocado (*Persea americana*) pollination in southern Mexico. *Journal of Pollination Ecology*, 8(0). Retrieved from <http://www.pollinationecology.org/index.php?journal=jpe&page=article&op=view&path%5B%5D=125>
- PERNAL, S.F., & MELATHOPOULOS, A.P. (2006). Monitoring for American foulbrood spores from honey and bee samples in Canada. *Apiacta*, 41(1), **99-109**.
- PINKUS-RENDON, M.A., PARRA-TABLA, V., & MELÉNDEZ-RAMÍREZ, V. (2005). Floral resource use and interactions between *Apis mellifera* and native bees in cucurbit crops in Yucatan, Mexico. *The Canadian Entomologist*, 137(04), **441-449**.
- PIRK, C.W., HUMAN, H., CREWE, R.M., & VANENGELSDORP, D. (2014). A survey of managed honey bee colony losses in the Republic of South Africa -2009 to 2011. *Journal of Apicultural Research*, 53(1), **35-42**. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.53.1.03>
- POTTS, S.G., J.C. BIESMEIJER, C. KREMEN, P. NEUMANN, O. SCHWEIGER, AND W.E. KUNIN. (2010). Global pollinator

- declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 25: 345-353.
- POTTS, S.G., BIESMEIJER, J.C., BOMMARCO, R., FELICOLI, A., FISCHER, M., JOKINEN, P., ... & PENEV, L.D. (2011). Developing European conservation and mitigation tools for pollination services: approaches of the STEP (Status and Trends of European Pollinators) project. *Journal of Apicultural Research*, 50(2), 152-164.
- POTTS, S.G., V. IMPERATRIZ-FONSECA, H.T. NGO, M.A. AIZEN, J.C. BIESMEIJER, T.D. BREEZE, L.V. DICKS, L.A. GARIBALDI, R. HILL, J. SETTELE, AND A.J. VANBERGEN. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540: 220-229.
- POTTS, S.G., IMPERATRIZ-FONSECA, V., NGO, H.T., BIESMEIJER, J.C., BREEZE, T.D., DICKS, L.V., ... & VANBERGEN, A.J. (2016b). The assessment report on pollinators, pollination and food production: summary for policy-makers. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- POTTS, S.G., ROBERTS, S.P., DEAN, R., MARRIS, G., BROWN, M.A., JONES, R., ... & SETTELE, J. (2010). Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of apicultural research*, 49(1), 15-22. <http://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.49.1.02>
- PUC, J.F.M., MEDINA, L.A.M., & VENTURA, G.A.C. (s/f). Frecuencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 14.
- QUESADA, M., F. ROSAS, R. AGUILAR, L. ASHWORTH, V.M. ROSAS-GUERRERO, R. SAYAGO, J.A. LOBO, Y. HERRERÍAS-DIEGO, AND G. SÁNCHEZ-MONTOYA. (2011). Human Impacts on Pollination, Reproduction, and Breeding Systems in Tropical Forest Plants. In R. Dirzo, H.S. Young, H.A. Mooney, and G. Ceballos (Eds.) *Seasonally Dry Tropical Forests*. pp. 173-194, Island Press/Center for Resource Economics, Washington, DC. Available at: http://link.springer.com/10.5822/978-1-61091-021-7_11 [Accessed June 13, 2016].
- QUESADA, M., ROSAS, V., LETELIER., L., RODRÍGUEZ., H., ASHWORTH, L., AGUILAR, R., MARTÉN, S., BALVINO, F., BASTIDA, J., SÁNCHEZ, G. (2012). Informe final del proyecto "Evaluación de los impactos del cambio climático en polinizadores y sus consecuencias potenciales en el sector agrícola en México". [Internet]. Disponible en el sitio de red: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2010_polinizadores.pdf [revisado el 10 de septiembre del 2013].
- QUESADA, M., AND K.E. STONER. (2004). Threats to the conservation of the tropical dry forest in Costa Rica. *Biodivers. Conserv. Costa Rica Learn. Lessons Seas. Dry For.* 266-280.
- QUESADA, M., STONER, K.E., LOBO, J.A., HERRERIAS-DIEGO, Y., PALACIOS-GUEVARA, C., MUNGUÍA-ROSAS, M.A., ... ROSAS-GUERRERO, V. (2004). Effects of Forest Fragmentation on Pollinator Activity and Consequences for Plant Reproductive Success and Mating Patterns in Bat-pollinated Bombacaceous Trees¹. *Biotropica*, 36(2), 131-138. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2004.tb00305.x>
- QUESADA, M., STONER, K.E., ROSAS-GUERRERO, V., PALACIOS-GUEVARA, C., & LOBO, J.A. (2003). Effects of habitat disruption on the activity of nectarivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a dry tropical forest: implications for the reproductive success of the neotropical tree *Ceiba grandiflora*. *Oecologia*, 135(3), 400-406. <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1234-3>
- QUEZADA-EUÁN, J.J.G. (2018). *Stingless Bees of Mexico: The Biology, Management and Conservation of an Ancient Heritage*. Recuperado de <https://www.springer.com/gp/book/9783319777849>
- QUEZADA-EUÁN, J.J.G., MAY-ITZÁ, W. DE J., & GONZÁLEZ-ACERETO, J.A. (2001). Meliponiculture in Mexico: Problems and perspective for development. *Bee World*, 82(4), 160-167. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2001.11099523>
- QUEZADA-EUÁN, J.J.G., NATES-PARRA, G., MAUÉS, M.M., ROUBIK, D.W., & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. (2018). The economic and cultural values of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) among ethnic groups of tropical America. *Sociobiology*, 65(4), 534-557.
- RAZO-LEÓN, A.E., VÁSQUEZ-BOLAÑOS, M., MUÑOZ-URIAS, A., & HUERTA-MARTÍNEZ, F.M. (2018). Changes in bee community structure (Hymenoptera, Apoidea) under three different land-use conditions. *Journal of Hymenoptera Research*, 66, 23-38. <https://doi.org/10.3897/jhr.66.27367>

- RESTREPO, L.R., & HALFFTER, G. (2013). Butterfly diversity in a regional urbanization mosaic in two Mexican cities. *Landscape and Urban Planning*, 115, 39-48.
- REYES-QUINTANA, M., ESPINOSA-MONTAÑO, L.G., PRIETO-MERLOS, D., KOLEOGLU, G., PETUKHOVA, T., CORREA-BENÍTEZ, A., & GUZMAN-NOVOA, E. (2019). Impact of *Varroa destructor* and deformed wing virus on emergence, cellular immunity, wing integrity and survivorship of Africanized honey bees in Mexico. *Journal of Invertebrate Pathology*, 164, 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.04.009>
- REYES-CARRILLO, J.L., & CANO-RÍOS, P. (2006). *Manual de Polinización Apícola*. Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana, Coordinación General de Ganadería, SAGARPA.
- RICHARDS, A.J. (2001). Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield?. *Annals of botany*, 88(2), 165-172. <https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1463>
- RINCÓN-RABANALES, M., ROUBIK, D.W., GUZMÁN, M.A., SALVADOR-FIGUEROA, M., ADRIANO-ANAYA, L., & OVANDO, I. (2015). High yields and bee pollination of hermaphroditic rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) in Chiapas, Mexico. *Fruits*, 70(1), 23-27. <https://doi.org/10.1051/fruits/2014039>
- RINCÓN-RABANALES, M., VARGAS-LÓPEZ, L.I., ADRIANO-ANAYA, L., VÁZQUEZ-OVANDO, A., SALVADOR-FIGUEROA, M., & OVANDO-MEDINA, I. (2016). Reproductive biology of the biofuel plant *Jatropha curcas* in its center of origin. *PeerJ*, 4, e1819. <https://doi.org/10.7717/peerj.1819>
- RIOJAS-LÓPEZ, M.E., DÍAZ-HERRERA, I.A., FIERROS-LÓPEZ, H.E., & MELLINK, E. (2019). The effect of adjacent habitat on native bee assemblages in a perennial low-input agroecosystem in a semiarid anthropized landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 272, 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.11.019>
- RIOS-VELASCO, C., BERLANGA-REYES, D.I., AYALA-BARAJAS, R., SALAS-MARINA, M.Á., IBARRA-RENDÓN, J.E., FLORES, P. B. Z., ... & ACOSTA-MUÑIZ, C.H. (2014). Identification of megachilid species (Hymenoptera: Megachilidae) and other pollinators in apple orchards in Chihuahua, México. *Florida Entomologist*, 97(4), 1829-1835.
- RIZZARDO, R.A.G., M.O. MILFONT, E.M.S. DA SILVA, AND B.M. FREITAS. (2012). *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). *An. Acad. Bras. Cienc.* 84: 1137-1145.
- RODRÍGUEZ, M., VARGAS, M., GERDING, M., NAVARRO, H., ANTÚNEZ, K. (2012) Viral infection and *Nosema ceranae* in honey bees (*Apis mellifera*) in Chile. *J. Apic. Res.* 51, 285-287.
- ROSENKRANZ, P., AUMEIER, P., & ZIEGELMANN, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of invertebrate pathology*, 103, S96-S119.
- ROUBIK, D.W. (2000). Pollination system stability in tropical America. *Conservation biology*.
- ROUBIK, D.W. (2002). Tropical agriculture: the value of bees to the coffee harvest. *Nature*, 417(6890), 708.
- ROUBIK, D.W. (2001). Ups and downs in pollinator populations: when is there a decline?. *Conservation ecology*, 5(1).
- ROUBIK, D.W., & VILLANUEVA-GUTIERREZ, R. (2009). Invasive Africanized honey bee impact on native solitary bees: a pollen resource and trap nest analysis. *Biological journal of the Linnean Society*, 98(1), 152-160. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01275.x>
- ROUBIK, D.W., & WOLDA, H. (2001). Do competing honey bees matter? Dynamics and abundance of native bees before and after honey bee invasion. *Population Ecology*, 43(1), 53-62. <https://doi.org/10.1007/PL00012016>
- ROMERO, M.J., & QUEZADA-EUÁN, J.J.G. (2013). Pollinators in biofuel agricultural systems: the diversity and performance of bees (Hymenoptera: Apoidea) on *Jatropha curcas* in Mexico. *Apidologie*, 44(4), 419-429. <https://doi.org/10.1007/s13592-013-0193-x>
- ROMO, C.A., YC.H. ACOSTA. (2010). Validación de la eficiencia de los abejorros en la polinización del cultivar del jitomate en condiciones de invernadero en el noroeste de Chihuahua. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Cuauhtémoc, Chihuahua.
- ROSAS-GUERRERO, V., R. AGUILAR, S. MARTÍN-RODRÍGUEZ, L. ASHWORTH, M. LOPEZARAIZA-MIKEL, J.M. BASTIDA, AND M. QUESADA. (2014). A quantitative review of pollination syndromes: do floral traits predict effective pollinators? *Ecol. Lett.* 17: 388-400.
- RUÍZ-FLORES, A., RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, E., MALDONADO-SIMÁN, E., PALAFOX-GUILLÉN, J., OCHOA-TORRES, E., & LÓPEZ-ORDAZ., R. (2012). Incidencia y nivel de infestación por Varroasis en abejas (*Apis mellifera*) en

- el laboratorio de identificación y diagnóstico apícola de 2002 a 2006. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente, XVIII(2)*, 175–182. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2011.03.023>
- RUIZ-TOLEDO, J., VANDAME, R., CASTRO-CHAN, R., PENILLA-NAVARRO, R., GÓMEZ, J., & SÁNCHEZ, D. (2018). Organochlorine Pesticides in Honey and Pollen Samples from Managed Colonies of the Honey Bee *Apis mellifera* Linnaeus and the Stingless Bee *Scaptotrigona mexicana* Guérin from Southern, Mexico. *Insects*, 9(2), 54. <https://doi.org/10.3390/insects9020054>
- SACHMAN-RUIZ, B., NARVÁEZ-PADILLA, V., & REYNAUD, E. (2015). Commercial *Bombus impatiens* as reservoirs of emerging infectious diseases in central México. *Biological Invasions*, 17(7), 2043–2053. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0859-6>
- SACHMAN-RUIZ, B., NARVÁEZ-PADILLA, V., & REYNAUD, E. (2015). Commercial *Bombus impatiens* as reservoirs of emerging infectious diseases in central México. *Biological Invasions*, 17(7), 2043–2053. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0859-6>
- SAGARPA. (2008). Situación Actual y Perspectiva de la Apicultura en México. *Claridades Agropecuarias*, (199), 3–34.
- SÁNCHEZ-BAYO, F., WYCKHUYS, K.A.G., (2019). Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation* 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- SÁNCHEZ, D., DE J. SOLÓRZANO, E., LIEDO, P., & VANDAME, R. (2012). Effect of the Natural Pesticide Spinosad (GF-120 Formulation) on the Foraging Behavior of *Plebeia moureana* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 105(4), 1234–1237. <https://doi.org/10.1603/EC12047>
- SEMMENS, B.X., SEMMENS, D.J., THOGMARTIN, W.E., WIEDERHOLT, R., LÓPEZ-HOFFMAN L., DIFFENDORFER, J.E., TAYLOR, O.R., (2016). Quasi-extinction risk and population targets for the Eastern, migratory population of monarch butterflies (*Danaus plexippus*). *Sci. Rep.* 6, 23265.
- SHAW, D.W., ESCALANTE, P., RAPPOLE, J.H., RAMOS, M.A., OEHLenschLAGER, R. J., WARNER, D.W., & WINKER, K. (2013). Decadal changes and delayed avian species losses due to deforestation in the northern Neotropics. *PeerJ*, 1, e179. <https://doi.org/10.7717/peerj.179>
- SCHEPER, J., M. REEMER, R. VAN KATS, W.A. OZINGA, G.T.J. VAN DER LINDEN, J.H. J. SCHAMINÉE, H. SIEPEL, AND D. KLEIJN. (2014). Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in The Netherlands. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 111: 17552–17557.
- SLAA, E.J., SÁNCHEZ CHAVES, L.A., MALAGODI-BRAGA, K.S., & HOFSTEDE, F.E. (2006). Stingless bees in applied pollination: Practice and perspectives. *Apidologie*, 37(2), 293–315. <https://doi.org/10.1051/apido:2006022>
- SEKERCIOGLU, C.H. (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *Trends Ecol. Evol.* 21: 464–471.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). (2017). Producción Agrícola. <https://www.gob.mx/siap/>. Available at: <http://www.gob.mx/siap/> [Accessed May 30, 2018].
- SILVA-MONTELLANO, A., & EGUIARTE, L.E. (2003). Geographic patterns in the reproductive ecology of Agave lechuguilla (Agavaceae) in the Chihuahuan desert. I. Floral characteristics, visitors, and fecundity. *American Journal of Botany*, 90(3), 377–387. <https://doi.org/10.3732/ajb.90.3.377>
- STANKUS, T. (2008). A Review and Bibliography of the Literature of Honey Bee Colony Collapse Disorder: A Poorly Understood Epidemic that Clearly Threatens the Successful Pollination of Billions of Dollars of Crops in America. *J. Agric. Food Inf.* 9: 115–143.
- STEINHAEUER, N., KULHANEK, K., ANTÚNEZ, K., HUMAN, H., CHANTAWANNAKUL, P., & CHAUZAT, M.P. (2018). Drivers of colony losses. *Current opinion in insect science*, 26, 142–148.
- STOUT, J.C., & MORALES, C.L. (2009). Ecological impacts of invasive alien species on bees. *Apidologie*, 40(3), 388–409.
- TAPIA-GONZÁLEZ, J.M., ALCAZAR-OCEGUERA, G., MACÍAS-MACÍAS, J.O., CONTRERAS-ESCARREÑO, F., TAPIA-RIVERA, J.C., CHAVOYA-MORENO, F.J., & MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, J.C. (2017). Nosemosis en abejas melíferas y su relación con factores ambientales en Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 325. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4510>
- TAPIA-GONZALEZ, J.M., ALCAZAR-OCEGUERA, G., MACÍAS-MACÍAS, J.O., CONTRERAS-ESCARREÑO, F., TAPIA-RIVERA, J.C., PETUKHOVA, T., & GUZMAN-NOVOA, E. (2019).

- Varroosis en abejas melíferas en diferentes condiciones ambientales y regionales de Jalisco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 243. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.2018>
- TEIXEIRA, E.W., CHEN, Y., MESSAGE, D., PETTIS, J., EVANS, J.D. (2008) Virus infections in Brazilian honey bees. *J. Invertebr. Pathol.* 99, 117-119.
- TEIXEIRA, E.W., CHEN, Y.P., MESSAGE, D., BONCRISTIANI, H.F., PETTIS, J.S., & EVANS, J.D. (2012). Israeli acute paralysis virus in Africanized honey bees in southeastern Brazilian Apiaries. *Journal of Apicultural Research*, 51(3), 282-284.
- THEODOROU, P., RADZEVIČIŪTĖ, R., LENTENDU, G., KAHNT, B., HUSEMANN, M., BLEIDORN, C., ... & MURRAY, T.E. (2020). Urban areas as hotspots for bees and pollination but not a panacea for all insects. *Nature Communications*, 11(1), 1-13.
- TOLEDO, VÍCTOR MANUEL Y NARCISO BARRERA-BASSOLS, (2008). 'La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales'. Icaria editorial. Barcelona, España
- TORRES-RUIZ, A., & JONES, R.W. (2012). Comparison of the Efficiency of the Bumble Bees *Bombus impatiens* and *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae) as Pollinators of Tomato in Greenhouses. *Journal of Economic Entomology*, 105(6), 1871-1877. <https://doi.org/10.1603/ec12171>
- TORRES-RUIZ, A., JONES, R.W., & BARAJAS, R.A. (2013). Present and Potential use of Bees as Managed Pollinators in Mexico 1. *Southwestern Entomologist*, 38(1), 133-148. <https://doi.org/10.3958/059.038.0102>
- TORRETTA, J.P., MEDAN, D., & ABRAHAMOVICH, A.H. (2006). First record of the invasive bumblebee *Bombus terrestris* (L.)(Hymenoptera, Apidae) in Argentina. *Transactions of the American Entomological Society*, 132(3), 285-290. [https://doi.org/10.3157/0002-8320\(2006\)132\[285:FROTIB\]2.o.CO;2](https://doi.org/10.3157/0002-8320(2006)132[285:FROTIB]2.o.CO;2)
- TREJO-SALAZAR, R.E., EGUIARTE, L.E., SURO-PIÑERA, D., & MEDELLIN, R.A. (2016). Save Our Bats, Save Our Tequila: Industry and Science Join Forces to Help Bats and Agaves. *Natural Areas Journal*, 36(4), 523-530. <https://doi.org/10.3375/043.036.0417>
- TREJO-SALAZAR, R.E., SCHEINVAR, E., & EGUIARTE, L.E. (2015). ¿Quién poliniza realmente los agaves? Diversidad de visitantes florales en 3 especies de Agave (Agavoideae: Asparagaceae). *Enfermería Universitaria*, 86(2), 358-369. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.007>
- VALDOVINOS-FLORES, C., ALCANTAR-ROSALES, V.M., GASPAR-RAMÍREZ, O., SALDAÑA-LOZA, L.M., & DORANTES-UGALDE, J.A. (2017). Agricultural pesticide residues in honey and wax combs from Southeastern, Central and Northeastern Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 56(5), 667-679. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1340798>
- VALDOVINOS-NÚÑEZ, G.R., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., ANCONA-XIU, P., MOO-VALLE, H., CARMONA, A., & SÁNCHEZ, E.R. (2009). Comparative Toxicity of Pesticides to Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Journal of Economic Entomology*, 102(5), 1737-1742. <https://doi.org/10.1603/029.102.0502>
- VALIENTE-BANUET, A., SANTOS GALLY, R., ARIZMENDI, M.C., & CASAS, A. (2007). Pollination biology of the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus* in the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 68(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2006.04.001>
- VAN DER SLUIJS, J.P., N. SIMON-DELISO, D. GOULSON, L. MAXIM, J.M. BONMATIN, AND L.P. BELZUNCES. (2013). Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 5: 293-305.
- VANDAME, R., AND M.A. PALACIO. (2010). Preserved honey bee health in Latin America: a fragile equilibrium due to low-intensity agriculture and beekeeping? *Api-dologie* 41: 243-255.
- VANDAME, R., & OTERO-COLINA, G. (1999). Africanized Honeybees Tolerance to Varroa in Mexico: Mite Infertility is not the Main Tolerance Factor. *Apiacta*, 1, 12-20.
- VANDAME, RÉMY, COLIN, M.E., MORAND, S., & OTERO-COLINA, G. (2000). Levels of compatibility in a new host-para-site association: *Apis mellifera*/Varroa *jacobsoni*. 78, 8.
- VANENGELSDORP, D., HAYES, J., UNDERWOOD, R.M., & PETTIS, J.S. (2008) A survey of honey bee colony losses in the us, fall 2007 to spring 2008. *PLoS One* 3: e4071. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0004071>
- VANENGELSDORP, D., J.D. EVANS, C. SAEGERMAN, C. MULLIN, E. HAUBRUGE, B.K. NGUYEN, M. FRAZIER, J. FRAZIER, D. COX-FOSTER, Y. CHEN, R. UNDERWOOD, D.R. TARPY, AND

- J.S. PETTIS. (2009). Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study. *PLoS One* 4: e6481.
- VANENGELSDORP, D., J. HAYES, R.M. UNDERWOOD, AND J.S. PETTIS. (2010). A survey of honey bee colony losses in the United States, fall 2008 to spring 2009. *J. Apic. Res.* 49: 7-14.
- VANENGELSDORP, D; MEIXNER, M.D. (2010) A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology* 103: S80-S95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.011>
- VANENGELSDORP D., UNDERWOOD, CARON, D., R. HAYES, J.J.(2007). An Estimate of Managed Colony Losses in the Winter of 2006-2007: A Report Commissioned by the Apiary Inspectors of America. *American bee Journal* 14(7): 599-603
- VERGARA, C.H., AND E.I. BADANO. (2009). Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 129: 117-123.
- VERGARA, C.H., & FONSECA-BUENDÍA, P. (2012). Pollination of Greenhouse Tomatoes by the Mexican bumblebee *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Pollination Ecology*, 7(0). [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2012\)1](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2012)1)
- VILLANUEVA-GUTIÉRREZ, R., ROUBIK, D. W., & COLLI-UCÁN, W. (2005). Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatán peninsula. *Bee World*, 86(2), 35-41. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2005.11099651>
- VILLANUEVA-GUTIÉRREZ, R., ROUBIK, D.W., COLLI-UCÁN, W., GÜEMEZ-RICALDE, F.J., & BUCHMANN, S.L. (2013). A critical view of colony losses in managed Mayan honey-making bees (Apidae: Meliponini) in the heart of Zona Maya. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 86(4), 352-362.
- VILLASEÑOR, J.L., AND E. ORTIZ. (2014). Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85: 134-142.
- WATANABE, M.E. (2014). Pollinators at Risk: Human activities threaten key species. *BioScience* 64: 5-10.
- WILLIAMS, I.H. (1994). The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agric. Zool. Rev.* 6: 229-257.
- WILLIAMS, N.M., E.E. CRONE, T.H. ROULSTON, R.L. MINCKLEY, L. PACKER, AND S.G. POTTS. (2010). Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biol. Conserv.* 143: 2280-2291.
- WILLIAMS, P.H. (1982). The Distribution and Decline of British Bumble Bees (*Bombus* Latr.). *J. Apic. Res.* 21: 236-245.
- WILLMER, P. (2011). Why pollination is interesting. In *Pollination and Floral Ecology*. pp. 3-10.
- WINFREE, R., R. AGUILAR, D.P. VÁZQUEZ, G. LEBUHN, AND M.A. AIZEN. (2009). A meta-analysis of bees responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90: 2068-2076.
- WINFREE, R., BARTOMEUS, I., & CARIVEAU, D.P. (2011). Native pollinators in anthropogenic habitats. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 1-22.
- WINTER, K., L. ADAMS, R. THORP, D. INOUE, L. DAY, J. ASCHER, AND S. BUCHMANN. (2006). Importation of Non-Native Bumblebees into North America: Potential consequences of Using *Bombus terrestris* and other Nonnative Bumblebees for Greenhouse Crop Pollination in Canada, Mexico and the United States. *North American Pollination Protection Campaign*.
- WOLDA H, ROUBIK DW. (1986). Nocturnal bee abundance and seasonal activity in a Panamanian forest. *Ecology* 67: 426-33
- ZAYED, A. (2009). Bee genetics and conservation Génétique des abeilles et conservation des espèces-Bienengenetik und Artenschutz. *Apidologie* 40: 237-262.
- ZAYED, A. (2004). Effective population size in Hymenoptera with complementary sex determination. *Heredity*, 93(6), 627-630. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800588>



Colibrí Ermitaño Enano (*Phaethornis striigularis*).
Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo, CONABIO

II. Impacto de los organismos genéticamente modificados (OGM) en polinizadores

Los contenidos de esta sección fueron obtenidos principalmente del informe IPBES 2016, *The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production*. La información fue revisada y complementada por los integrantes del Grupo de Conducción y el Grupo de Trabajo Ampliado de la ENCUSP.

Uno de los aspectos que ha cobrado importancia en la última década para la conservación y manejo sustentable de los polinizadores es el estudio del impacto de los organismos genéticamente modificados (OGM) en sus poblaciones. Por lo que la información presentada en este segmento es una síntesis de trabajos publicados en los últimos años, así como del informe IPBES de Evaluación de Polinizadores, Polinización y Producción de Alimentos (IPBES, 2016).

Los organismos genéticamente modificados (OGM) son aquellos que se producen mediante técnicas en las que el material genético ha sido alterado de una manera que no ocurre naturalmente por apareamiento y/o recombinación natural (FAO/WHO, 2001). Los transgenes más comunes en plantas confieren tolerancia a algunos herbicidas (TH) o toxicidad para herbívoros (resistencia a insectos, RI), aunque se han desarrollado otras características como tolerancia a la sequía (James, 2014). Todos los cultivos RI producidos actualmente expresan una proteína insecticida, la proteína *Cry*, que es aislada de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, por lo que los cultivos con dicha tecnología también son llamados *Bt* (Gatehouse *et al.*, 2011).

En el marco de la producción de cultivos GM, los polinizadores son considerados *organismos no blanco*, es decir que las modificaciones no están dirigidas intencionalmente a su control. Los efectos potenciales de cultivos GM en organismos no blanco se prueban en laboratorio en grupos taxonómicos considerados representativos por la función ecológica que realizan. En el caso de los polinizadores, estas especies han sido la abeja europea (*A. mellifera*), *Osmia bicornis*, *B. terrestres* y depredadores como catarinas (*Coleomegilla maculata*, *Adalia bipunctata* y *Coccinella septempunctata*) (Li *et al.*, 2014). Cuando se evalúa el efecto potencial de los OGMs en los polinizadores, uno debe considerar dos tipos de efectos: directos e indirectos.

♦ Efectos Directos

La exposición a características transgénicas en cultivos RI tiene el potencial de afectar a los insectos polinizadores de manera directa (Malone y Burgess, 2009). Es por esto que los procedimientos de evaluación de riesgos relacionados a la liberación de OGM han involucrado estudios que evalúen la toxicidad de proteínas transgénicas o tejidos transgénicos en insectos polinizadores (Andow y Zwahlen, 2006; Li *et al.*, 2014).

Los polinizadores consumen polen y/o néctar, y dado que los transgenes se expresan en ambos (Abrol, 2012; Paula *et al.*, 2014), su ingestión puede potencialmente causar una reducción de la sobrevivencia o perturbaciones conductuales o fisiológicas.

Los resultados de estudios realizados en laboratorio, invernaderos o en campo en una gran diversidad de taxa de insectos polinizadores, varían con base en el grupo analizado y la concentración de toxinas (Li *et al.*, 2014; Paula *et al.*, 2014; Arpaia *et al.*, 2011; Hendriksma *et al.*, 2013). Las toxinas *Bt* no son letales para los himenópteros y sus colonias (Abrol, 2012; Babendreier *et al.*, 2008; Devos *et al.*, 2012; Duan *et al.*, 2008; Hendriksma *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2014; Malone and Burgess, 2009; Mommaerts *et al.*, 2010) (cuadro 1). Sin embargo, se reportaron efectos subletales en un estudio, en particular, la ingestión de altas concentraciones de toxinas *Bt* afectaron el comportamiento y capacidad de aprendizaje de abejas europeas, mientras que en concentraciones menores de toxina no se observaron afectaciones (Ramírez-Romero *et al.*, 2008). Asimismo se demostró que las toxinas causan una reducción en la supervivencia de larvas de lepidópteros, así como una reducción en su masa corporal y un aumento del tiempo de desarrollo (Lang y Otto, 2010; Paula *et al.*, 2014).

En el marco de una evaluación de riesgos ambientales, algunos estudios europeos modelaron la exposición y consumo potenciales de polen *Bt* por mariposas silvestres; estos estudios arrojaron resultados ambiguos (Holst *et al.*, 2013; Perry *et al.*, 2013), por lo que se sugiere realizar mayor investigación experimental para resolver este impacto.

♦ Efectos indirectos

Estos efectos incluyen aquellos que afectan a los polinizadores a través de un contacto indirecto con cultivos genéticamente modificados (GM) o partes de éstos, o a través de cambios en el agroecosistema o prácticas agrícolas intensivas asociadas con la producción de cultivos GM. Estos últimos cambios pueden potencialmente llevar a alteraciones en comunidades ecológicas, relacionados con cambios en redes alimenticias o de interacción, o efectos poblacionales por la ocurrencia de flujos transgénicos entre el cultivo GM a uno convencional o parientes silvestres de estos.

Uno de los argumentos que apoyan la producción de cultivos GM es su potencial de reducir el uso de agroquímicos (Brookes y Barfoot, 2013; Naranjo, 2009), especialmente insecticidas. Aunque existe una reducción significativa

global en la aplicación de insecticidas (41.67% menos insecticida aplicado a cultivos RI comparados con los convencionales; Klumper y Qaim, 2014), el patrón varía dependiendo de la especie cultivada y la región geográfica. Esto se explica por el hecho de que algunos cultivos son afectados por una gran variedad de plagas, algunas de las cuales no serían sensibles a los genes insecticidas incorporados a los cultivos GM (Lu *et al.*, 2010), igualmente por el hecho de que las plagas blanco de los transgénicos pueden no representar una amenaza importante en ciertas regiones (Brookes y Barfoot, 2013).

CUADRO 1_ Resultados de estudios sobre efectos negativos de proteínas insecticidas en diferentes insectos polinizadores.
No: indica sin efectos negativos identificados;
Si: indica identificación de efectos negativos;

Si/No: indica efectos identificados para algunas especies o estadios de desarrollo en particular;
NP: No Probado; **Cry:** proteínas cristalinas;
Vip: proteínas insecticidas vegetativas;
E: empírico; **R:** revisión; **MA:** Meta-análisis.

Grupo de Insectos Polinizadores	Proteínas		Fuente
	Cry	Vip	
Hymenoptera (abejas y avispas)	No	NP	Babendreier <i>et al.</i> , 2008 (E)
	No	No	Malone and Burgess, 2009 (R); Romeis <i>et al.</i> , 2009 (R)
	No	NP	Konrad <i>et al.</i> , (2008)
	Si/ No	NP	Ramirez-Romero <i>et al.</i> , 2008 (E); Devos <i>et al.</i> , 2012 (E); Hendriksma <i>et al.</i> , 2013 (E)
	No	NP	Mommaerts <i>et al.</i> , 2010 (E); Arpaia <i>et al.</i> , 2011 (E)
	No	NP	Li <i>et al.</i> , 2014 (R); Duan <i>et al.</i> , 2008 (MA)
Lepidoptera (Mariposas y polillas)	Si/ No	NP	Lang and Otto, 2010 (R)
	Si	NP	Paula <i>et al.</i> , 2014 (E)
	No	No	Romeis <i>et al.</i> , 2009 (R)
Coleoptera (escarabajos)	No	NP	Li <i>et al.</i> , 2014 (R), Li <i>et al.</i> , 2015 (E)

En una actualización de su trabajo, donde incluyen datos hasta 2018, Brookes y Barfoot (2020) mencionan que el uso excesivo de glifosato relacionado con cultivos GM en algunas regiones ha contribuido al desarrollo de resistencia a herbicidas en algunas especies de arvenses. Como resultado, los productores han adoptado en los últimos 15 años estrategias de manejo de arvenses más integrales, incorporando una mezcla de herbicidas y prácticas de control no basadas en estos agroquímicos. Mencionan además, que con

datos de 2018, su análisis muestra que la adopción de tecnologías de cultivos TH conllevan una ganancia neta ambiental en relación con las alternativas convencionales, ya que ayuda a los agricultores a ser más eficientes en el uso de agroquímicos así como a adoptar técnicas que reducen su huella de carbono, como la labranza cero.

El manejo de cultivos TH se basa en la idea de que muy probablemente se requerirían aplicaciones regulares de herbicidas en el campo. Aunque la erradicación de hierbas es de gran interés desde la perspectiva agronómica, muchos polinizadores generalistas, incluyendo aquellos que polinizan cultivos, explotan estas hierbas como fuentes de polen y néctar. La evidencia obtenida de los pocos estudios que exploran esto, indica que los cultivos TH pueden llevar a una reducción general de polinizadores en los campos, como se ha mostrado para betabel y canola (Abrol, 2012; Bohan *et al.*, 2005). Por otro lado, uno de los efectos indirectos que se han estudiado sobre estos organismos, es el cambio en la microbiota intestinal de abejas alimentadas mediante polen con glifosato a diferentes concentraciones (Dai *et al.*, 2018). Los resultados muestran que, en condiciones experimentales, la exposición crónica de larvas de abeja a glifosato en concentraciones de 4 mg/L y 20 mg/L cambia la composición de las comunidades bacterianas intestinales y disminuye la sobrevivencia de las larvas.

♦ **Afectación de los polinizadores silvestres por la introgresión de transgenes en ambientes naturales**

Se ha expresado preocupación por la posibilidad del escape y persistencia de transgenes en cultivos no-GM o en plantas silvestres, a través de hibridación y finalmente con la introgresión de los transgenes en la población (Kwit *et al.*, 2011; Stewart *et al.*, 2003). Mientras que el riesgo de flujo de transgenes es mínimo cuando estas especies silvestres no se presentan en áreas cercanas a donde se realizan estos cultivos GM, esto no siempre es el caso. Aunque los eventos de introgresión de estos genes han sido muy raramente reportados, se ha demostrado que son teóricamente posibles (p. ej. Meirmans *et al.*, 2009), e investigaciones moleculares han identificado la presencia de transgenes en parientes silvestres de canola y algodón (Pineyro-Nelson *et al.*, 2009; Wegier *et al.*, 2011).

La introgresión y expresión de transgenes en parientes silvestres tiene el potencial de perturbar a las colonias de insectos polinizadores en ambientes no agrícolas, afectando la supervivencia de otras especies no blanco y alterando las redes ecológicas. Se ha demostrado que la supervivencia de Lepidópteros herbívoros se reduce después de la introgresión de transgenes insecticidas en parientes silvestres del girasol (Snow *et al.*, 2003). Es necesario impulsar investigaciones sobre los posibles efectos de estas introgresiones y su difusión en el ambiente silvestre, así como las consecuencias potenciales tanto ecológicas como evolutivas para los polinizadores silvestres y su función ecológica.

Literatura citada

- ABROL, D.P., (2012). Biodiversity conservation and agricultural production. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- ANDOW, D.A., AND C. ZWAHLEN. (2006). Assessing environmental risks of transgenic plants. *Ecology Letters*, 9(2), 196-214.
- ARPAIA, S., A. DE CRISTOFARO, E. GUERRIERI, S. BOSSI, F. CELLINI, G.M. DI LEO, G.S. GERMINARA, L. IODICE, M.E. MAF-FEI, A. PETROZZA, R. SASSO, AND S. VITAGLIANO. (2011). Foraging activity of bumblebees (*Bombus terrestris* L.) on Bt-expressing eggplants. *Arthropod-Plant Interactions*, 5(3), 255-261.
- BABENDREIER, D., B. REICHHART, J. ROMEIS, AND F. BIGLER. (2008). Impact of insecticidal proteins expressed in transgenic plants on bumblebee microcolonies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 126(2), 148-157.
- BOHAN, D.A., C.W. BOFFEY, D.R. BROOKS, S.J. CLARK, A.M. DEWAR, L.G. FIRBANK, A.J. HAUGHTON, C. HAWES, M.S. HEARD, M.J. MAY, J.L. OSBORNE, J.N. PERRY, P. ROTHERY, D.B. ROY, R.J. SCOTT, G.R. SQUIRE, I.P. WOIWOD, AND G.T. CHAMPION. (2005). Effects on weed and invertebrate abundance and diversity of herbicide management in genetically modified herbicide-tolerant winter-sown oilseed rape. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 272(1562), 463-474.
- BROOKES, G. AND P. BARFOOT. (2013). GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2011. UK, 191 pp.
- BROOKES, G. & P. BARFOOT (2020) Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2018: impacts on pesticide use and carbon emissions, *GM Crops & Food*, 11:4, 215-241, DOI: 10.1080/21645698.2020.1773198
- DAI P., Z. YAN, S. MA, Y. YANG, Q. WANG, C. HOU, Y. WU, Y. LIU, AND Q. DIAO. (2018). The Herbicide Glyphosate Negatively Affects Midgut Bacterial Communities and Survival of Honey Bee during Larvae Reared in Vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2018 66(29), 7786-7793.
- DEVOS, Y., A. DE SCHRIJVER, P. DE CLERCQ, J. KISS, AND J. ROMEIS. (2012). Bt-maize event MON 88017 expressing Cry3Bb1 does not cause harm to nontarget organisms. *Transgenic Research*, 21(6), 1191-1214.
- DUAN, J.J., M. MARVIER, J. HUESING, G. DIVELY, AND Z.Y. HUANG. (2008). A metaanalysis of effects of Bt crops on honey bees (Hymenoptera: Apidae). *PLoS One*, 3(1), e1415.
- FAO/WHO (2001). Codex Alimentarius -Organically Produced Foods. Rome: FAO
- GATEHOUSE, A.M.R., N. FERRY, M.G. EDWARDS, AND H.A. BELL. (2011). Insect-resistant biotech crops and their impacts on beneficial arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 366(1569), 1438-1452.
- HENDRIKSMA, H.P., M. KUETING, S. HAERTEL, A. NAETHER, A.B. DOHRMANN, I. STEFFAN-DEWENTER, AND C.C. TEBBE. (2013). Effect of stacked insecticidal cry proteins from maize pollen on nurse bees (*Apis mellifera carnica*) and their gut bacteria. *PLoS One*, 8(3), e59589.
- HOLST, N., A. LANG, G. LOVEI, AND M. OTTO. (2013). Increased mortality is predicted of *Inachis io* larvae caused by Bt-maize pollen in European farmland. *Ecological Modelling*, 250, 126-133

- IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V.L. Imperatriz-Fonseca, and H.T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. **552 pages**.
- JAMES, C. (2014). Global status of commercialized biotech/GM crops: 2014. ISAAA Brief Series, *49*, **24 pp**.
- KLUMPER, W., AND M. QAIM. (2014). A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PLoS One*, *9*(11), **e111629**.
- KWIT, C., H.S. MOON, S.I. WARWICK, AND C.N. STEWART, JR. (2011). Transgene introgression in crop relatives: molecular evidence and mitigation strategies. *Trends Biotechnol*, *29*(6), **284-293**.
- LANG, A., AND M. OTTO. (2010). A synthesis of laboratory and field studies on the effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* (Bt) maize on non-target Lepidoptera. *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, *135*(2), **121-134**.
- LI, Y.H., J. ROMEIS, K.M. WU, AND Y.F. PENG. (2014). Tier-1 assays for assessing the toxicity of insecticidal proteins produced by genetically engineered plants to non-target arthropods. *Insect Science*, *21*(2), **125-134**.
- LI, Y., X. ZHANG, X. CHEN, J. ROMEIS, X. YIN, AND Y. PENG. (2015). Consumption of Bt rice pollen containing Cry1C or Cry2A does not pose a risk to *Propylea japonica* (Thunberg) (Coleoptera: Coccinellidae). *Scientific Reports*, *5*, **7679**.
- LU, Y., K. WU, Y. JIANG, B. XIA, P. LI, H. FENG, K.A.G. WYCKHUYIS, AND Y. GUO. (2010). Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, *328*(5982), **1151-1154**.
- MALONE, L.A., AND E.P.J. BURGESS. (2009). Impact of Genetically Modified Crops on Pollinators. *Environmental Impact of Genetically Modified Crops*, **199-224**.
- MEIRMANS, P.G., J. BOUSQUET, AND N. ISABEL. (2009). A metapopulation model for the introgression from genetically modified plants into their wild relatives. *Evolutionary Applications*, *2*(2), **160-171**.
- MOMMAERTS, V., K. JANS, AND G. SMAGGHE. (2010). Impact of *Bacillus thuringiensis* strains on survival, reproduction and foraging behaviour in bumblebees (*Bombus terrestris*). *Pest Management Science*, *66*(5), **520-525**.
- NARANJO, S. (2009). Impacts of Bt crops on non-target invertebrates and insecticide use patterns. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, *4*(011).
- PAULA, D.P., D.A. ANDOW, R.V. TIMBO, E.R. SUJII, C.S. PIRES, AND E.M. FONTES. (2014). Uptake and transfer of a Bt toxin by a Lepidoptera to its eggs and effects on its offspring. *PLoS One*, *9*(4), **e95422**.
- PERRY, J.N., S. ARPAIA, D. BARTSCH, A.N.E. BIRCH, Y. DEVOS, A. GATHMANN, A. GENNARO, J. KISS, A. MESSEAN, S. MESTDAGH, M. NUTI, J.B. SWEET, AND C.C. TEBBE. (2013). No evidence requiring change in the risk assessment of *Inachis io* larvae. *Ecological Modelling*, *268*, **103-122**.
- PINEYRO-NELSON, A., J. VAN HEERWAARDEN, H.R. PERALES, J.A. SERRATOS-HERNANDEZ, A. RANGEL, M.B. HUFFORD, P. GEPTS, A. GARAY-ARROYO, R. RIVERA-BUSTAMANTE, AND E.R. ALVAREZ-BUYLLA. (2009). Transgenes in Mexican maize: molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. *Molecular Ecology*, *18*(4), **750-761**.
- RAMÍREZ-ROMERO, R., N. DESNEUX, A. DECOURTYE, A. CHAFFIOL, AND M.H. PHAM-DELEGUE. (2008). Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *70*(2), **327-333**.
- SNOW, A.A., D. PILSON, L.H. RIESEBERG, M.J. PAULSEN, N. PLESKAC, M.R. REAGON, D.E. WOLF, AND S.M. SELBO. (2003). A Bt transgene reduces herbivory and enhances fecundity in wild sunflowers. *Ecological Applications*, *13*(2), **279-286**.
- STEWART, C.N., JR., M.D. HALFHILL, AND S.I. WARWICK. (2003). Transgene introgression from genetically modified crops to their wild relatives. *Nature Reviews Genetics*, *4*(10), **806-817**.
- WEGIER, A., A. PINEYRO-NELSON, J. ALARCON, A. GALVEZ-MARISCAL, E.R. ALVAREZ-BUYLLA, AND D. PINERO. (2011). Recent long-distance transgene flow into wild populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (*Gossypium hirsutum*) at its centre of origin. *Molecular Ecology*, *20*(19), **4182-4194**.

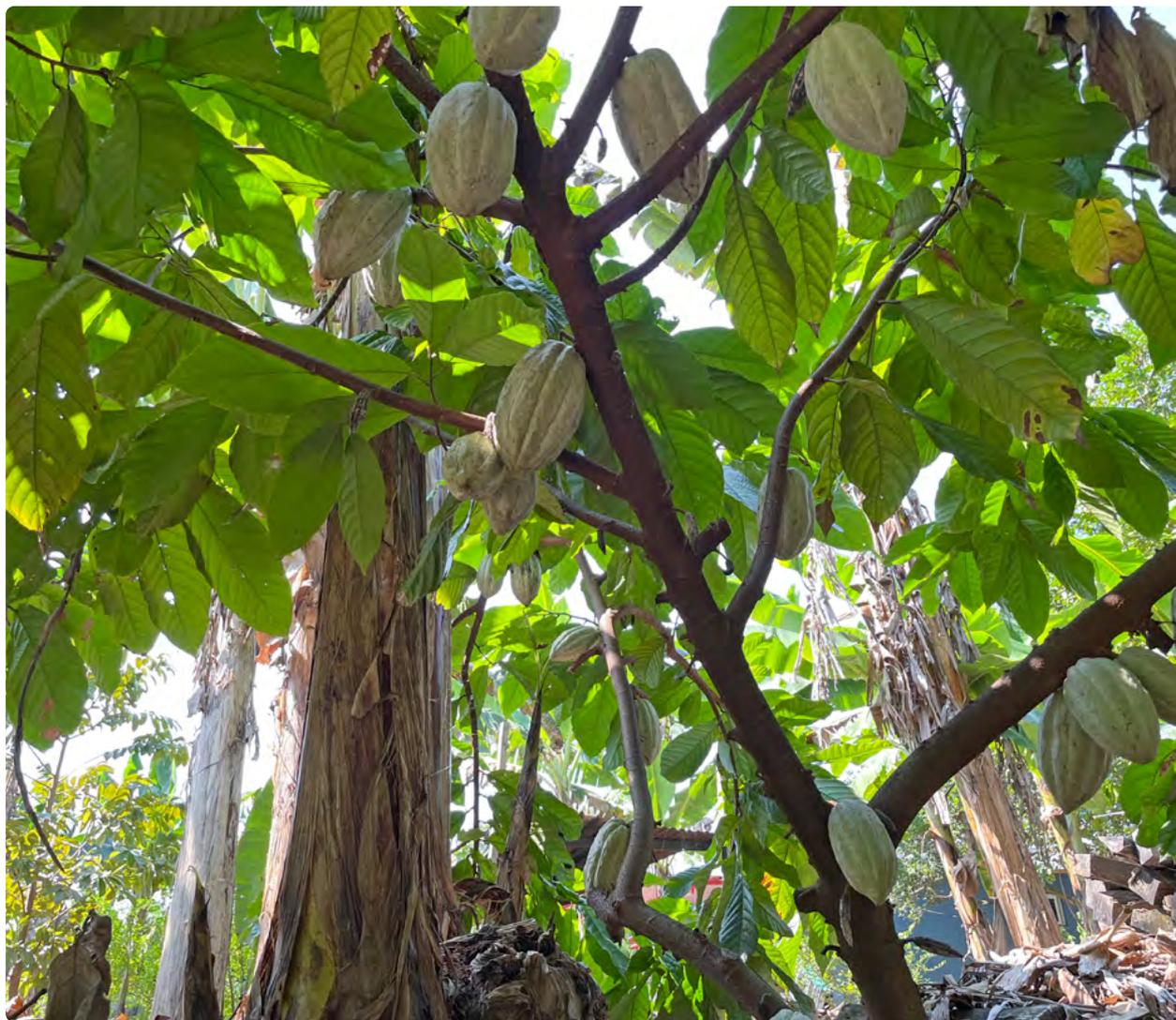


Foto: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural



En México se han identificado y estudiado al menos cuatro factores de riesgo sobre los polinizadores: presencia o efecto de patógenos, la pérdida de hábitat, el efecto de plaguicidas y el efecto de la presencia de monocultivos.

Foto: Leopoldo D. Vázquez Reyes, FES Iztacala / Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica LANASE, UNAM

III. Enfermedades de las abejas melíferas en México

Información compilada por la Coordinación General de Ganadería, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Las abejas melíferas (*Apis mellifera*) como cualquier otro organismo vivo, son susceptibles a ser afectadas por una variedad de enfermedades, parásitos y plagas, que pueden tener un efecto nocivo en el desarrollo y productividad de sus colonias. En América Latina, el apicultor debe preocuparse básicamente por seis enfermedades que causan muchos daños económicos año tras año; estas enfermedades, en orden de importancia, son: varroosis, loque americana, mal de las alas deformes, loque europea, nosemosis y cría de cal.

Pueden clasificarse en enfermedades de la cría y en enfermedades de las abejas adultas y subdividirse de acuerdo al agente que las causa (enfermedades bacterianas, micóticas, virales y parasitarias).

♦ Enfermedades bacterianas de la cría

Loque Americana

Causada por el *Paenibacillus larvae* subespecie *larvae*, es una enfermedad bacteriana infecciosa y altamente contagiosa caracterizada por la putrefacción de las crías (larvas, pre-pupas y pupas) de las abejas.

Se diagnosticó clínicamente en México en 1932, aislándose e identificándose la bacteria en 1964. Se presenta en crías de obreras y zánganos, ocasionalmente en la de reinas. Puede aparecer en cualquier época del año, pero es más frecuente durante las lluvias y durante la época de desarrollo poblacional de las colonias.

Los signos característicos de la enfermedad refieren a panales con cría salteada, opérculos oscuros, hundidos, con aspecto grasiento (algunos presentan una pequeña perforación). El olor de los panales enfermos es fétido; al interior cría con aspecto de una masa viscosa, coloración que va del amarillo cremoso al café y luego al negro, según su grado de putrefacción.

El diagnóstico puede realizarse en campo a través de la observación de los signos, el mismo se confirma a nivel de laboratorio mediante exámenes microscópicos, pruebas bioquímicas, inmunológicas y moleculares.

Las acciones para contrarrestar la enfermedad se basan en desinfectar el equipo, mantener colonias fuertes, implementar buenas prácticas de manejo y en casos severos destrucción de equipo/eliminación de abejas.

Loque Europea

Enfermedad infectocontagiosa que afecta las larvas de las abejas (obreras, zánganos y ocasionalmente larvas de reinas), causada por un complejo de bacterias, primeramente el *Melissococcus plutonius*; se caracteriza por podrir la cría como ocurre con la loque americana; por lo que pudieran confundirse. Es la segunda enfermedad de la cría en importancia.

Reportada en casi todos los países donde existe apicultura, puede presentarse en cualquier época del año; soliendo ser mucho más frecuente antes o al inicio de las floraciones. Cría salteada, siendo la cría no operculada la más afectada, olor agrio parecido al del vinagre o en ocasiones parecido al de la grasa rancia, son los signos característicos de la enfermedad.

El diagnóstico en campo se basa en la observación directa de los signos, teniendo especial cuidado de no confundirla con loque americana, para confirmar el diagnóstico es fundamental realizar pruebas específicas de laboratorio como exámenes microscópicos, pruebas bioquímicas, inmunológicas y moleculares.

Dentro de las medidas de control de la enfermedad se encuentran reforzamiento de colonias y la implementación de buenas prácticas de manejo.

CUADRO 1_ Diagnóstico diferencial entre Loque Americana y Loque Europea.

Signos en cría muerta	Loque Americana	Loque Europea
Posición en la celda	Lengua seca y extendida del piso de la celda hacia arriba	En "C", con apariencia torcida y tráqueas visibles
Coloración	Amarillo a café chocolate y posteriormente a negro	Blanco opaco, amarillo, gris o negro
Consistencia	Forma una hebra viscosa de al menos 2 cm de largo	No forma hebra, consistencia más acuosa
Olor	Pescado podrido/gallinero	Vinagre/mantequilla rancia
Escama	Dura y fuertemente adherida al piso de la celda, difícil de desprender	Elástica, fácil de desprender
Apariencia de los opérculos	Hundidos, perforados y de aspecto grasiento	La cría muere en celdas abiertas

♦ Enfermedades micóticas de la cría

Cría De Cal

Originada por el hongo *Ascospaera apis*, es una enfermedad infectocontagiosa que afecta a las crías de las abejas, dándoles el aspecto de un pedazo de yeso. Actualmente reportada en todos los continentes, puede presentarse en las larvas de las tres castas de abejas melíferas, pero suele ser mayormente recurrente en la cría de zánganos, siendo común durante las lluvias y épocas de frío.

Dentro de los signos se observan los cuerpos de las larvas con apariencia de pedazos de yeso, tanto en celdillas abiertas como en operculadas. El color blanquecino de las crías afectadas se debe al color de los micelios del hongo. En ocasiones se observan crías endurecidas pero de un color pardo (verde oscuro); esto ocurre cuando las crías están cubiertas por hongos en su estado reproductivo. El color oscuro, se debe al color de las esporas.

La mayoría de las crías afectadas se encuentran en la periferia de los panales, siendo las larvas de zánganos las más dañadas. Cuando la infección es severa, si se agita el panal, en ocasiones suena como “maraca”, ya que las crías endurecidas no están perfectamente adheridas a las celdillas y golpean con las paredes de éstas.

Se puede sugerir el diagnóstico en campo en base a los signos, en laboratorio a través de exámenes microscópicos y pruebas moleculares.

Mucho más importante y recomendable que un tratamiento, es el tomar medidas que impidan o aminoren la presencia de los factores predisponentes de esta micosis en las colmenas. Entre éstas podemos mencionar el implementar buenas prácticas de manejo en general así como selección de abejas que presenten la característica de comportamiento higiénico.

Cría De Piedra

Enfermedad infectocontagiosa causada por varias especies del hongo del género *Aspergillus*, sobre todo el *Aspergillus flavus* y ocasionalmente el *Aspergillus fumigatus*, muy parecida a la cría de cal, afecta principalmente a las larvas y en ocasiones a las abejas adultas.

Se cree que existe en todo el mundo, dado lo común que es encontrar hongos del género *Aspergillus* en cualquier país; presentándose con mayor frecuencia durante las lluvias y el invierno.

Sólo unas pocas crías se ven afectadas, mayormente las de zángano localizadas en la periferia de los panales; presentando un color gris verdoso o amarillo verdoso, sobre todo en la zona de la cabeza. Las crías afectadas están adheridas al fondo de las celdillas.

Se puede inferir el diagnóstico en base al cuadro clínico, confirmándose en laboratorio mediante la identificación microscópica de los conidióforos. Las medidas a tomar en cuenta para contrarrestar la enfermedad son básicamente las mismas que aplican para la cría de cal.

♦ Enfermedades virales de la cría

Cría Ensacada

Enfermedad infectocontagiosa que se caracteriza por la muerte de las crías en el interior de su cutícula, la cual se separa de su cuerpo, dando la impresión de ser un saco. Es causada por un virus ARN hexagonal de 30 nm de diámetro. Se considera que existe en todo el mundo, puede presentarse todo el año pero es más frecuente antes de las floraciones y durante la época de lluvias, sobre todo en colonias débiles o que han sido expuestas a alguna situación de estrés.

Dentro de los signos se encuentran opérculos hundidos, perforados y con aspecto grasiento (como en la Loque Americana). Al interior de las celdillas es característico observar a las crías muertas dentro de un saco lleno de fluido y con la cabeza estirada; luego adquieren el aspecto de un cono, “canao” o “barquillo” invertido.

El diagnóstico puede orientarse a nivel de campo en base a los signos; confirmándose en laboratorio mediante exámenes microscópicos, pruebas inmunológicas y métodos moleculares.

Se ha demostrado que el crecimiento del virus se inhibe con la administración de un jarabe saturado de azúcar. Lo ideal es cambiar a la reina y destruir los panales contaminados si el caso es grave.

Celda Real Negra

Enfermedad infectocontagiosa debida a un virus de tipo ARN de 30 nm de diámetro, que afecta a las crías de reinas cuando se encuentran en desarrollo dentro de celdas reales. Con frecuencia su presencia antecede al inicio de las floraciones, pero puede presentarse todo el año. Los signos incluyen larvas de color amarillento, como contenidas en un saco; posteriormente, se oscurecen y la pared de las celdas reales adquiere un tono negruzco, lo que facilita su identificación.

El diagnóstico puede realizarse en campo a través de la observación de los signos, debiendo confirmarse mediante técnicas moleculares implementadas a nivel de laboratorio.

Para tratar este tipo de enfermedades lo más recomendable es realizar cambio de reinas e implementar buenas prácticas de manejo.

♦ Enfermedades parasitarias de las abejas adultas

Varroosis

Conocida como *varroosis*, es una parasitosis externa y contagiosa originada por el ácaro *Varroa destructor*, afecta tanto a la cría como a las abejas adultas, causando grandes pérdidas económicas a la industria apícola.

En infestaciones severas, además de que los ácaros son más aparentes sobre el cuerpo de abejas adultas o dentro de celdas con cría operculada (particularmente las de zángano), las colonias disminuyen su población, pudiendo eventualmente llegar a morir. Las abejas parasitadas se ven inquietas,

tratando de quitarse los ácaros de su cuerpo usando sus patas; pueden llegar a verse abejas más pequeñas y deformes, algunas de ellas sin alas o con las alas arrugadas. Sin embargo, cuando las infestaciones son bajas, resulta menos obvio detectar la presencia de los ácaros o de sus daños en la colonia. Por ello, es importante monitorear con regularidad la presencia y nivel de infestación de varroa en las colonias de abejas.

El diagnóstico se basa en la detección de los parásitos a simple vista sobre el cuerpo de abejas adultas o dentro de celdas con cría operculada, especialmente las de zángano. Existen diferentes métodos de diagnóstico de la parasitosis: detección en cría de zángano, prueba del éter, trampa pegajosa de piso y prueba de David de Jong; siendo esta última la prueba oficial para determinación del porcentaje de infestación del ácaro.

En virtud de que *Varroa destructor* es un parásito que causa daños muy graves a las abejas y que es imposible de erradicar debido a que los enjambres y colonias silvestres contribuyen a su diseminación, es imprescindible establecer medidas de control dirigidas a mantener las colonias con bajos niveles de infestación para minimizar sus efectos negativos.

Entre algunas de las medidas que pueden implementarse para controlar y tratar a las colonias contra el parásito se encuentran las siguientes:

- ▶ Uso del panal trampa
- ▶ Uso de abejas mejoradas y desarrollo de abejas resistentes a varroa
- ▶ Utilización de acaricidas de origen natural u orgánico
- ▶ Utilización de acaricidas sintéticos

Es importante enfatizar que cualquiera que sea la elección del acaricida a usar (natural o sintético), éste debe contar con registro específico para su uso en abejas, indicando la dosis y método de aplicación según el país de origen.

Acariosis Traqueal

Parasitosis de las tráqueas o tubos respiratorios de las abejas adultas, causada por *Acarapis woodi*, un ácaro microscópico.

Los signos clínicos no siempre se observan y generalmente sólo son evidentes cuando los niveles de infestación de las colonias son muy altos (>50% de las abejas de una colonia infestada).

Las abejas se observan con las alas “dislocadas”, abanicándolas sin conseguir volar, su abdomen se aprecia distendido, hay abejas muertas o moribundas frente a las piqueras y algunas se ven trepando las hojas del pasto u otras hierbas; otras abejas presentan el tórax desprovisto de pelillos por lo que se ve negro y brillante; es notorio también que las abejas enfermas pierden el instinto de picar.

El diagnóstico se determina a través de un análisis microscópico de las tráqueas.

Para controlar/tratar la enfermedad se recomienda seleccionar abejas resistentes al ácaro traqueal. Amerita tratamiento sólo cuando los niveles de infestación rebasan el 30%, pudiendo utilizarse diferentes productos químicos.

♦ Enfermedades micóticas de las abejas adultas

Nosemosis

Parasitosis infecciosa del tracto digestivo de las abejas adultas altamente contagiosa, causada por dos especies de hongos de la Clase Microsporidia, siendo estos *Nosema apis* Zander y *Nosema ceranae*. Ambos son parásitos unicelulares que se caracterizan por la formación de esporas, que son sus estadios de resistencia.

Se considera la enfermedad de las abejas más diseminada en el mundo, por lo que se ha encontrado en todos los países donde se practica la apicultura. En la mayoría de las ocasiones la enfermedad no se manifiesta clínicamente ya que se encuentra en un estado crónico, sin embargo, cuando se presentan algunos signos (que es cuando el problema ya es serio), éstos son similares a los de la acariosis, con la adición de que las reinas enfermas son reemplazadas por las abejas. Fuera de este cuadro inespecífico, no hay manifestaciones clínicas que permitan su diagnóstico en campo.

A nivel de laboratorio el diagnóstico se realiza por microscopía, mediante la observación de las esporas del agente causal. Cuando se requiere determinar la especie de *Nosema* causante de la infección, es necesario hacer un análisis molecular del ADN extraído de las esporas del parásito.

Para controlar/tratar la enfermedad se recomiendan medidas de manejo y desinfección del equipo.

♦ Enfermedades virales de las abejas adultas

Alas Deformes

Enfermedad infectocontagiosa causada por el llamado virus de las alas deformes del tipo ARN. Se ha diagnosticado en abejas melíferas de todos los continentes. Los signos clínicos pueden sugerir el diagnóstico, particularmente cuando se observan abejas con abdómenes reducidos, descoloridos, sin alas o con alas pequeñas y/o arrugadas. La confirmación se hace en laboratorio por medio de pruebas inmunológicas y/o moleculares.

Ante la presencia de la enfermedad, lo más recomendable es controlar las infestaciones de varroa, así como cambiar a las reinas de colonias afectadas.

Parálisis Aguda y Crónica

Enfermedad infectocontagiosa de las abejas adultas causada por varios tipos de virus siendo los más frecuentes el virus de la parálisis crónica (virus irregular tipo ARN que mide de 65 a 90 nm de diámetro); virus de la parálisis aguda (virus hexagonal tipo ARN que mide 28 nm de diámetro muy parecido al virus de la cría ensacada) y virus de la parálisis aguda israelí.

Los signos clínicos refieren la presencia de abejas “negras” (sin vellos en el tórax), temblo-rosas y que muestran dificultad para moverse y volar. La manifestación clínica se favorece durante las épocas de calor, sobre todo en colonias con reinas consanguíneas. El diagnóstico se realiza mediante pruebas inmunológicas y/o moleculares.

Ante la presencia de la enfermedad, lo más recomendable es controlar las infestaciones de varroa, así como cambiar a las reinas de colonias afectadas.

Síndrome Del Colapso o Despoblamiento De La Colonia

El término “Síndrome del Colapso de la Colonia” (SCC, o también conocido como “Colony Collapse Disorder”, o CCD, en inglés), se refiere a un fenómeno poco entendido que se caracteriza porque las abejas obreras desaparecen abruptamente de una colmena, lo que conduce a su muerte. Actualmente se desconoce si este fenómeno de alta mortandad de colonias se trata de una enfermedad en particular y sin que se haya identificado un factor causal único, los investigadores sugieren considerarlo como un síndrome de origen multifactorial. La cantidad de factores que se han mencionado como posibles responsables del CCD es innumerable, pero la evidencia científica hasta ahora disponible limita la lista a los siguientes: patógenos, insecticidas, acaricidas, apicultura migratoria, manejo deficiente y cambio climático, entre otros.

El único signo relevante y común en todos los casos es la muerte de la colonia. Sin embargo, antes de su colapso, pudieran observarse uno o varios de los siguientes signos:

- ▶ Colonias débiles sin causa aparente, lo que conduce a un insuficiente número de obreras para mantener a las crías.
- ▶ Las abejas dejan de consumir el alimento suministrado (jarabe o suplementos proteicos).
- ▶ Las colonias “aparentemente afectadas” no son pilladas.

Por otro lado, una colonia que ha colapsado pudiera presentar una o varias de las siguientes condiciones:

- ▶ Ausencia completa de abejas adultas vivas y de cadáveres de abejas dentro de las colmenas.
- ▶ Presencia de cría operculada.
- ▶ Presencia de reservas (miel y polen). Estas reservas no son pilladas inmediatamente por otras abejas.

Prevención y recomendaciones: medidas de control contra patógenos como *Varroa destructor*, *Nosema* spp. y los virus de asociación, seguir buenas prácticas de manejo que incluyan el cambio anual de reinas mejoradas, alimentación artificial en épocas de escasez y revisión frecuente para corregir problemas que pudieran llevar a la pérdida de colonias.

♦ Plagas de la Abeja Melífera

Polillas De La Cera

Las polillas, palomillas, o alevillas de la cera, son insectos que todos los años causan enormes pérdidas económicas a los apicultores en todo el mundo, por la gran cantidad de panales que destruyen.

Son insectos del Orden Lepidóptera (como las mariposas) y las especies que más daño causan a los panales son *Galleria mellonella* (polilla mayor de la cera) y *Achroia grisella* (polilla menor de la cera).

Dentro de las medidas de prevención y control se recomienda entre otras mantener colonias fuertes, implementar buenas prácticas de manejo, contar con material en buen estado (cambio de panales viejos, pisos limpios), realizar un correcto almacenamiento del equipo; para este último, los panales almacenados pueden asperjarse con una solución acuosa de cultivos de *Bacillus thuringiensis*, un agente biológico que se vende comercialmente para el control de plagas agrícolas; otra medida es el congelamiento de panales, ya que utilizando temperaturas de $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 h, o de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 h, se eliminan todas las etapas de la polilla.

Pequeño Escarabajo De La Colmena (PEC)

Plaga de las abejas originaria de las regiones tropicales y subtropicales de África, causada por el escarabajo *Aethina tumida* Murray y caracterizada por la destrucción de panales con cría, fermentación de la miel al interior de la colmena y por aumentar la susceptibilidad de las abejas hacia otras enfermedades.

Esta plaga es de reciente aparición en México, encontrándose por primera vez en el año 2007. Actualmente se localiza en el noreste, sureste y centro del país.

Los daños causados por el PEC resultan de las actividades de las fases adulta y larvaria del mismo. Los escarabajos adultos llegan a alimentarse de las crías y en ocasiones de la miel, causando cierto daño, pero la fase de larva es la más dañina debido a que destruye los panales con polen y cría al construir túneles en ellos (como la larva de la polilla de la cera).

Las larvas del PEC pueden confundirse con las de la polilla de la cera, por lo que el diagnóstico diferencial entre ambas es necesario.

Las medidas de prevención y control se catalogan como culturales (mantener colonias fuertes, tener colmenas en buen estado físico, no dejar equipo vacío en los apiarios, hacer revisiones rápidas y controlar el pillaje de las abejas) y genéticas (seleccionar abejas con alto comportamiento higiénico).

Si desea saber más sobre las enfermedades que afectan a las abejas y su tratamiento consulta el *Manual de Patología, Diagnóstico y Control de las Principales Enfermedades y Plagas de las Abejas Melíferas*. SAGARPA, 2.ª ed., 2015.

CUADRO 2_ Diferencias anatómicas y de comportamiento entre larvas de la Polilla de la cera (*Galleria mellonella*) y larvas del pequeño Escarabajo de la colmena (*Aethina tumida* Murray).

Características	<i>Galleria mellonella</i>	<i>Aethina tumida</i>
Ubicación de extremidades	Tienen pequeños pares de patas distribuidas a lo largo del cuerpo	Tienen tres pares de patas cercanas a la cabeza
Tamaño	Aproximadamente 2.5	Aproximadamente 1.2

CUADRO 2_ Continúa...Diferencias anatómicas y de comportamiento entre larvas de la Polilla de la cera (*Galleria mellonella*) y larvas del pequeño Escarabajo de la colmena (*Aethina tumida* Murray).

Características	<i>Galleria mellonella</i>	<i>Aethina tumida</i>
Color	Grisáceo	Blanquecino
Comportamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Huyen de la luz • Tejen capullo en el interior de la colmena dejando hundimientos donde estuvo la pupa 	<ul style="list-style-type: none"> • Atraídas a la luz para salir de la colmena y pupar en el suelo • Las larvas no tejen capullos

Cuadros de las enfermedades, síndromes y plagas de las abejas

CUADRO A_ Enfermedades de la cría presentes en México.

Enfermedad	Causado por	Afecta a	Signos	Diagnóstico en laboratorio	Tratamiento	
Enfermedades bacterianas	Loque Americana	<i>Paenibacillus larvae</i> subespecie <i>larvae</i>	Cría de obrera/zángano, ocasionalmente reina	<ul style="list-style-type: none"> • Cría salteada • Opérculos oscuros, hundidos con aspecto grasiento, algunos presentan una pequeña perforación • Olor fétido 	Exámenes microscópicos, pruebas bioquímicas, inmunológicas y moleculares.	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfección de equipo • Reforzamiento de colonias • Buenas prácticas de manejo • Destrucción de equipo/abejas en casos severos de enfermedad
	Loque Europea	<i>Melissococcus plutonius</i>	Cría de obrera/zángano, ocasionalmente reina	<ul style="list-style-type: none"> • Cría salteada • Olor a vinagre/mantequilla rancia 	Exámenes microscópicos, pruebas bioquímicas, inmunológicas y moleculares.	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzamiento de colonias • Buenas prácticas de manejo
Enfermedades micóticas	Cría de Cal	<i>Ascosphaera apis</i>	Las tres castas, recurrente en cría de zángano	<ul style="list-style-type: none"> • Larvas con apariencia de pedazos de yeso • color blanquecino, pardo u obscuro, dependiendo del estadio reproductivo del hongo 	Exámenes microscópicos y pruebas moleculares.	<ul style="list-style-type: none"> • Buenas prácticas de manejo • Selección de abejas que presenten comportamiento higiénico
	Cría de Piedra	<i>Aspergillus flavus</i> , ocasionalmente <i>Aspergillus fumigatus</i>	Las tres castas, mayormente cría de zángano	<ul style="list-style-type: none"> • Las larvas presentan coloración gris verdosa o amarillo verdosa, sobre todo en la zona de la cabeza • Consistencia de piedra 	Identificación microscópica del hongo.	<ul style="list-style-type: none"> • Buenas prácticas de manejo • Selección de abejas que presenten comportamiento higiénico

CUADRO A_ Continúa... Enfermedades de la cría presentes en México.

Enfermedad	Causado por	Afecta a	Signos	Diagnóstico en laboratorio	Tratamiento	
Enfermedades virales	Cría Ensacada	Virus ARN hexagonal de 30 nm	Las tres castas	<ul style="list-style-type: none"> · Cría muerta dentro de un saco lleno de fluidos con la cabeza estirada · Cría seca adquiere apariencia de una "costra" 	Exámenes microscópicos, pruebas inmunológicas y métodos moleculares.	<ul style="list-style-type: none"> · No existen medicamentos específicos · Cambio de reina · Destrucción de panales en casos severos
	Celda Real Negra	Virus de ARN de 30 nm de diámetro	Cría de reina	<ul style="list-style-type: none"> · Larvas de color amarillento y contenidas en un saco (inicio) · Celda real adquiere tono negruzco (final) 	Técnicas moleculares.	<ul style="list-style-type: none"> · Cambio de reinas · Buenas prácticas de manejo

CUADRO B_ Enfermedades de las abejas adultas presentes en México.

Enfermedad	Causado por	Afecta a	Signos	Diagnóstico en laboratorio	Tratamiento	
Enfermedades parasitarias	Varroosis	<i>Varroa destructor</i>	Las tres castas (cría y abejas adultas), mayormente cría de zánganos	<ul style="list-style-type: none"> · Ácaros al interior de celdas de cría operculadas/ sobre el cuerpo de abejas adultas · Disminución de la población de abejas · Abejas inquietas, de menor tamaño, deformes, algunas sin alas o con alas arrugadas 	<p>Campo: Observación directa del ácaro sobre abejas adultas o al interior de celdas de cría operculadas (sobre todo de zángano).</p> <p>Laboratorio: Observación directa del ácaro. Prueba oficial David de Jong, para determinación del porcentaje de infestación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Uso del panal trampa · Uso de abejas mejoradas/ desarrollo de abejas resistentes a varroa · Uso de acaricidas naturales y/o sintéticos, con registro específico para su uso en abejas, siguiendo la dosis y método de aplicación indicados
	Acariosis traqueal	<i>Acarapis woodi</i>	Las tres castas	<p>Evidentes sólo en infestaciones severas siendo los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Abejas con alas dislocadas, abanicándolas sin conseguir volar · Abdomen distendido · Abejas muertas/ moribundas frente a la piquera · Tórax negro y brillante (desprovisto de vellosidades) · Pérdida del instinto de picar/ agujonear 	Análisis microscópico de las tráqueas	<ul style="list-style-type: none"> · Uso de abejas mejoradas/ desarrollo de abejas resistentes al parásito · Uso de acaricidas naturales y/o sintéticos, con registro específico para su uso en abejas, siguiendo la dosis y método de aplicación indicados

CUADRO B_ Continúa... Enfermedades de las abejas adultas presentes en México.

Enfermedad	Causado por	Afecta a	Signos	Diagnóstico en laboratorio	Tratamiento	
Enfermedades micóticas	Nosemosis	<i>Nosema ceranae</i>	Las tres castas	En casos severos debilitamiento y muerte prematura de las abejas	Análisis molecular de ADN	<ul style="list-style-type: none"> · Fumigación del equipo · Buenas prácticas de manejo
	Aspergilosis	<i>Aspergillus flavus</i> , ocasionalmente <i>Aspergillus fumigatus</i>	Las tres castas	En abejas vivas: Nerviosismo, debilidad, parálisis, abdomen distendido, no consiguen volar. En abejas muertas: Abdomen endurecido de color oscuro, no se pudren.	Identificación microscópica del hongo	<ul style="list-style-type: none"> · Buenas prácticas de manejo · Selección de abejas que presenten comportamiento higiénico
	Alas deformes	Virus de las alas deformes (ARN 30 nm)	Las tres castas	Similar a los presentes en nosema y acariosis traqueal, además: <ul style="list-style-type: none"> · Abdomen reducido y descolorido, particularmente con alas cortas y arrugadas 	A través de pruebas inmunológicas y/o moleculares.	<ul style="list-style-type: none"> · Controlar las infestaciones por varroa · Cambio de reinas de colonias afectadas · Buenas prácticas de manejo
Enfermedades virales	Parálisis aguda y crónica	Varios tipos de virus ARN, los más comunes: Virus de la Parálisis Aguda, Virus de la Parálisis Aguda Israelí y Virus de la Parálisis Crónica	Las tres castas	Similar a los presentes en nosema y acariosis traqueal particularmente por la presencia de abejas: <ul style="list-style-type: none"> · "Negras" (sin vellos en el tórax) · Temblorosas · Dificultad para moverse y/o volar 	A través de pruebas inmunológicas y/o moleculares.	<ul style="list-style-type: none"> · Controlar las infestaciones por varroa · Cambio de reinas de colonias afectadas · Buenas prácticas de manejo

CUADRO C_ Síndrome del Colapso de la Colonia o ccd

Causada por	Signos característicos	Daños	Prevención y recomendaciones
Síndrome de origen multifactorial (patógenos, insecticidas, acaricidas, apicultura migratoria, manejo deficiente, cambio climático).	Las abejas desaparecen abruptamente de la colmena, lo que conduce a la muerte de la colonia. <ul style="list-style-type: none"> · Ausencia completa de abejas adultas vivas y de cadáveres de abejas dentro de las colmenas · Presencia de cría operculada · Presencia de reservas (miel y polen). Estas reservas no son pilladas inmediatamente por otras abejas 	<ul style="list-style-type: none"> · Muerte de la colonia · Implicaciones económicas (insuficiente polinización de cultivos agrícolas) · Impacto en la Biodiversidad 	<ul style="list-style-type: none"> · Control contra patógenos como V. destructor, <i>Nosema</i> spp. y los virus de asociación · Buenas prácticas de manejo que incluyan el cambio anual de reinas mejoradas, alimentación artificial en épocas de escasez y revisión frecuente para corregir problemas que pudieran llevar a la pérdida de colonias

CUADRO D_ Principales plagas de la abeja melífera en México.

Plaga	Causada por	Daños	Presencia en México	Prevención	Control
Polillas, palomillas o alevillas de la Cera (causa enormes pérdidas económicas por la gran cantidad de panales que destruye)	<i>Galleria Mellonella</i> (polilla mayor de la cera) <i>Achroia grisella</i> (polilla menor de la cera)	<ul style="list-style-type: none"> • Panales perforados/ destruidos • Túneles con seda y pelusa • Presencia del capullo 	El problema es particularmente serio en las costas y Sur del país.	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener colonias fuertes • Equipo en buen estado • Buenas prácticas de manejo 	<ul style="list-style-type: none"> • Fumigación de panales • Biocontrol (agentes biológicos registrados y autorizados en el país) • Congelamiento de panales
Pequeño Escarabajo de la Colmena (PEC)	<i>Aethina tumida</i> <i>Murray</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fase adulta y larvaria las más dañinas • Se alimenta de las crías y/o miel • Destruye panales con cría • Fermenta la miel • Aumenta la suscepti-bilidad de las abejas hacia otras enfermedades 	En el año 2007.	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener colonias fuertes • Equipo en buen estado • Seleccionar abejas con alto comportamiento higiénico • Buenas prácticas de manejo 	<ul style="list-style-type: none"> • Remover la tierra frente a las colmenas para cortar el ciclo de desarrollo de las pupas de la plaga



Foto: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural



Murciélago Hocicudo de Curazao
(*Leptonycteris curasoae*).
Foto: Celia López González, CONABIO

IV. Diagnóstico sobre políticas públicas, marco legal y atribuciones institucionales relacionados con la conservación y el uso de polinizadores en México

Responsable:

Ana Ortiz Monasterio Quintana

Redes por la Diversidad, Equidad y Sustentabilidad, A.C. (ReDES)

Correo: anaomonasterioq@gmail.com

1. Antecedentes

En 1962 Rachel Carson publicó “La Primavera Silenciosa”, el primer texto ampliamente reconocido por advertir de los efectos perjudiciales de los plaguicidas en el medio ambiente (la autora hacía énfasis en las aves), así como de la responsabilidad de la industria química sobre la contaminación en aumento. Aunque no se trata de un documento jurídico o de política nacional o internacional, se trata de un antecedente importante para este diagnóstico ya que hay un vasto consenso en considerar La Primavera Silenciosa como el elemento germinal para el movimiento ecologista que consiguió que el Departamento de Agricultura de Estados Unidos revisara su política sobre plaguicidas, lo cual resultó en que el DDT fuera prohibido por su legislación y, décadas después, en México para usos agrícolas².

El primer llamado de atención extenso y oficial a los países del mundo sobre la relevancia de los problemas ambientales generados por las actividades humanas ocurrió en la Cumbre de la Tierra llevada a cabo en Estocolmo en 1972. De la segunda de cuatro de estas cumbres, llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992, surgió el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), un tratado internacional suscrito y ratificado por 194 naciones y la Unión Europea, que tiene por objeto la conservación de la biodiversidad, el uso sustentable de sus componentes y la distribución equitativa de los beneficios.

2. Se mantuvo como parte de las campañas de combate al paludismo en las que, desde hace más de dos décadas, también se optó por un enfoque de manejo integrado de plagas para reducir la dependencia de insecticidas para este fin. Esto de acuerdo a la Historia del DDT en América del Norte a 1997, elaborada por la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, entre cuyos insumos incluyó una Presentación del Secretario Salud de México realizada en 1996 ante el Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química, en sesión sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

Pasadas casi cinco décadas de la primera Cumbre de la Tierra y casi tres desde la entrada en vigor del CDB, las alarmas sobre la situación ambiental que enfrentamos como humanidad son cada vez más graves. En particular resalta la situación de la diversidad biológica y, como parte de ella, desde finales del siglo XX se comenzó a observar y documentar una importante disminución de polinizadores (*pollinator decline*) que se ha seguido agravando. La biodiversidad constituye el sistema de soporte de la vida en la tierra e interactúa de manera sustantiva con el sistema climático, el ciclo hidrológico y otros ciclos biogeoquímicos. Los polinizadores, a su vez, son esenciales para el mantenimiento de la biodiversidad natural y, de manera muy directa, del sistema alimentario.

Los polinizadores han sido parte de diversas decisiones de la Conferencia de las Partes (COP) del CDB. En la tercera COP llevada a cabo en 1996 se tomó la Decisión III/11, sobre conservación y uso sostenible de la diversidad biológica agrícola, en la cual se les consideró entre las bases para la adopción de medidas, por la importancia de sus efectos en la agricultura; como un área temática a considerar por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en sus servicios a los países para la aplicación del CDB, y por las Partes en la identificación y evaluación de actividades pertinentes, así como entre los dos temas iniciales de estudio monográfico que alentaba a realizar.

A partir de 2000, el CDB hizo del tema de los polinizadores una clara prioridad, reconociendo las dimensiones de una “crisis de polinización” y su relación con la biodiversidad y los medios de vida humanos al establecer, en la quinta Conferencia de las Partes, la Iniciativa internacional para la conservación y el uso sostenible de polinizadores³, conocida como Iniciativa Internacional sobre Polinizadores (IIP).

En un enfoque más general, en el que por supuesto también se considera la polinización, el balance general de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (*Millennium Assessment*, 2005)⁴ realizada por encargo de la ONU, fue que la actividad humana ejerce una presión tal sobre las funciones naturales de la Tierra que ya no podía esperarse con seguridad que los ecosistemas del planeta mantuvieran la capacidad de sustentar a las generaciones futuras. Aunque esta evaluación mostró la posibilidad de revertir con acciones adecuadas la degradación de muchos de sus servicios en los próximos 50 años, advirtió la necesidad de cambios en las políticas y en la práctica que no estaban en curso.

En 2019, la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES), presentó una nueva Evaluación

3. La IIP fue adoptada en la decisión V/5 de la Conferencia de las Partes, Sección II. Otras decisiones relevantes del CDB son la decisión III/11, anexo III, la decisión VI/5, la decisión XIII/15 y la decisión XIV/6. En esta última se adoptó el año pasado la actualización de su Plan de Acción.

4. <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>.

Global en la cual, al igual que en la Evaluación del Milenio, se involucraron múltiples expertos internacionales (en este caso de 50 países) de disciplinas naturales y sociales⁵. Las conclusiones de ésta apuntan, de manera más contundente, a que la degradación histórica y actual y la destrucción de la naturaleza socavan ya el bienestar humano para las actuales generaciones, así como para innumerables generaciones futuras.

Directamente desde el ámbito agroalimentario internacional, la FAO publicó en 2009: *Los Polinizadores: su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura*⁶. Este documento fue preparado para la tercera reunión del Órgano Rector del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, llevada a cabo en Túnez en junio de ese año, e incluyó un apéndice sobre el grado de dependencia de los animales polinizadores para los cultivos del Anexo 1 de ese Tratado. Cita un estudio en el cual se valió la contribución de los servicios de zoopolinización a la economía⁷, estimando un valor económico total de la polinización a nivel mundial de 153.000 millones de euros: 9.5% del valor de la producción agrícola del mundo utilizada para la alimentación humana en 2005. Señala que los cultivos que dependen de los servicios de polinización son de alto valor, en comparación con aquellos que no dependen de la polinización animal. Aclara que en las cifras del estudio no se consideró la contribución de los polinizadores a la producción de semillas de cultivos (que pueden contribuir a multiplicar en muchas veces el rendimiento de semillas), ni a los pastos y cultivos forrajeros. Tampoco el valor de los polinizadores para mantener la estructura y funcionamiento de los ecosistemas silvestres. Indica, además, que la polinización entraña también un valor económico para los agricultores desde el punto de vista de la calidad, no sólo de cantidad.

Diez años más tarde, la misma FAO publicó en febrero de este año la primera evaluación global de biodiversidad enfocada en sus temas de trabajo⁸. El documento indica que muchos componentes de la diversidad biológica que son clave para la alimentación humana y la producción agrícola están en declive, tanto a nivel genético, como de especies y ecosistemas. Argumenta cómo la pérdida de tierra, plantas, árboles y polinizadores como las aves, los murciélagos y las abejas y otros insectos mina la capacidad del mundo para producir alimentos. Respecto a la polinización como servicio ecosistémico de regulación y soporte, este reporte sobre la situación global menciona que aunque los agricultores en sistemas intensivos a menudo alquilan abejas

5. <https://www.ipbes.net/news/ipbes-global-assessment-summary-policymakers-pdf>.

6. <http://www.fao.org/3/a-be104s.pdf>.

7. Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., Vaissière, B.E. (2009) *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*. Ecological Economics. Vol. 68, Issue 3: 810 - 821.

8. <http://www.fao.org/3/CA3129EN/ca3129en.pdf>. Como el tema de polinizadores ya le preocupaba, en 2012 publicó también el manual de campo: *Handbook for Participatory Socioeconomic Evaluation of Pollinator-Friendly Practices*, disponible en <http://www.fao.org/3/a-i2442e.pdf>, con una lista de prácticas amigables con los polinizadores y un procedimiento para su evaluación socioeconómica participativa.

melíferas manejadas para polinizar sus cultivos, la mayoría de los agricultores dependen de las poblaciones de abejas mantenidas por los apicultores locales y de los polinizadores silvestres.

Este documento de la FAO, denominado en español *El Estado de la Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura en el Mundo*, reconoce que los servicios de polinización se ven reforzados por la presencia de insectos silvestres; que tanto la mayor densidad de polinizadores como la mayor diversidad de especies de polinizadores que visitan las flores se asocian a rendimientos de los cultivos superiores, y que la diversidad de especies de polinizadores también puede ser importante para amortiguar el suministro de servicios de polinización contra las fluctuaciones en las poblaciones de especies individuales, cambios en periodos de floración y anomalías climáticas estacionales y, por tanto, contribuye a la adaptación al cambio climático. Atender el declive de polinizadores resulta importante, si se considera que aproximadamente el 30% del aumento en la producción mundial de cultivos alimentarios desde la década de 1960 proviene de cultivos dependientes de polinizadores.

En el apartado sobre mercados y cadenas de valor, señala los riesgos de la introducción de especies exóticas invasoras, plagas y enfermedades que pueden afectar la biodiversidad para la alimentación y la agricultura, donde pone como ejemplo que el comercio de abejas melíferas puede contribuir a la propagación de enfermedades y provocar la infección de polinizadores silvestres nativos.

Antes de la publicación de las dos últimas evaluaciones sobre biodiversidad antes referidas, en julio de 2018 se aprobó en la décimo cuarta COP del CDB el Plan de Acción actualizado para 2018 - 2030 de la Iniciativa Internacional sobre Polinizadores, al que precedía el Informe de Evaluación sobre Polinizadores, Polinización y Producción de Alimentos de la IPBES cuyas repercusiones para la labor de este Convenio habían sido consideradas en 2016, en la anterior Conferencia de las Partes.

Este Plan fue preparado conjuntamente por la FAO y la Secretaría del CDB, con el objetivo general de promover medidas coordinadas en todo el mundo para salvaguardar los polinizadores silvestres y gestionados, así como para promover la utilización sostenible de las funciones y servicios de polinización, reconocidos como servicios ecosistémicos cruciales tanto para la agricultura y como para el funcionamiento y la salud de los ecosistemas⁹.

INTERVENCIONES POTENCIALES PARA APOYAR INTERACCIONES POSITIVAS EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

Entre ellas, este reporte de la FAO incluye un apartado sobre polinizadores en el que señala las siguientes:

- ▶ Reintroducir una variedad de polinizadores nativos en paisajes agrícolas.
- ▶ Proteger hábitat natural remanente o mosaicos de hábitat, y mejorar y expandir aún más el hábitat de los polinizadores en las tierras agrícolas a través de agrosilvicultura, sembrado en los bordes, prácticas de barbecho, etc.
- ▶ Implementar planes de manejo conjunto para polinizadores silvestres e introducidos en paisajes.
- ▶ Reducir el uso de insecticidas en tierras de cultivo.
- ▶ Adoptar, para cultivos polinizados por animales, enfoques integrados de "certificación ambiental" amigables con los polinizadores.

9. Como se ve aquí https://www.ipbes.net/system/tdf/downloads/pdf/ipbes_4_19_annex_ii_spm_pollination_es.pdf?file=1&type=node&id=28364 el resumen para los responsables de formular políticas del informe de la IPBES, contiene una sinopsis de respuestas estratégicas a los riesgos y oportunidades vinculados a los polinizadores y la polinización.

Aunque desde hace dos décadas surgieron algunas iniciativas, en los últimos años, la gravedad de la situación ha llevado a emitir documentos de política¹⁰ que buscan atender la crisis de polinizadores:

- 2012: **Plan Federal de Abejas (Bélgica)**, concluyó en 2014 y fue evaluado. Recientemente el Servicio Público Federal de Salud, Seguridad de la Cadena Alimentaria y Medio Ambiente publicó, previa consulta pública, un nuevo Plan 2017 - 2019 enfocado en las abejas melíferas, aunque el objetivo general incluye polinizadores silvestres.
- 2013: **Plan de Acción para Polinizadores en Gales**¹¹, elaborado con participación de actores relevantes, lo publicó el Ministerio de Recursos Naturales y Alimentación previa consulta pública.
- 2014: **Estrategia nacional de polinizadores** para abejas y otros polinizadores en Inglaterra: a 10 años y enfocada en insectos¹², fue publicada por el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) y elaborada con amplia participación de instituciones públicas, organizaciones sociales e instituciones académicas. Tiene como antecedente una iniciativa gubernamental de apoyo a la investigación que otorgó un total de 10 millones de libras esterlinas de financiamiento a diversos proyectos vinculados con el tema en el Reino Unido.
- 2015: **Plan de polinizadores de toda Irlanda**¹³, fue iniciado por Úna FitzPatrick (el Centro Nacional de Datos sobre Biodiversidad) y el Trinity College de Dublin, luego desarrollado por un grupo directivo de quince miembros de toda Irlanda. El plan final fue producido por este grupo tras una fase de consulta que incluyó participación pública y de actores interesados, con un total de 70 organizaciones invitadas a comentarlo. Sin embargo, el documento señala que el involucramiento de actores relevantes no fue un proceso exhaustivo por lo que expresa la esperanza de que más organizaciones se unan para apoyar el Plan en los próximos años.
- 2016: **Plan de acción nacional France Terre de pollinisateurs pour la préservation des abeilles et des insectes pollinisateurs sauvages**¹⁴, fue publicado tras una consulta pública por el Ministerio de Ecología, Desarrollo Sustentable

10. Para otros antecedentes de este tipo que no son documentos de política pública, ver el anexo I.

11. <https://gov.wales/sites/default/files/publications/2019-04/action-plan-for-pollinators.pdf>.

12. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/794706/national-pollinator-strategy.pdf.

13. <https://pollinators.ie/wordpress/wp-content/uploads/2018/05/Pollinator-Plan-2018-WEB.pdf>.

14. http://pollinisateurs.pnaopie.fr/wp-content/uploads/2018/07/3993_pagesdynadocs570e1d6156925.pdf.

y Energía de Francia. Se dirige explícitamente a los polinizadores como un grupo funcional, considerando su interdependencia con comunidades de plantas y otros animales silvestres. El actual Ministerio de la Transición Ecológica y Solidaria lidera la implementación del plan, que un comité nacional¹⁵ supervisa, y proporciona algunos fondos.

- 2016: **Plan de Acción de la Alianza por los Polinizadores de Estados Unidos**¹⁶, desarrollado a raíz de un Memorandum Presidencial de 2014 “Creando una estrategia federal para promover la salud de las abejas melíferas y otros polinizadores”, el Plan considera que los esfuerzos nacionales público-privados coordinados pueden ampliar rápidamente las iniciativas para lograr la escala necesaria para realizar mejoras significativas y a largo plazo, y busca formas de institucionalizar estos cambios en los modelos de negocio y la comprensión pública. Se trata de un documento de la Casa Blanca, suscrito por el Secretario de Agricultura y el Administrador de la Agencia de Protección Ambiental (EPA)¹⁷.
- 2017: **Estrategia de polinizadores para Escocia**¹⁸ al 2027, fue elaborada por el Gobierno a través de Patrimonio Natural Escocés (SNH) con participación de distintos actores. Incluye un plan de implementación, así como un anexo técnico con la evidencia disponible sobre sus principales polinizadores (abejorros, abejas solitarias y melíferas y moscas) y las amenazas que los afectan.
- 2018: **Iniciativa Europea de Polinizadores**¹⁹, adoptada por la Comisión Europea tras una amplia consulta a ciudadanos, científicos, organizaciones ambientales no gubernamentales (ONG), agricultores, asociaciones y asesores agrícolas, apicultores, comunidades rurales, la industria agroalimentaria, paisajistas, instituciones educativas y autoridades.
- 2018: **Estrategia de Polinizadores de los Países Bajos**²⁰, fue elaborada por el Ministerio de Agricultura, Naturaleza y Calidad Alimentaria con la participación de múltiples actores, entre los que destacan la Federación de Organizaciones Agrícolas y Hortícolas y la Sociedad para la Preservación

15. Conformado por los ministerios dedicados al medio ambiente y a la agricultura, administradores de áreas protegidas, administraciones públicas regionales y locales, asociaciones agrícolas y otros grupos de la sociedad civil.

16. https://www.whitehouse.gov/sites/whitehouse.gov/files/images/Blog/PPAP_2016.pdf.

17. En 2007, ante la emergencia, Estados Unidos ya había publicado un Plan de Acción sobre el Síndrome de Colapso de las Colonias https://www.ars.usda.gov/is/br/ccd/ccd_actionplan.pdf.

18. <https://www.nature.scot/sites/default/files/2018-04/Pollinator%20Strategy%20for%20Scotland%202017-2027.pdf>.

19. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0395&from=EN>.

20. <https://www.government.nl/documents/reports/2018/02/02/nl-pollinator-strategy-bed--breakfast-for-bees>.

de la Naturaleza, cooperativas de agricultores y apicultores, autoridades del agua, la agencia nacional de gestión forestal, empresas privadas e instituciones académicas.

- 2018: **Iniciativa Nacional de Polinizadores**²¹ (Noruega), publicada a raíz de la recomendación del Parlamento Noruego por los Ministerios de Agricultura y Alimentación; Clima y Medio Ambiente; Gobierno Local y Modernización; Transporte y Comunicaciones; Defensa; Educación e Investigación, y Petróleo y Energía, con la participación de actores sociales, privados y academia.
- 2018: **Iniciativa Colombiana de Polinizadores**²², liderada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, es un esfuerzo de diversas entidades estatales, centros de investigación, autoridades ambientales, sector productivo, academia y sociedad civil.
- 2018: Puntos clave de un **Plan de Acción para la protección de insectos en Alemania**, el Gabinete los aprobó en octubre y han estado bajo consulta entre los departamentos de Estado. Incluyen la prohibición del uso del herbicida glifosato²³ a partir de finales de 2023, tras un esfuerzo gradual y sistemático para reducir su aplicación por parte de los agricultores. El Ministerio de Medio Ambiente pretende que plan de acción esté listo antes de fin de año, pero ha habido reclamos de agricultores que piden más incentivos para la protección del medio ambiente.
- 2019: **Plan de Acción nacional para la conservación de los polinizadores (España)**²⁴, en enero pasado el Ministerio para la Transición Ecológica hizo público un borrador con 6 objetivos relacionados con conservar las

21. <https://www.regjeringen.no/en/dokumenter/nasjonal-pollinatorstrategi/id2606300/>.

22. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/fauna-y-flora/iniciativas#documentos>.

23. Aunque Monsanto niega que exista evidencia de cualquier efecto negativo de su producto a la salud o al medio ambiente, además de su vinculación con casos de cáncer, un estudio publicado hace un año muestra que el glifosato daña la microbiota que las abejas necesitan para crecer y combatir los patógenos. Los hallazgos indican que este químico, el más utilizado en el ámbito agrícola, puede estar contribuyendo a la disminución global de las abejas, junto con la pérdida de hábitat, ya que las abejas obreras jóvenes expuestas al glifosato murieron con mayor frecuencia cuando luego se expusieron a una bacteria común. Este estudio presenta evidencia adicional de que la aplicación a gran escala de grandes cantidades de pesticidas tiene consecuencias negativas que a menudo son difíciles de predecir. Otra investigación realizada en China y publicada en julio de 2018, mostró que las larvas de abejas crecen más lentamente y mueren más a menudo cuando se exponen al glifosato. Un estudio anterior de 2015, mostró que la exposición de las abejas adultas al herbicida en los niveles encontrados en los campos deteriora las capacidades cognitivas necesarias para un retorno exitoso a la colmena. Sin duda, uno de los mayores impactos del glifosato en las abejas y otros polinizadores es la destrucción de las flores silvestres de las que dependen.

24. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/participacion-publica/borradorplanpolinizadores_tcm30-487605.pdf.

especies amenazadas y sus hábitats; promover hábitats favorables para los polinizadores; mejorar su gestión y reducir riesgos por plagas, patógenos y especies invasoras; reducir riesgos por uso de productos fitosanitarios; apoyar la investigación para la mejora del conocimiento, garantizar el acceso a la información y divulgar la importancia de los polinizadores.

En nuestro país, la **Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y su Plan de Acción** 2016 - 2030, incluyó acciones para: (a) incrementar el conocimiento acerca de la polinización y el estado de conservación de los polinizadores; (b) identificar áreas de importancia y mantener y restablecer la integridad de los ecosistemas, y (c) incorporar el valor de este servicio a las cadenas productivas. Esta Estrategia, al igual que lo haría una específica en materia de polinizadores, contribuye al logro de la mayor parte de las metas de Aichi del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011 - 2020 del CDB, y la estrategia de polinizadores se relaciona de manera muy directa con 7 de los 17 los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU: 2 hambre cero, 3 salud y bienestar, 4 educación de calidad, 6 agua limpia y saneamiento, 8 trabajo decente y crecimiento económico, 12 producción y consumo responsables, y 15 vida de ecosistemas terrestres.

En 2017 se publicó la versión final de la **Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques** (ENAREDD+) 2017 - 2030. Aunque este documento no está enfocado en polinizadores ni alude a ellos de manera directa, establece salvaguardas ambientales entre las que figura su compatibilidad con el manejo forestal sustentable y la conservación de bosques nativos y biodiversidad, garantizando la promoción de beneficios ambientales y sociales de estos bosques, de los cuales si forman parte los servicios de polinización. Se ha sugerido la relevancia de esta Estrategia por abordar distintos esquemas de financiamiento²⁵ que podrían resultar útiles en el diseño e implementación de una estrategia nacional para la conservación y uso sustentable de los polinizadores.

También es trascendente que, a raíz de una proposición presentada el 18 de septiembre de 2018, se publicó en la Gaceta Parlamentaria del 19 de febrero pasado un dictamen de la Comisión de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Rural en el que somete a la consideración de la Asamblea de la Cámara de Senadores un punto de acuerdo para realizar los siguientes exhortos:

- ▶ A la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA), a incluir en la política nacional en materia de sanidad animal, medidas para la preservación de las abejas a fin de reducir los riesgos en la producción agrícola y fortalecer su productividad.

25. Esto se expone en las páginas 64 a 66 del documento disponible aquí: <http://www.enaredd.gob.mx/wp-content/uploads/2017/09/Estrategia-Nacional-REDD+-2017-2030.pdf>, y la ENAREDD+ incluso tiene entre sus objetivos específicos diseñar y establecer mecanismos de financiamiento flexibles, diversos, graduales y eficientes.

- ▶ A la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MEDIO AMBIENTE) y a AGRICULTURA, a implementar medidas zoonosanitarias para proteger la vida, salud y bienestar de las abejas, dirigidas a abatir el daño que han sufrido por el uso de productos químicos para la fumigación de sembradíos en todo el País.
- ▶ A MEDIO AMBIENTE, en coordinación con las entidades federativas del País, principalmente con el Estado de Yucatán, a promover programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos para preservar, proteger y restaurar los ecosistemas, considerando el papel que desempeñan en ellos las abejas, con el fin de prevenir desequilibrios ecológicos y daños ambientales.

Además, como resultado de una proposición presentada el 12 de septiembre de 2018, se publicó en la misma Gaceta del 30 de abril pasado un dictamen de las comisiones de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Cambio Climático y de Salud, en el que somete a la consideración de la misma Asamblea un punto de acuerdo para exhortar a AGRICULTURA; a MEDIO AMBIENTE, y a la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) a implementar, de forma interinstitucional e intersectorial, las acciones necesarias para contar con una regulación eficaz en el uso de plaguicidas altamente peligrosos, así como de llevar a cabo una constante capacitación, investigación e innovación, que permita contrarrestar el fenómeno conocido como “colapso de las colmenas”.

Finalmente, en junio del 2019 se llevó a cabo la reunión de instalación del Grupo de Coordinación para el desarrollo y establecimiento de la Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de Polinizadores, a convocatoria de AGRICULTURA y MEDIO AMBIENTE. Ahí se acordó la conformación de un Grupo de Trabajo Ampliado que se reunió el 7 de agosto del mismo año en el Centro de Integración de Biodiversidad de AGRICULTURA y se encargó la facilitación del proceso a la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ*).

El presente documento de diagnóstico es un primer trabajo de sistematización de información, enfocado en los aspectos legales y de política pública relacionados con los polinizadores en México, para apoyar los talleres tendientes a definir dicha estrategia.

2. Objetivo

El objetivo de este documento es presentar una primera revisión de la situación del marco jurídico e instrumentos de política pública relevantes, para identificar oportunidades y establecer estrategias de actuación para la conservación y uso sustentable de las diversas especies de polinizadores.

El diagnóstico sirve de base también para determinar elementos que se pueden incluir en los planes, programas, proyectos o actividades de las instituciones del gobierno federal para mejorar la situación de los polinizadores en México.

3. Alcance y limitaciones del diagnóstico

El diagnóstico busca ser un primer acercamiento en la revisión de la situación de la conservación y el uso sustentable de los polinizadores en la legislación y políticas públicas nacionales. Su alcance es limitado ya que se centra en el análisis del marco legal, planes, programas y proyectos del gobierno federal vinculados directamente a los sectores agropecuario y ambiental implementados por AGRICULTURA, MEDIO AMBIENTE y otras instituciones federales relacionadas con estos dos sectores.

El diagnóstico no engloba el análisis exhaustivo de documentos que no forman parte directamente del marco legal e institucional federal responsable del fomento de las actividades agropecuarias y de la protección o fomento de carácter ambiental.

De esta forma, inicialmente se considera la revisión de los siguientes documentos federales:

- ▶ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM)
- ▶ Ley Orgánica del Poder Ejecutivo Federal (LOAPF)
- ▶ Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS)
- ▶ Leyes generales del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)—de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) y de Salud (LGS), con disposiciones complementarias
- ▶ Ley General de Vida Silvestre (LGVs)
- ▶ Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)
- ▶ Ley General de Cambio Climático (LGCC)
- ▶ Reglamentos y otros instrumentos administrativos derivados de ellas
- ▶ Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2024 (PND)
- ▶ Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF)
- ▶ Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable 2019 (PEC)
- ▶ Reglas de Operación o lineamientos vigentes de programas de apoyo relevantes

4. Metodología

El diagnóstico considera tres aspectos básicos para su elaboración:

- a) Análisis documental, identificación de instrumentos relevantes, oportunidades y retos.
- b) Participación en reuniones de trabajo y eventos relacionados con la identificación de oportunidades para impulsar la conservación y uso sustentable de polinizadores.
- c) Consideración de perspectivas de servidores públicos y otros actores clave, para identificar acciones a incluir en los instrumentos y actividades del Gobierno Federal.

Para efectos de este diagnóstico se consideran los lineamientos y reglas de operación del año 2019 con la finalidad de contar con información financiera actualizada para el análisis.

5. Arreglo institucional

La LOAPF es el ordenamiento más relevante para estos efectos. Su última reforma vinculada al cambio de administración fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 30 de noviembre de 2018 y entró en vigor al día siguiente de su publicación.

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MEDIO AMBIENTE) son, conforme a su artículo 26, las dependencias de la Administración Pública Federal (APF) Centralizada que tienen por objeto auxiliar al Presidente de la República en el despacho de los asuntos de su competencia, en los dos ramos principales materia de este análisis.

Su Artículo 32 Bis otorga las siguientes facultades relevantes para los polinizadores a MEDIO AMBIENTE:

- ▶ Fomentar la protección, restauración, conservación, preservación y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, recursos naturales, bienes y servicios ambientales (fracción I).
- ▶ Formular, conducir y evaluar la política en materia de recursos naturales, siempre que no estén encomendados expresamente a otra dependencia (fracción II).
- ▶ Establecer, con la participación que corresponda a otras dependencias y a las autoridades estatales y municipales, normas oficiales mexicanas (NOM) sobre la preservación y restauración de la calidad ambiental, sobre los ecosistemas naturales, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de la flora y fauna silvestres (fracción IV).
- ▶ Proponer al Ejecutivo Federal el establecimiento de áreas naturales protegidas (ANP), y promover la participación de autoridades federales o locales, universidades, centros de investigación y particulares en su administración y vigilancia; organizar y administrar dichas áreas y coadyuvar en la conservación, protección y vigilancia de ANP que no estén a su cargo (fracciones VI y VII).
- ▶ Elaborar, promover y difundir las tecnologías y formas de uso requeridas para el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sobre la calidad ambiental de los procesos productivos (fracción XII).
- ▶ Evaluar la calidad del ambiente y establecer y promover el sistema de información ambiental, que incluirá monitoreo de suelos e inventarios de recursos naturales y fauna silvestre, con la cooperación de autoridades federales, estatales y municipales, instituciones de investigación y educación superior, así como de las dependencias y entidades que correspondan (fracción XIV).
- ▶ Desarrollar y promover metodologías y procedimientos de valuación económica del capital natural y de los bienes y servicios ambientales que éste presta (fracción XV).
- ▶ Promover la participación social y de la comunidad científica en la formulación, aplicación y vigilancia de la política ambiental, y concertar acciones

e inversiones con los sectores social y privado para la protección y restauración del ambiente (fracción XVI).

- ▶ Imponer, con la participación que corresponda a otras dependencias y entidades, las restricciones aplicables sobre la circulación o tránsito por el territorio nacional de especies silvestres procedentes del o destinadas al extranjero, y promover ante la Secretaría de Economía medidas de regulación o restricción a su importación o exportación para su conservación y aprovechamiento (fracción XX).
- ▶ Coordinar, concertar y ejecutar proyectos de formación, capacitación y actualización para mejorar la capacidad de gestión ambiental y el uso sustentable de recursos naturales; estimular que las instituciones de educación superior y los centros de investigación realicen programas de formación de especialistas, proporcionen conocimientos ambientales e impulsen la investigación científica y tecnológica en la materia; promover que los organismos de promoción de la cultura y los medios de comunicación social contribuyan a la formación de actitudes y valores de protección ambiental y de conservación de nuestro patrimonio natural y, en coordinación con la Secretaría de Educación Pública (EDUCACIÓN), fortalecer los contenidos ambientales de planes y programas de estudios y los materiales de enseñanza de los diversos niveles y modalidades de educación (fracción XXII).
- ▶ Participar con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) en la determinación de los criterios generales para el establecimiento de los estímulos fiscales y financieros necesarios para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente (fracción XXXIII y XXXV).
- ▶ Elaborar y aplicar, en coordinación con AGRICULTURA, EDUCACIÓN y las Secretarías de Salud; de Comunicaciones y Transportes (SCT); de Economía; de Turismo (SECTUR); de Bienestar; de Gobernación (SEGOB); de Marina (SEMAR); de Energía (SENER); de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), de Relaciones Exteriores (SRE) y SHCP, las políticas públicas encaminadas a la mitigación y adaptación sobre cambio climático (fracción XXXIV).²⁶
- ▶ Formular y conducir la política nacional en materia de residuos, así como elaborar los programas nacionales en la materia (XXXVIII).
- ▶ Otorgar autorizaciones en materia ecológica de especies silvestres (XXXIX).
- ▶ Diseñar y operar, con la participación correspondiente de otras dependencias y entidades, instrumentos económicos para la protección, restauración y conservación ambiental (fracción XL).

Por su parte, el artículo 35 de la LOAPF otorga a AGRICULTURA las siguientes facultades relevantes:

- ▶ Formular, conducir y evaluar la política general de desarrollo rural, en coordinación con las dependencias competentes (fracción I).

26. Esto es relevante porque la conservación y el aprovechamiento sustentable de los polinizadores son parte de las medidas de adaptación.

- ▶ Vigilar el cumplimiento y aplicar la normatividad en materia de sanidad animal y vegetal; fomentar los programas y elaborar normas oficiales de sanidad animal y vegetal (fracción IV).
- ▶ Apoyar, en coordinación con EDUCACIÓN, las actividades de los centros de educación agrícola media superior y superior, así como establecer y dirigir escuelas técnicas (fracción VI).
- ▶ Organizar y fomentar las investigaciones agrícolas, ganaderas, avícolas, apícolas y silvícolas, estableciendo institutos experimentales, laboratorios, estaciones de cría, semilleros y viveros, vinculándose a las instituciones de educación superior de las localidades que correspondan, en coordinación, en su caso, con MEDIO AMBIENTE (fracción VII).
- ▶ Formular, dirigir y supervisar los programas y actividades relacionados con la asistencia técnica y la capacitación de los productores rurales (fracción VIII).
- ▶ Participar junto con MEDIO AMBIENTE en la conservación de los suelos agrícolas, pastizales y bosques, y aplicar las técnicas y procedimientos conducentes (fracción XII).
- ▶ Coordinar las acciones que el Ejecutivo Federal convenga con los gobiernos locales para el desarrollo rural de las diversas regiones del país (fracción XIV).
- ▶ Organizar y mantener al corriente los estudios económicos sobre la vida rural, con objeto de establecer los medios y procedimientos para mejorarla (fracción XVI).
- ▶ Organizar y patrocinar congresos, ferias, exposiciones y concursos agrícolas y pecuarios, así como de otras actividades que se desarrollen principalmente en el medio rural (fracción XVII).
- ▶ Participar con la SHCP en determinar criterios generales para establecer estímulos fiscales y financieros necesarios para el fomento de la producción rural, y evaluar sus resultados (fracción XVIII).
- ▶ Participar, junto con MEDIO AMBIENTE, en la promoción de plantaciones forestales, de acuerdo con los programas formulados y que compete realizar al Gobierno Federal, por sí o en cooperación con los gobiernos de los estados, municipios o de particulares (fracción XIX).
- ▶ Contribuir a la seguridad alimentaria, garantizando el abasto de productos básicos (fracción XXIII).

Además, sobresalen los siguientes asuntos que corresponden a otras dependencias:

- ▶ A EDUCACIÓN, con cooperación de AGRICULTURA, la enseñanza agrícola (artículo 39, fracción I, inciso d).
- ▶ A la misma EDUCACIÓN, con la participación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), promover la creación de institutos de investigación científica y técnica y el establecimiento de laboratorios y demás centros tecnológicos que requiera el desarrollo de la educación en todos los niveles, así como apoyar la investigación científica y tecnológica (artículo 38, fracción VIII).

- ▶ A la Secretaría de Salud, poner en práctica las medidas tendientes a conservar la salud y la vida de los trabajadores del campo (artículo 39, fracción I).
- ▶ A la Secretaría de Bienestar, fomentar y apoyar a las unidades de producción familiar rural de subsistencia; participar en la coordinación e instrumentación de las políticas de desarrollo rural para elevar el nivel de bienestar de las familias, comunidades y ejidos, y coadyuvar en el diseño e implementación de políticas públicas orientadas a fomentar la agroforestería, la productividad (artículo 32, fracciones XVI, XVII y XVIII).
- ▶ A la SHCP, determinar los criterios y montos globales de los estímulos fiscales, escuchando para ello a las dependencias responsables de los sectores correspondientes (artículo 31, fracción IX).
- ▶ A la SCT, construir y conservar los caminos federales, y en cooperación con los gobiernos de las entidades federativas, con los municipios y los particulares, cuyos bordes son y pueden ser mejor hábitat para polinizadores (artículo 36, fracciones XXI y XXII).

Conforme a esta Ley también corresponde participar a la Secretaría de Economía en regulaciones al comercio internacional y, en caso de que la estrategia se enfocara en polinizadores dentro de islas de jurisdicción Federal, a la Secretaría de Gobernación.

Como señala la propia LOAPF, las atribuciones de las dependencias de la APF se complementan con lo dispuesto en las leyes sustantivas sobre las materias de su competencia y, en ciertos aspectos, además se precisa la definición de las atribuciones previstas en la LOAPF.

Una atribución complementaria se relaciona con los plaguicidas y otras sustancias que pueden ser tóxicas, además de para los seres humanos, para los polinizadores, ya que su regulación corresponde a la Secretaría de Salud, lo cual se establece de manera directa y explícita en la LGS. Sin embargo, además de corresponder a esta Secretaría, que las ejerce por conducto de la COFEPRIS, las atribuciones en materia de gestión de plaguicidas corresponden también a AGRICULTURA y a MEDIO AMBIENTE. Todas ellas tienen facultades de regulación, control del uso y manejo, en el ámbito de sus respectivas competencias.

En este sentido la propia LOAPF prevé la existencia de comisiones intersecretariales que se establecen por acuerdo del Ejecutivo Federal, como la dedicada al Control en el Manejo y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), que tiene por objeto coordinar las acciones de las distintas dependencias en el ejercicio de atribuciones respecto de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas que confieren los respectivos ordenamientos jurídicos²⁷. Igualmente podría contribuir la Comisión Intersecretarial para la Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM).

27. Un caso en el que hay injerencia de la Secretaría de Economía, como se observa en el Acuerdo que establece la clasificación y codificación de mercancías cuya importación y exportación está sujeta a regulación por parte de las dependencias que integran la CICOPLAFEST.

Al interior de EDUCACIÓN, según su Reglamento, parece clave la Unidad de Educación Media Superior Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (UEMSTAYCM), a la cual corresponde desarrollar enfoques innovadores en el sector agrícola para incrementar la productividad, conservar los recursos naturales y usar los insumos de manera sostenible y eficiente. Impulsa la utilización de prácticas de producción y tecnologías sustentables, con injerencia sobre contenidos, planes y programas de estudio, métodos y materiales didácticos de los centros de bachillerato tecnológico agropecuario, centros de estudio tecnológico forestal y unidades de capacitación para el desarrollo rural.

Como parte de MEDIO AMBIENTE, conforme a su Reglamento Interior, tiene relevancia la participación en la Estrategia de las siguientes entidades: la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Asimismo, lo es la de algunas unidades administrativas de la propia Dependencia, como las Direcciones Generales de Sector Primario y Recursos Naturales Renovables, de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, y de Vida Silvestre (esta última, entre otras razones, porque otorga autorizaciones para la importación de especies silvestres, como es el caso de ciertos polinizadores bajo manejo).

Por su parte, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), creada mediante acuerdo presidencial, desarrolló y mantiene actualizado el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y se ha caracterizado por contribuir a la actuación coordinada.

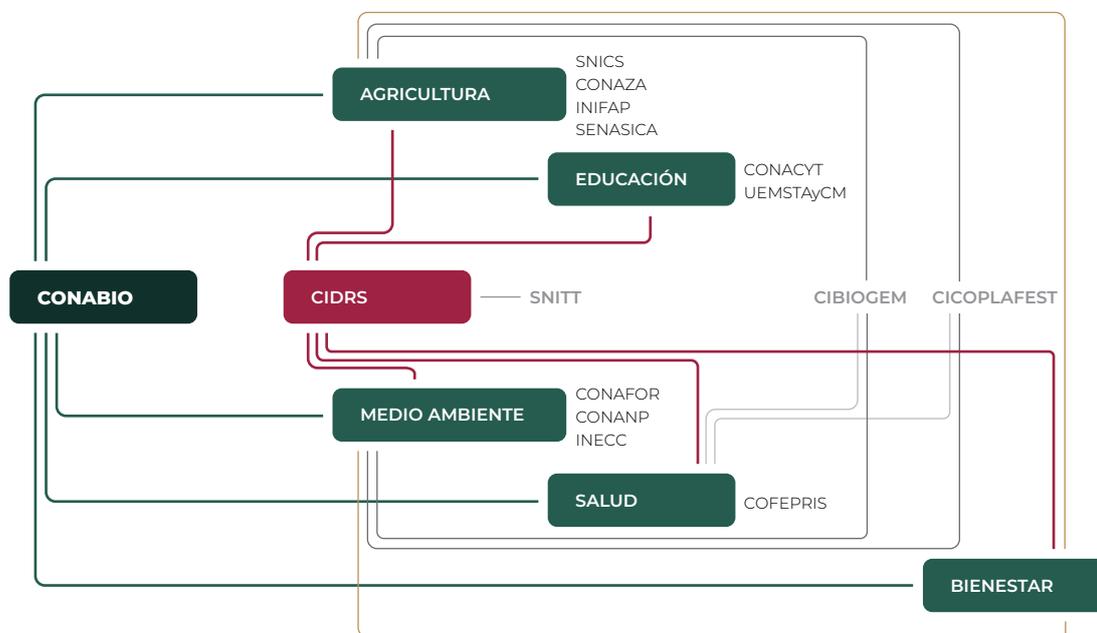
De acuerdo al Reglamento Interior de AGRICULTURA, es fundamental la participación en la Estrategia de la Subsecretaría de Agricultura a través de la Dirección General de Atención al Cambio Climático en la Agricultura (DGACCA) y de diversas unidades administrativas internas de las subsecretarías de Desarrollo Rural y de Fomento a los Agronegocios, así como de entidades como el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)²⁸ y también han sido invitados al grupo ampliado el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) y la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), un Organismo Público Descentralizado sectorizado a esta Secretaría, establecido por Decreto Presidencial como promotor del desarrollo de las zonas áridas, semiáridas y en proceso de desertificación, para planear, operar y dirigir políticas y programas orientados a promoverlo a través del manejo y conservación de suelo, agua y cubierta vegetal, con enfoque preventivo y productivo.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), desde hace 18 años Organismo Descentralizado de AGRICULTURA, puede aportar tanto por sus investigaciones científicas y tecnológicas, como por la capacitación de recursos humanos y el desarrollo e innovación tecnológica.

28. Desde el ámbito agrícola, los plaguicidas están regulados por la Ley Federal de Sanidad Vegetal y su Reglamento, que le confiere a AGRICULTURA la atribución de promoción, coordinación y vigilancia de las actividades y servicios fitosanitarios, lo cual realiza a través del SENASICA.

Finalmente, la participación de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Rural Sustentable (CIDRS), prevista en la LDRS, también puede ser pertinente para la Estrategia de Conservación y Aprovechamiento Sustentable de Polinizadores²⁹. Asimismo, el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable (SNITT), un órgano consultivo de la CIDRS cuyo objetivo es coordinar y concertar las acciones de las instituciones públicas, organismos sociales y privados que promuevan y realicen este tipo de actividades en la rama agropecuaria.

Mapa institucional de acuerdo con los instrumentos jurídicos vigentes



Adicionalmente a las dependencias unidas por la línea verde, forman parte de la CONABIO: las secretarías de Relaciones Exteriores; Hacienda y Crédito Público; Bienestar, Energía; Economía; Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, y Turismo.

Además de las nuevas atribuciones con las que cuenta conforme a la LOAPF, el notable presupuesto destinado al Programa Sembrando Vida, que según su sitio de Internet incentivará sistemas productivos

agroforestales y la autosuficiencia alimentaria, y recuperará cobertura forestal, hace muy relevante a esta Secretaría, ligada por Reglas de operación a AGRICULTURA y MEDIO AMBIENTE para efectos del Programa.

6. Fundamentos jurídicos

Los instrumentos que son Ley Suprema de toda la Unión (en términos constitucionales) y que abarcan a la propia Constitución, a los tratados internacionales celebrados de acuerdo con la misma y ratificados por el Senado de la República,

29. En ella participan, como muestran las líneas rojas, todas las dependencias incluidas en el mapa institucional que aquí se presenta.

así como a las leyes emitidas por el Congreso de la Unión, son los que dan sustento a la actuación de los poderes públicos. Aunque en estos instrumentos no existen disposiciones para lograr la conservación los polinizadores específicamente³⁰, sí hay múltiples referencias indirectas que en gran medida aluden de manera genérica a los servicios ambientales y a la sustentabilidad.

La fundamentación, es decir, la enumeración de las disposiciones que sostienen o dan legalidad a los actos de autoridad, junto con la debida motivación o explicación de las razones que llevaron a tomar una determinada decisión a las autoridades responsables, son requisito básico de cualquier actuación de los poderes públicos en nuestro sistema jurídico. Por esta razón son de la mayor importancia los diversos fundamentos existentes para la conservación y el uso sustentable de los polinizadores en México que, para ser efectivos, necesariamente deben traducirse en reglas de operación o lineamientos afines, así como en la resolución consistente de autorizaciones sobre proyectos y subsidios, entre otros actos de autoridad específicos. La información sobre fundamentos se presenta sintéticamente en los avances del diagnóstico, dando prioridad a los fundamentos constitucionales debido a que la ausencia de ellos implicaría la inconstitucionalidad de los actos de autoridad y, por lo tanto, daría pie a que se concedieran amparos en su contra.

Es posible afirmar con certidumbre, como punto de partida básico, que existe un sólido soporte jurídico para el diseño e implementación de medidas federales para lograr la conservación y el uso sustentable de los polinizadores.

Para presentar con mayor claridad la suficiencia de los fundamentos jurídicos, es importante considerar el tema de polinizadores desde la perspectiva de derechos humanos y estructurar otros conforme a los objetivos operacionales del Plan de Acción Actualizado para 2018 - 2030 de la IIP. Tales objetivos operacionales en este Plan se orientan a prestar apoyo a las Partes (los países que adoptaron el CDB) y otros gobiernos (aquí se enfocan en los mismos tipos de actores a nivel nacional), los pueblos indígenas y comunidades locales y organizaciones e iniciativas pertinentes en aspectos de políticas; a prácticas de gestión y capacitación; a educación y sensibilización, y a investigación.

Los polinizadores en el contexto de los derechos humanos

Dos derechos humanos fundamentales, íntimamente relacionados con los polinizadores, se reconocen en los párrafos tercero y quinto del artículo 40 de la

30. El primer intento por incluir una disposición así se observa en el Dictamen de las Comisiones Unidas de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de Estudios Legislativos, Primera, con proyecto de decreto por el que se expide la Ley General de Biodiversidad; se abroga la Ley General de Vida Silvestre y se reforman diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, aprobado el 14 de diciembre de 2017. El segundo párrafo del artículo 58 propuesto, pretendía ordenar a la actual AGRICULTURA, en colaboración con MEDIO AMBIENTE, a impulsar el desarrollo, adaptación e implementación de mejores prácticas en las actividades productivas, orientadas a minimizar los efectos perjudiciales de los seres humanos en los polinizadores, así como a promover la conservación y la diversidad de polinizadores de especies nativas, esto en consonancia con resoluciones de la Conferencia de las Partes del CDB.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos: el derecho a la alimentación nutritiva, suficiente y de calidad, y el derecho a un medio ambiente sano para nuestro desarrollo y bienestar. Este mismo artículo determina que el daño y deterioro ambiental generarán responsabilidad a quienes lo provoquen.

Es importante señalar que a partir de una reforma muy relevante a nuestra Constitución, publicada el 10 de junio de 2011, se incluyó entre las garantías constitucionales la supremacía de los derechos humanos. Esto implica, por un lado, que todas las personas gozan en el territorio nacional de estos derechos, hayan sido reconocidos por la propia Constitución o por tratados internacionales celebrados de acuerdo con la misma, que incluyen a los pactos y convenios sobre derechos económicos, sociales, culturales y ambientales (esto se denomina, bloque de constitucionalidad). Por otro lado, esta supremacía obliga a todas las autoridades mexicanas, en el ámbito de sus competencias, a promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad.

El Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, como parte del bloque de constitucionalidad por ser un tratado internacional vinculante, establece derechos indígenas que además de los derechos humanos individuales, tienen como integrantes de un pueblo o comunidad. Este Convenio establece obligaciones para los Estados en materia de derechos de los pueblos indígenas sobre las tierras, territorios y recursos naturales, así como de la búsqueda de su participación y consulta en las decisiones de políticas públicas que los afecten, entre otros aspectos. El artículo 30 Constitucional, en su apartado, A ordena garantizar la libre determinación y autonomía de los pueblos y comunidades indígenas para conservar y mejorar el hábitat y preservar la integridad de sus tierras en los términos establecidos en la propia Constitución, así como para el uso y disfrute preferente de los recursos naturales de los lugares que habitan y ocupan las comunidades (fracciones V y VI). En su apartado B, obliga a las autoridades federales, de las entidades federativas y de los municipios a abatir carencias y rezagos que afectan a los pueblos y comunidades indígenas a través de la incorporación de las mujeres al desarrollo apoyando proyectos productivos, así como del apoyo las actividades productivas y el desarrollo sustentable de dichas comunidades (fracciones V y VII).

A inicios de este año, la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) hizo pública la recomendación 82/2018 dirigida a los titulares de MEDIO AMBIENTE, AGRICULTURA, la COFEPRIS, y el SENASICA, sobre la violación a los derechos humanos a la alimentación, al agua salubre, a un medio ambiente sano y a la salud, por el incumplimiento a la obligación general de debida diligencia para restringir el uso de plaguicidas de alta peligrosidad, en agravio de la población en general.

Para la promoción, respeto, protección y garantía de los derechos a la alimentación y a un medio ambiente sano, así como de los derechos indígenas, vinculados estrechamente a la conservación y el uso sustentable de los

polinizadores, resultan necesarias la vigencia, aplicación y cumplimiento de disposiciones que, en congruencia con el Plan de Acción antes referido, cubran los siguientes aspectos esenciales:



Implementar políticas coherentes e integrales

Este objetivo operacional del Plan de Acción Actualizado para 2018-2030 de la IIP, como se observa en la figura anterior, resulta central debido a que las políticas públicas adecuadas dan viabilidad a los demás objetivos al favorecer e impulsar mediante los planes, programas y estrategias que son implementados, prácticas de gestión favorables a los polinizadores, actividades de capacitación e investigación en la materia, así como acciones educación y sensibilización.

En general, respecto al desarrollo nacional el artículo 25 la Constitución señala que el Estado debe garantizar que sea integral y sustentable. Su séptimo párrafo le ordena apoyar e impulsar, bajo criterios de equidad social,

productividad y sustentabilidad, a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

El artículo 27 constitucional ordena que se dicten medidas necesarias para establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de preservar y restaurar el equilibrio ecológico; fomentar la agricultura, la ganadería, la silvicultura y las demás actividades económicas en el medio rural, y evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad. La fracción XX del mismo artículo 27 señala, entre los fines de este desarrollo rural integral y sustentable, el deber del Estado de garantizar el abasto suficiente y oportuno de los alimentos básicos. Como reconoce la FAO, esto último depende justamente, en el mediano y largo plazos, de la sustentabilidad de los procesos productivos y en gran medida de la conservación y el aprovechamiento sustentable de los polinizadores.

En el CDB, conforme a su artículo 6, México se comprometió a elaborar estrategias, planes o programas nacionales en favor de la diversidad biológica, y a integrar su conservación y utilización sostenible en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales. El Gobierno Federal de nuestro país está en el momento preciso para promover la integración de políticas para la conservación y el uso sustentable de los polinizadores en programas y estrategias sectoriales e intersectoriales, de acuerdo con el objetivo operacional del Plan de Acción de la IIP y de conformidad con las disposiciones constitucionales e internacionales antes expuestas.

Tanto la LDRS, como la LGEEPA³¹, la LGDFS, la LGVS, la LGPGIR y la LGCC³² cuentan con disposiciones que dan fundamento, desde sus ámbitos materiales de validez, al diseño e implementación de políticas coherentes e integrales para la conservación y el uso sustentable de los polinizadores. Resalta que la LDRS define el Desarrollo Rural Sustentable (objeto central de esta Ley), como el mejoramiento integral del bienestar social de la población y de las actividades económicas rurales, asegurando la conservación permanente de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios ambientales. En la LGVS destaca la definición de servicios ambientales como los beneficios de interés social que se derivan de la vida silvestre y su hábitat, y entre los ejemplos cita la regulación climática, la conservación de los ciclos hidrológicos, la fijación de nitrógeno, la formación de suelo, el control de la erosión, el control biológico de plagas y, el que nos ocupa, la polinización de plantas.

La LGVS también hace referencia en la fracción VI de su artículo 50, entre lo que se debe prever en la formulación y conducción de la política nacional en

31. En particular en su artículo 15.

32. En particular en las fracciones I y XI de su artículo 26, I,II, IV y VI de su artículo 27 y III de su artículo 28.

materia de vida silvestre y su hábitat, a los estímulos que permitan orientar los procesos de su aprovechamiento, hacia actividades productivas más rentables con el objeto de que estas generen mayores recursos para la conservación de bienes y servicios ambientales y para la generación de empleos.

En su artículo 20 apunta al desarrollo de criterios, metodologías y procedimientos que permitan identificar los valores de la biodiversidad y de los servicios ambientales que provee, a efecto de armonizar la conservación de la vida silvestre y su hábitat con la utilización sustentable de bienes y servicios, así como de incorporar estos al análisis y planeación económicos, mediante: (a) Sistemas de certificación para la producción de bienes y servicios ambientales; (b) Estudios para la ponderación de los diversos valores culturales, sociales, económicos y ecológicos de la biodiversidad; (c) Estudios para la evaluación e internalización de costos ambientales en actividades de aprovechamiento de bienes y servicios ambientales; (d) Mecanismos de compensación e instrumentos económicos que retribuyan a los habitantes locales dichos costos asociados a la conservación de la biodiversidad o al mantenimiento de los flujos de bienes y servicios ambientales derivados de su aprovechamiento y conservación, y (e) La utilización de mecanismos de compensación y otros instrumentos internacionales por contribuciones de carácter global.

Incluso existen fundamentos desde el ámbito de la salud humana, conforme a la LGS y al reglamento interior de la COFEPRIS, esta Comisión debe proponer a la Secretaría de Salud la Política Nacional de Protección contra Riesgos Sanitarios, así como su instrumentación en materia de plaguicidas, uno de los factores considerados clave en la crisis de los polinizadores. Además de proponer los criterios para la ejecución de acciones para proteger a la población contra estos riesgos, le corresponde prevenir y controlar efectos nocivos de los factores ambientales en la salud.

Reforzar e implementar prácticas de gestión favorables

Los polinizadores y otros recursos relacionados con su conservación y con la producción agrícola caen dentro de la categoría de *elementos naturales susceptibles de apropiación*, prevista en el párrafo tercero del artículo 27 constitucional, el cual determina que su aprovechamiento debe regularse en beneficio social. En consecuencia, este precepto otorga en todo tiempo a la nación el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público y el de regular dicho aprovechamiento con los siguientes propósitos:

- Hacer una distribución equitativa de la riqueza pública,
- Cuidar de su conservación,
- Lograr el desarrollo equilibrado del país y
- Mejorar las condiciones de vida de la población rural y urbana.

Este precepto se desarrolla en los instrumentos legales de distintas maneras para el refuerzo e implementación de prácticas de gestión que mantengan sanas las comunidades de polinizadores:

La LDRS define los recursos naturales como todos aquellos bienes naturales renovables y no renovables susceptibles de aprovechamiento a través de los procesos productivos rurales y proveedores de servicios ambientales. Determina en su artículo 30 que el Ejecutivo Federal, con la participación de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios y los sectores social y privado, impulse las actividades económicas en el ámbito rural mediante, entre otras cosas, el impulso a la transferencia de tecnología a los productores y la inducción de prácticas sustentables.

Esta Ley, en el Artículo 37 hace responsable al SNITT de atender las demandas de los sectores social y privado en materia de Desarrollo Rural Sustentable, con propósitos fundamentales entre los que destaca, para efectos de los polinizadores, desarrollar formas de aprovechamiento y mejoramiento de los recursos naturales que incrementen los servicios ambientales y la productividad de manera sustentable. Su artículo 53 ordena a los gobiernos federal y estatales estimular la reconversión para contribuir a la productividad y competitividad del sector agropecuario, a la seguridad y soberanía alimentarias y al óptimo uso de las tierras.

Conforme al artículo 55 de la LDRS, los apoyos para el cambio de la estructura productiva tendrán entre sus propósitos reorientar el uso del suelo cuando existan niveles altos de erosión o impacto negativo sobre los ecosistemas (fracción V), así como promover la adopción de tecnologías que conserven y mejoren la productividad de las tierras, la biodiversidad y los servicios ambientales (fracción VI). Su artículo 56 advierte que se apoye a los productores y organizaciones económicas para incorporar cambios tecnológicos y de procesos tendientes a: mejorar los procesos de producción en el medio rural (fracción I); conservar y manejar el medio ambiente (fracción IV); buscar la transformación tecnológica y la adaptación de tecnologías y procesos acordes a la cultura y los recursos naturales de los pueblos indígenas y las comunidades rurales (fracción V); mejorar la calidad de los productos para su comercialización (fracción VII); usar eficientemente los recursos económicos, naturales y productivos (fracción VIII).

La misma LDRS dispone en su artículo 57 que en las tierras dictaminadas por MEDIO AMBIENTE como frágiles y preferentemente forestales, de acuerdo con lo establecido en la ley forestal y demás ordenamientos aplicables, los apoyos para la reconversión productiva deberán inducir el uso forestal o agroforestal de las tierras o, en su caso, la aplicación de prácticas de restauración y conservación. Finalmente, en su artículo 87 dispone que, para impulsar la productividad rural, los apoyos a los productores se orienten a la implementación técnica de control biológico, la adopción de prácticas ecológicamente pertinentes y la conservación de los recursos naturales, entre otras cuestiones.

Por su parte, la LGEEPA también hace referencia a los servicios ambientales como los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas, necesarios para la supervivencia del sistema natural y biológico, y para

que proporcionen beneficios al ser humano. Su artículo 103 obliga a quienes realicen actividades agrícolas y pecuarias a llevar a cabo las prácticas de preservación, aprovechamiento sustentable y restauración necesarias para evitar la degradación del suelo y desequilibrios ecológicos y, en su caso, a lograr su rehabilitación. El artículo inmediato siguiente dispone que MEDIO AMBIENTE promueva ante AGRICULTURA y las demás dependencias y entidades competentes, la introducción y generalización de prácticas de protección y restauración de los suelos en las actividades agropecuarias. El artículo 143 de esta Ley establece que los plaguicidas, fertilizantes y demás materiales peligrosos se sujeten a las normas que expidan MEDIO AMBIENTE, AGRICULTURA y las Secretarías de Salud y de Economía, así como que dentro de ese mismo marco de coordinación, se regulen las actividades relacionadas con medidas para evitar efectos adversos en los ecosistemas.

Entre los objetivos generales de la LGDFS, la fracción IV de su artículo 20 incluye promover la provisión de bienes y servicios ambientales, así como proteger y acrecentar la biodiversidad de los ecosistemas forestales mediante el manejo integral del territorio. En su artículo 93 limita a MEDIO AMBIENTE a autorizar el cambio de uso de suelo en terrenos forestales sólo por excepción y con base en estudios técnicos justificativos que demuestren que la biodiversidad de los ecosistemas que se verán afectados se mantenga, que la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación se mitiguen en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación. Aquí hay fundamento para frenar la pérdida de hábitat de polinizadores.

A través del artículo 19 de la LGVS el Poder Legislativo estableció la obligación para las autoridades que, en el ejercicio de sus atribuciones, intervienen en actividades relacionadas con la utilización del suelo, agua y demás recursos naturales con fines agrícolas, ganaderos, piscícolas, forestales y otros, a observar las disposiciones de esta Ley y las que de ella se deriven, así como a adoptar las medidas necesarias para que dichas actividades se lleven a cabo de modo que se eviten, prevengan, reparen, compensen o minimicen los efectos negativos de las mismas sobre la vida silvestre y su hábitat.

Además, exige a MEDIO AMBIENTE coordinarse con EDUCACIÓN y las demás autoridades competentes, para promover que las instituciones de educación media y superior y de investigación, así como las organizaciones no gubernamentales, desarrollen proyectos de aprovechamiento sustentable que contribuyan a la conservación de la vida silvestre y sus hábitats por parte de comunidades rurales.

En cuanto a los plaguicidas, la LGS determina que las actividades de elaboración, fabricación, preparación, aplicación, exportación e importación requerirán de autorización o registro sanitario. Asimismo, conforme a esta Ley la importación de plaguicidas persistentes y bioacumulables únicamente se debe autorizar cuando no supongan un peligro para la salud. La vigencia máxima de los registros es de 5 años, prorrogables, y pueden ser revocados si

se comprueba que los productos o el ejercicio de las actividades autorizadas constituyen un riesgo o daños para la salud³³.

De acuerdo con datos de la CNDH provistos a ella por la COFEPRIS, existen casi 800 registros sanitarios con vigencia indeterminada sobre sustancias consideradas como peligrosas, ya sea por ser probables cancerígenos o perturbadores endocrinos en humanos según la Organización Mundial de la Salud (OMS) o altamente tóxicos para el medio ambiente y otros organismos, por lo que hay en esta esfera una oportunidad importante de avanzar en la implementación de prácticas de gestión que contribuyan a mantener sanas las comunidades de polinizadores.

Capacitar a los actores locales

Este objetivo operacional centrado en la capacitación se orienta a facilitar que los agricultores, apicultores, silvicultores, administradores de tierras y comunidades urbanas a los que va dirigida, aprovechen los beneficios de la polinización en favor de su productividad y medios de vida. Esto es consistente con la fracción XX del artículo 27 constitucional que obliga también al Estado a fomentar la actividad agropecuaria y forestal para el óptimo uso de la tierra, con servicios de capacitación y asistencia técnica entre otras.

En consonancia con lo anterior, la LDRS prevé un Servicio Nacional de Capacitación y Asistencia Técnica Rural Integral, dirigido por un consejo interno que incluye a los titulares de AGRICULTURA, MEDIO AMBIENTE, EDUCACIÓN Y BIENESTAR. El artículo 49 establece la obligación para el Gobierno Federal de promover la capacitación vinculada a proyectos específicos y con base en necesidades locales precisas sobre, entre otras cuestiones, el uso sustentable de los recursos naturales y el manejo de tecnologías apropiadas. En su artículo 52 determina como materia de asistencia técnica y capacitación a la transferencia de tecnología sustentable a los productores y demás agentes de la sociedad rural (fracción I), y a la preservación y recuperación de las prácticas y los conocimientos tradicionales vinculados al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, su difusión, el intercambio de experiencias, la capacitación de campesino a campesino, y entre los propios productores y agentes de la sociedad rural, así como formas directas de aprovechar el conocimiento, respetando usos y costumbres, tradición y tecnologías en el caso de las comunidades indígenas.

El gobierno de nuestro país se comprometió a establecer y mantener programas de capacitación científica y técnica sobre identificación, conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y sus componentes, según lo previsto en el artículo 12 del CDB.

33. Esto conforme al Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos (para abreviar, Reglamento de Plaguicidas)

La LGVs en la fracción X de su artículo 90 ordena al Gobierno Federal promover el desarrollo de proyectos, estudios y actividades encaminados a la capacitación sobre la vida silvestre. En el primer párrafo de su artículo 21, establece para MEDIO AMBIENTE la obligación de promover, en coordinación con EDUCACIÓN y las demás autoridades competentes, el desarrollo de programas de capacitación para apoyar las actividades de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat, así como de participar en ellos cuando sea pertinente en los términos que se convengan. Conforme al tercer párrafo de este mismo artículo, las autoridades en materia forestal, de agricultura, y desarrollo rural, en coordinación con MEDIO AMBIENTE, prestarán oportunamente a ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios, la asesoría técnica necesaria para participar en la conservación y sustentabilidad en el aprovechamiento de la vida silvestre y su hábitat.



Sensibilización sobre los polinizadores en Tláhuac, Ciudad de México.
Foto: Patricia Ramírez Bastida, CONABIO

Promover la educación y la sensibilización en los sectores público y privado

Para mejorar los instrumentos para la adopción de decisiones, y proporcionar medidas prácticas de reducción y prevención de la disminución de los polinizadores, este objetivo operacional aborda los aspectos de educación y sensibilización enfocados en el valor de los polinizadores y sus hábitats. En relación con esto, el párrafo décimo segundo del artículo 30 constitucional determina que los planes y programas de estudio tendrán una orientación integral que incluirá el conocimiento de las ciencias y humanidades que, entre otras cosas, incluye lo relativo al cuidado del medio ambiente. Dispone además en el

inciso (c) de su fracción II, que la educación debe estar orientada a contribuir a la mejor convivencia humana, a fin de fortalecer el aprecio y respeto por la naturaleza.

El Gobierno de nuestro país está obligado, con base en el artículo 13 del CDB sobre educación y conciencia pública, a promover y fomentar la comprensión de la importancia de la conservación de la diversidad biológica y de las medidas necesarias a esos efectos, así como su propagación a través de los medios de información, y la inclusión de esos temas en los programas de educación, el artículo 12 de este Convenio también es pertinente, ya que los programas a los que se refiere, son también de educación científica y técnica, no sólo de capacitación.

La LDRS en su artículo 15 dispone que el Programa Especial Concurrente fomentará acciones en distintas materias, incluida la educación para el desarrollo rural sustentable, y el cuidado al medio ambiente rural, a la sustentabilidad de las actividades socioeconómicas en el campo y a la producción de servicios ambientales para la sociedad.

Conforme al artículo 39 de la LGEEPA, las autoridades competentes promoverán la incorporación de contenidos ecológicos, desarrollo sustentable, mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático, protección del ambiente, conocimientos, valores y competencias, en los diversos ciclos educativos, especialmente en el nivel básico, así como en la formación cultural de la niñez y la juventud. Asimismo, propiciarán la participación comprometida de los medios de comunicación masiva en el fortalecimiento de la conciencia ecológica, y la socialización de proyectos de desarrollo sustentable. MEDIO AMBIENTE debe promover, con la participación de EDUCACIÓN, que las instituciones de educación superior y las dedicadas a la investigación científica y tecnológica, desarrollen planes y programas para la formación de especialistas en la materia en todo el territorio nacional y para la investigación de las causas y efectos de los fenómenos ambientales. MEDIO AMBIENTE también está obligada a promover la generación de conocimientos estratégicos sobre, entre otras, la interacción entre los elementos de los ecosistemas, incluido el ser humano, como con polinizadores.

El artículo 90 de la LGVS en su fracción X determina que corresponde al Gobierno Federal la promoción del desarrollo de proyectos, estudios y actividades encaminados a la educación sobre la vida silvestre. Conforme al mismo artículo 21 de esta Ley en su primer párrafo, MEDIO AMBIENTE debe promover, en coordinación con las autoridades competentes, que las instituciones de educación básica, media, superior y de investigación, así como las organizaciones no



9a. Feria Estatal de la Agrodiversidad en San Pablo Villa de Mitla, Oaxaca, que contribuye con el proceso hacia una seguridad alimentaria.
Foto: Oscar Manuel Ramírez, GIZ

gubernamentales, desarrollen programas de educación ambiental y formación profesional para apoyar la conservación y el aprovechamiento sustentable. Asimismo, en su artículo 23 establece que MEDIO AMBIENTE promoverá y participará en el desarrollo de programas de divulgación para que la sociedad valore la importancia ambiental y socioeconómica de la conservación y conozca las técnicas para el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat.

Evaluar la situación y tendencias, y subsanar carencias en cuanto a los conocimientos

Finalmente, este objetivo operativo se dirige al fomento de investigaciones pertinentes para conocer la situación y tendencias relacionadas con los polinizadores y subsanar carencias en el conocimiento sobre ellos, sus hábitats y la polinización como servicio ecosistémico y como uso de polinizadores manejados para lograr que esto ocurra en condiciones de sustentabilidad. Al respecto, la fracción V del artículo 30 de la Constitución Mexicana reconoce el derecho de toda persona a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica, así como la obligación del Estado de apoyar la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica; de garantizar el acceso abierto a la información que derive de ella, mediante la provisión de recursos y estímulos suficientes, así como de alentar el fortalecimiento y difusión de nuestra cultura.

México, junto con la comunidad internacional, se obligó por el artículo 12 del CDB en materia de investigación y capacitación a promover y fomentar la investigación que contribuya a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad biológica de conformidad con las decisiones adoptadas por la Conferencia de las Partes del Convenio a raíz de las recomendaciones del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (SBSTTA), como es el caso de los polinizadores.

Para estos efectos, también es relevante que el artículo 31 de la LDRS ordena al Ejecutivo Federal impulsar las actividades económicas en el ámbito rural, con la participación de los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios y los sectores social y privado, también a través del impulso a la investigación y desarrollo tecnológico agropecuario.

La LGEEPA determina en su artículo 41 que el Gobierno Federal, y los demás órdenes de gobierno, fomenten la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, y promuevan programas para el desarrollo de técnicas y procedimientos que permitan prevenir, controlar y abatir la contaminación, propiciar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, preservar, proteger y restaurar los ecosistemas para prevenir desequilibrios ecológicos y daños ambientales, determinar la vulnerabilidad, así como las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. Para ello, se pueden celebrar convenios con instituciones de educación superior, centros de investigación, instituciones del sector social y privado, investigadores y especialistas en la materia.

El propio Gobierno Federal es responsable de promover, de acuerdo con el artículo 90, fracción X de la LGVs, el desarrollo de proyectos, estudios y actividades encaminados a la investigación sobre la vida silvestre, para el desarrollo del conocimiento técnico y científico y el fomento de la utilización del conocimiento tradicional. La LGVs conforme al primer párrafo de su artículo 21, prescribe también que MEDIO AMBIENTE promueva, en coordinación con EDUCACIÓN y las demás autoridades competentes, que las instituciones de educación básica, media, superior y de investigación, así como las organizaciones no gubernamentales, desarrollen formación profesional e investigación científica y tecnológica para apoyar las actividades de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat, lo cual es aplicable por supuesto a los polinizadores.

Su artículo 22 determina que MEDIO AMBIENTE, en coordinación con el CONACYT y otras Dependencias o Entidades de los distintos órdenes de gobierno, promueva el apoyo de proyectos y el otorgamiento de reconocimientos y estímulos, que contribuyan al desarrollo de conocimientos e instrumentos para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat.

Otro artículo relevante de la LGVs es el 24 que ordena que en las actividades de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre se respeten, conserven y mantengan los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades rurales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat, así como a que se promueva su aplicación más amplia con la aprobación y la participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas. También dispone que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente.

7. Otras particularidades jurídicas a considerar

Algunos instrumentos administrativos son de particular interés para el tema de polinizadores.

La NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece las categorías de riesgo y especificaciones para la inclusión, exclusión o cambio de categoría de especies silvestres nativas de México, incluye 61 especies de diversos grupos biológicos que son polinizadores (como insectos, aves, murciélagos y otros mamíferos) en la lista de especies en riesgo. Aunque por el proceso de elaboración inicial de la lista, que se publicó en la NOM-059 original de 1994 y se retomó para la actual con base en el conocimiento disponible, incluye sólo tres especies de insectos, ninguna de abejas, moscas, escarabajos o polillas y sólo dos de mariposas. Desde 2001, para cada propuesta a esta lista debe haber una justificación técnica que incluya las acciones que debería tomar la autoridad como consecuencia de la propuesta sobre la especie o población en cuestión, por lo que pudiera haber asociada información útil para la conservación de algunos de los polinizadores que sí están listados. Además, el método de evaluación

del riesgo de extinción de plantas que constituye el Anexo Normativo II de esta Norma Oficial Mexicana, incluye dentro de los criterios las interacciones bióticas especializadas de las especies en cuestión, entre las cuales considera si el taxón requiere un polinizador específico.

El Acuerdo por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) para México publicado en diciembre de 2016, incluye dos especies de abejorros polinizadores que se utilizan comercialmente: *Bombus impatiens* y *B. terrestris*. La LGVS, que da fundamento jurídico a este acuerdo secretarial, reconoce a las EEI su capacidad de sobrevivir, reproducirse y establecerse, constituyendo una amenaza para la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública. Establece que no se permitirá la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales, ni se autorizará la importación de EEI o especies silvestres que sean portadoras de dichas especies invasoras. La LGVS también obliga a MEDIO AMBIENTE a expedir las normas oficiales mexicanas o acuerdos secretariales relativos a la prevención de la entrada de especies exóticas invasoras, así como a su manejo, control y erradicación. El acuerdo con la lista de 2016 puede ser importante para prevenir que los polinizadores nativos sean desplazados por EEI, o que sus hábitats sean dañados por ellas, así como para evitar ciertas plagas y enfermedades que afecten en general a polinizadores.

Desde el ámbito agropecuario se emitió la NOM-002-SAG/GAN-2016, con especificaciones sobre actividades técnicas y operativas aplicables al Programa Nacional para el Control de la Abeja Africana, derivada de una que la antecede en el mismo sentido de 1994. Asimismo, la NOM-001-ZOO-1994, tiene por objeto, diagnosticar, prevenir y controlar la varroasis de las abejas, provocada por un parásito que se asocia con el Síndrome de Colapso de las Colmenas, y fue modificada en 2005.³⁴

8. Elementos de la planeación nacional del desarrollo

a) Plan Nacional de Desarrollo 2019–2024 (PND)

La primera referencia al tema que nos ocupa en el PND se encuentra en sus principios rectores:

No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera. Afirma entre los signos de que el crecimiento económico va en retroceso en vez de ser progreso, el que este sea depredador del entorno. Afirma el respeto de los pueblos originarios y su derecho a la preservación de sus territorios. Propugna por un modelo de desarrollo respetuoso de los habitantes y del hábitat, defensor de la diversidad cultural y del ambiente natural, sensible a las modalidades y singularidades

34. Es interesante notar que en el orden estatal, una Ley de Fomento Apícola y Protección de Agentes Polinizadores de Jalisco, fue promulgada en 2015 y, el 4 de abril del año en curso, se presentó una Iniciativa para una Ley para la Protección de las Abejas y el Desarrollo Apícola para el Estado de Guanajuato que aún no ha sido dictaminada.

económicas regionales y locales y consciente de las necesidades de los habitantes futuros del país.

Dentro del segundo de tres ejes sobre la Política Social, resalta el Desarrollo Sostenible como uno de los que se han denominado ejes estratégicos: manifiesta que el gobierno de México está comprometido a impulsarlo, por ser un factor indispensable del bienestar. Declara que la fórmula de satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico, para evitar desequilibrios de toda suerte en el corto plazo y la violación a los derechos de quienes no han nacido. Por ello, el Ejecutivo Federal se compromete en el PND a considerar en toda circunstancia los impactos que tendrán sus políticas y programas en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país; así como a guiarse por una idea de desarrollo que impulse el crecimiento económico sin provocar afectaciones a la convivencia pacífica, los lazos de solidaridad, la diversidad cultural ni el entorno. Dos o tres de los nueve programas que aquí se plantean podrían llegar a ser relevantes para la conservación y el uso sustentable de los polinizadores si se incidiera en su desarrollo y ejecución.

En el tercer y último eje sobre Economía, incluye un eje estratégico sobre Autosuficiencia Alimentaria y Rescate del Campo, con una fuerte crítica a las políticas oficiales que han favorecido la implantación de las agroindustrias y los megaproyectos, así como el que México importe la mayor parte de los insumos, maquinaria, equipo y combustibles para la agricultura. Aunque ninguno de los seis programas que estipula para romper con el círculo vicioso al que hace referencia está expresamente relacionado con el tema de polinizadores, cuatro de ellos pueden representar oportunidades o retos.

En este mismo eje aborda la Ciencia y Tecnología, afirmando que el gobierno federal promoverá la investigación y asignando al CONACYT la tarea de coordinar el Plan Nacional para la Innovación en beneficio de la sociedad y del desarrollo nacional con la participación de universidades, pueblos, científicos y empresas.

En cuanto a la visión 2024, declara que se habrá garantizado la preservación integral de la flora y de la fauna y se habrá expandido en la sociedad la conciencia ambiental y la convicción del cuidado del entorno, todo lo cual tendría que involucrar necesariamente a los polinizadores.

En este momento la información sobre los programas a los que hace referencia el PND parece relevante ya que, al no tratarse de programas sectoriales propiamente, además de constituir programas de apoyo probablemente se integren como parte integral de los programas sectoriales correspondientes. A continuación se presentan los 6 programas del PND que podrían ser de interés para la estrategia nacional de polinizadores, en los dos ejes estratégicos relevantes.

CUADRO 1_ Programas del PND

EJE Programa (N° de programa del Eje)	Características del Programa	Sinergias con una estrategia nacional de polinizadores
DESARROLLO SOSTENIBLE		
Jóvenes Construyendo el Futuro (4)	<p>Propósito: que hombres y mujeres de entre 18 y 29 años, que no se encuentren estudiando ni trabajando reciban capacitación laboral, con beca mensual de \$3,600.</p> <p>Un año de capacitación en empresas, instituciones públicas y organizaciones sociales para desarrollar habilidades que permitan insertarse con éxito en el ámbito laboral.</p> <p>Pueden participar como tutores empresas de todos los tamaños y sectores, así como personas físicas (entre los ejemplos incluye instituciones públicas tales como secretarías, organizaciones de la sociedad civil; universidades y museos).</p>	Posible capacitación sobre el tema a un buen número de becarios, incluidos los que se involucrarán en Sembrando Vida (según sus reglas de operación).
Sembrando vida (6)	<p>Dirigido a las y los sujetos agrarios en Campeche, Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán para participación efectiva en desarrollo rural integral.</p> <p>Incentivar sistemas productivos agroforestales, que combinan cultivos tradicionales con árboles frutícolas y maderables, y Milpa Intercalada entre Árboles Frutales.</p> <p>Contribuir a generar empleos, incentivar la autosuficiencia alimentaria, mejorar ingresos, recuperar cobertura forestal de un millón de hectáreas (ha).</p> <p>Habitantes de localidades rurales con un ingreso inferior a la línea de bienestar rural.</p> <p>Un apoyo mensual de \$5,000; apoyos en especie para la producción agroforestal y acompañamiento técnico para proyectos agroforestales.</p>	<p>Incidencia de manera adecuada en promover la agricultura orgánica y los sistemas agroforestales.</p> <p>Si el personal del Programa conoce el tema de polinizadores e integra aspectos prácticos en su operación e implementación, tales como sistemas de cultivo diversificados, corredores, manejo sustentable de tierras.</p>
AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA Y RESCATE DEL CAMPO		
Programa Producción para el Bienestar (1)	<p>Orientado a productores de pequeña y mediana escala.</p> <p>Beneficiarios: 2.8 millones de pequeños y medianos productores (hasta 20 ha) — 85% de unidades productivas del país. Prioridad: 657 mil pequeños productores indígenas.</p> <p>Canaliza apoyos productivos por ha, con anticipación a las siembras e impulsa entre los productores prácticas agroecológicas y sustentables, la conservación del suelo, el agua y la agrobiodiversidad; alienta la autosuficiencia en la producción de semillas y otros insumos, así como en maquinaria y equipo apropiado a la agricultura de pequeña escala, y la implantación de sistemas de energía renovable.</p> <p>Apoyo de \$1,600 por ha (parcelas de hasta 5 ha), y de \$1,000 (de entre 5 y 20 ha).</p>	Si al impulso de prácticas agroecológicas y sustentables entre productores; de la conservación del suelo, el agua y la agrobiodiversidad, se integra el tema de polinizadores (sistemas diversificados, corredores, manejo sustentable de tierras, impulso a biofertilizantes, buen manejo de EEI), contribuye también a la autosuficiencia de insumos.

CUADRO 1_ Continúa...
Programas del PND

EJE Programa (N° de programa del Eje)	Características del Programa	Sinergias con una estrategia nacional de polinizadores
AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA Y RESCATE DEL CAMPO		
Programa de apoyo a cafetaleros y cañeros del país (2)	<p>Dos programas “emergentes” orientados a apoyar a los pequeños productores de café y de caña de azúcar, mediante lo cual se pretende beneficiar a 420 mil productores, 250 mil pequeños productores de café y 170 mil de caña de azúcar.</p> <p>Para café se plantea canalizar apoyos productivos de \$5,000 por productor de hasta 1 ha, mientras que para caña de azúcar está orientado a apoyar a productores de hasta 4 ha que recibirán un apoyo directo de 7 mil 300 pesos por productor.</p> <p>Orientación: renovación de cafetales, uso de mejores materiales genéticos, prácticas de producción sustentables, agregación de valor y diferenciación de productos, conservación y mejor uso del suelo y agua, conservación de la biodiversidad.</p>	Las prácticas sustentables de producción (ver arriba), la diferenciación de productos, y la conservación del suelo, agua y biodiversidad pueden considerar a los polinizadores.
Distribución de fertilizantes químicos y biológicos (5)	Implementar un programa de entrega de fertilizantes, donde éstos no dañen los suelos y sean en beneficio de productores agrícolas, empezando por el estado de Guerrero. Se iniciará la operación de la planta de fertilizantes de Coatzacoalcos, Veracruz.	La elección de fertilizantes a entregar y producir puede considerar a los polinizadores. Con impulso a biofertilizantes.
Creación del organismo Seguridad Alimentaria Mexicana (6)	<p>Funciones del SEGALMEX:</p> <ul style="list-style-type: none"> • coordinar adquisición de productos agroalimentarios a precios de garantía • vender y distribuir fertilizantes, semillas mejoradas o cualquier otro producto que contribuya a elevar la productividad del campo • promover tanto la industrialización de alimentos básicos, leche y sus derivados, como la comercialización de los excedentes de la producción agroalimentaria • promover la creación de micro, pequeñas y medianas empresas privadas asociadas a la comercialización de productos alimenticios • apoyar las tareas de investigación científica y desarrollo tecnológico que se encuentren vinculadas con su objeto • distribuir la canasta básica en regiones de alta marginación económica 	Si la elección de productos para elevar la productividad (biofertilizantes, p.e.), y la investigación y desarrollo de tecnologías, se hacen también con perspectiva de polinizadores.

En cuanto a las prioridades de la política ambiental de MEDIO AMBIENTE, hechas públicas en la convocatoria publicada para el proceso de su programa sectorial, tres parecen de especial relevancia de cara a una estrategia nacional de polinizadores:

- ▶ Impulsar una racionalidad ambiental y productiva sustentada en el conservar produciendo y en el producir conservando.
- ▶ Promover el diálogo e inclusión de las concepciones y saberes pluriculturales de la nación, para conservar, usar y manejar los bosques, el agua, el suelo, la biodiversidad y los recursos naturales.
- ▶ Impulsar una conciencia ambiental que reconoce la gravedad del deterioro medioambiental, que asume responsabilidad y se involucra en las decisiones sobre el medio ambiente.

PROGRAMAS SECTORIALES

Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020 – 2024 (PROMARNAT)

La participación social resulta un ingrediente fundamental de la política pública ambiental nacional. Por ello, la propuesta es fortalecer o generar los mecanismos de atención y participación ciudadana tendientes a resolver problemas comunes en espacios territoriales que compartan ecosistemas, formas de vida y tradiciones culturales.

Como una acción central la ENCUSP y en apoyo a los sujetos, se plantea conocer y apoyar la agricultura campesina agroecológica como un paso importante para potenciar prácticas productivas que ayuden en la conservación de la agrobiodiversidad y los ecosistemas naturales y para caminar hacia el logro de la soberanía alimentaria, en donde, la reconversión productiva de los sistemas agrícolas no sustentables hacia sistemas agroecológicos es una de las transiciones más importantes planteada por el sector ambiental.

El PROMARNAT (2020 - 2024) contribuirá a los objetivos establecidos por el nuevo gobierno en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) como parte del Segundo Eje de Política Social, mediante los siguientes objetivos prioritarios:

1. Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población.
2. Fortalecer la acción climática a fin de transitar hacia una economía baja en carbono y una población, ecosistemas, sistemas productivos e infraestructura estratégica resilientes, con el apoyo de los conocimientos científicos, tradicionales y tecnológicos disponibles.
3. Promover al agua como pilar de bienestar, manejada por instituciones transparentes, confiables, eficientes y eficaces que velen por un medio ambiente sano y donde una sociedad participativa se involucre en su gestión.
4. Promover un entorno libre de contaminación del agua, el aire y el suelo que contribuya al ejercicio pleno del derecho a un medio ambiente sano.

5. Fortalecer la gobernanza ambiental a través de la participación ciudadana libre, efectiva, significativa y corresponsable en las decisiones de política pública, asegurando el acceso a la justicia ambiental con enfoque territorial y de derechos humanos y promoviendo la educación y cultura ambiental.

Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020–2024

La Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP) es un instrumento medular para transitar entre la agricultura convencional y una agricultura sustentable que reconoce las interacciones que guardan todos los elementos de un ecosistema, desde aspectos ambientales hasta cuestiones económicas y sociales.

La ENCUSP tiene una relevancia aún más notable porque está totalmente alineada a la política agroalimentaria de autosuficiencia alimentaria y rescate al campo del Plan Nacional de Desarrollo (PND 2019–2024). Esta política busca un sistema agroalimentario y nutricional más justo, saludable y sustentable, a través del incremento de la producción y la productividad de cultivos, de productos sanos e inocuos, del uso responsable del suelo y el agua, y de la inclusión de sectores históricamente excluidos.

Asimismo, el Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020–2024 también se vincula con la ENCUSP al plantear tres objetivos prioritarios, que son:

1. Lograr la autosuficiencia alimentaria vía el aumento de la producción y la productividad agropecuaria y la acuícola pesquera.
2. Contribuir al bienestar de la población rural mediante la inclusión de los productores históricamente excluidos de las actividades productivas rurales y costeras, aprovechando el potencial de los territorios y los mercados locales.
3. Incrementar las prácticas de producción sostenible en el sector agropecuario y acuícola pesquero frente a los riesgos agroclimáticos.

En particular, el objetivo 3 es el que se encuentra más vinculado a esta iniciativa a través de las siguientes acciones puntuales:

3.3.1 Promover de forma coordinada instrumentos para el uso y aprovechamiento de los recursos genéticos.

3.4.6 Promover estándares de regulación para el uso de pesticidas y la concertación de acciones locales y territoriales para proteger la sobrevivencia, biodiversidad y aumento de polinizadores.

Finalmente, el logro de la autosuficiencia alimentaria constituye uno de los retos de la política nacional. Sin duda, esto implica el mejor aprovechamiento y conservación de los recursos biológicos y genéticos, incluyendo el proceso de polinización animal, del cual dependen casi el 90% de las plantas con flores del mundo y hasta el 70% de los cultivos para el consumo humano. La agrobiodiversidad solo puede ser conservada y aprovechada de manera

sustentable en la medida en que tanto los productores, como el gobierno, la academia y la iniciativa privada trabajen de manera conjunta y compartan las estrategias de conservación con un enfoque integral e incluyente.

9. Programas de apoyo relevantes

Los programas de gobierno son instrumentos de suma importancia para la implementación de las políticas públicas por implicar inversiones dirigidas al logro de los objetivos planteados en otros instrumentos de mayor jerarquía y de los objetivos establecidos en los propios programas. A través del análisis a mayor detalle y con más información “de campo” se podrá comprender con mayor precisión en qué situaciones la conservación y el uso sustentable de los polinizadores está impulsándose u obstaculizándose a partir de las políticas públicas.

En el sitio de Internet de AGRICULTURA³⁵, hay información disponible sobre 13 programas de apoyo correspondientes al año 2019. Quitando los programas de abasto de Diconsa y Liconsa, el de agromercados y el de productividad pesquera y acuícola, probablemente todos los siguientes podrían representar algunos retos y oportunidades para la conservación y el aprovechamiento sustentable de los polinizadores: (1) Producción para el Bienestar, (2) Fertilizantes, (3) Desarrollo Rural, (4) Concurrencia con las Entidades Federativas, (5) Crédito Ganadero a la Palabra, (6) Precios de Garantía a Productos Alimentarios Básicos a cargo de Seguridad Alimentaria Mexicana SEGALMEX, (7) Fomento a la Agricultura, (8) Fomento Ganadero, y (9) Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria.

Los programas enfocados en ganadería podrían ajustarse, por ejemplo, para garantizar que no contribuyan con la pérdida de hábitat al establecer como requisito que el predio no haya sufrido cambios de uso de suelo en un número mínimo de años (esto seguramente sólo pudiera probarse en algunas entidades federativas en donde se está avanzando vincular el estado de la vegetación con la factibilidad de ciertos apoyos). En todo caso, sería importante explorar la posibilidad de que contribuyan a la conservación de polinizadores con el personal a cargo de tales programas, que tiene el conocimiento y la experiencia necesarios para una consideración más práctica e informada. Por lo pronto, se presenta un resumen de algunos programas de AGRICULTURA en los que se observaron mayores oportunidades para una estrategia nacional de polinizadores.

En primer lugar los programas que, de acuerdo con el proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) para el ejercicio fiscal 2020 recién presentado, tendrán recursos más sustanciales (cuadro 2):

A continuación, un Programa que por dos razones resulta atractivo para impulsar la conservación y el aprovechamiento sustentable de los polinizadores: (1) porque al ser de Concurrencia, a través de sus Reglas de Operación llegaran criterios en la materia a los gobiernos estatales; (2) porque su enfoque en localidades marginadas permitiría atender esta problemática en ese contexto (cuadro 3).

35. <https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/programas-sader-2019-194732>.

El Programa de Concurrencia con las Entidades Federativas de AGRICULTURA desaparece del PEF 2020. En las reglas de Operación 2019 el término sustentable se definió como la característica o condición que se adquiere a partir del aprovechamiento racional y manejo apropiado de los recursos naturales utilizados en la producción, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras. En el caso de que el Programa regresara en años subsecuentes, sería importante incluir desde el objetivo el concepto de sustentabilidad; la definición de Proyecto Productivo también se enriquecería con él, ya que rentabilidad y productividad aludidas, dependen de la sustentabilidad a mediano y largo plazos.

CUADRO 2_

Programa y monto	Objetivo	Población/prioridades
Producción para el Bienestar \$9,000 millones PEF 2019 \$11,000 millones PEF 2020	Incrementar la producción nacional de granos y el grado de autosuficiencia alimentaria nacional. Dotar de liquidez y vincular al acceso a servicios, para su inversión en actividades productivas con enfoque sustentable.	Predios de pequeños y medianos productores con superficie de hasta 20 ha inscritos en el Padrón del Programa Producción para el Bienestar que cultiven granos (maíz, frijol, trigo panificable, arroz, entre otros). Prioridad a predios de productores ubicados en localidades indígenas de alta y muy alta marginación. ³⁶
Fertilizantes \$1,500 millones PEF 2019 \$1,000 millones PEF 2020	Aumentar la disponibilidad oportuna de fertilizantes químicos y biológicos para contribuir a mejorar la productividad agrícola en localidades marginadas.	Pequeños productores de cultivos prioritarios ubicados en localidades de alta y muy alta marginación. Los apoyos serán destinados a personas físicas dedicadas a la producción de maíz, frijol o arroz.

CUADRO 3_

Programa y monto	Objetivo	Población/prioridades
Concurrencia con las Entidades Federativas \$2,000 millones PEF 2019 No incluido PEF 2020	Que las unidades de producción primaria en las entidades federativas incrementen su productividad.	Unidades de producción, preferentemente de 3 estratos FAO/AGRICULTURA: Familiar de subsistencia con vinculación al mercado, En transición y Empresarial con rentabilidad frágil. Atención prioritaria a las localidades de media, alta y muy alta marginación.

Finalmente, se presentan dos programas que podrían haber sido importantes para efectos de la Estrategia, pero a los cuales se ha propuesto asignarle una fracción muy menor de los recursos que tuvieron en 2019.

Para comprender mejor el primero, es importante aclarar que un Prode-ter es un Proyecto de Desarrollo Territorial acordado en un territorio por un grupo de Unidades de Producción Familiar asociadas de manera formal o informal en un territorio, para mejorar la producción primaria y para asumir funciones económicas de la cadena productiva (cuadro 4).

Para cerrar este apartado, se presenta un resumen de algunos programas de otras dependencias que podrían ser relevantes para la Estrategia (cuadro 5).

Conceptos de apoyo	Relevancia para la Estrategia
Producción Este 1er concepto es relevante, y varios de sus subconceptos: -Capacitación y asistencia técnica -Fertilizantes -Semillas criollas o mejoradas -Productos de control fitosanitario	El tema de polinizadores es importante para la producción de frijol y otros granos que sí dependen de zoo-polinización, y para el sistema milpa al que hace referencia este Programa. Podrían incluirse algunas especificaciones e incentivos pertinentes para asegurar mejor este servicio ecológico (tanto para estos cultivos como para otros aleñaños que también se benefician), así como para reconocer y garantizar la productividad que de ellos depende.
Fertilizante (concepto de apoyo único) Monto máximo: hasta 450 kg por ha y hasta 3 ha por productor	Para productores de frijol. Con mejores lineamientos y capacitación continua, se pueden lograr mejores prácticas de uso y aplicación de pesticidas para evitar muertes involuntarias de polinizadores de cultivos, asegurar los servicios de polinización y aumentar la productividad.

Componentes	Relevancia para la Estrategia
- Mejorar el nivel de las unidades de producción a través de paquetes tecnológicos - Fortalecer capacidades técnico-productivas y organizacionales	Los paquetes tecnológicos deben validarse por instituciones de educación superior o de investigación, se podría requerir que incluyan criterios para la conservación de polinizadores o su uso sustentable (en los casos en los que el paquete incluya polinizadores manejados ³⁷ , evitando riesgos asociados a EEI). Hay criterios técnicos y de impacto social para los primeros dos componentes del Programa: 4 técnicos básicos y 2 de impacto social, podría haber un criterio más de sustentabilidad relacionado con polinizadores. El fortalecimiento incluye dos conceptos: Capacitación y Transferencia de Tecnología y Asesoría para el Desarrollo de Capacidades. Aunque no se refieren los contenidos de las capacitaciones, podría requerirse que se considere la conservación de polinizadores y la sustentabilidad de su aprovechamiento, para productores agrícolas y pecuarios (por cuestiones de pérdida de hábitat) en las unidades de producción.

36. Aunque en el PND se señala que este Programa impulsa entre los productores prácticas agroecológicas y sustentables, la conservación del suelo, el agua y la agrobiodiversidad, en los lineamientos 2019 sólo señala que no se otorgarán incentivos en ANP que cambien el uso de suelo y, si cuentan éstas con programa de manejo, no se hará en zona núcleo ni en subzonas de preservación, aprovechamiento especial, uso público y recuperación. Que no haya cambio de uso de suelo debería ser requisito para todo incentivo en el territorio nacional, ya que una de las causas del declive de polinizadores es la pérdida de hábitat. La palabra sustentable se utiliza en el texto (fuera de los fundamentos jurídicos y considerandos) una sola vez, al señalar en el objetivo específico que la inversión en actividades productivas sea con enfoque sustentable, y para 2020 se podrían desarrollar especificaciones que permitan la aplicación adecuada de este principio.

37. Informe sobre las consecuencias potenciales de utilizar abejorros no nativos en Norte América: https://www.pollinator.org/pollinator.org/assets/generalFiles/BEE_IMPORTATION_AUG2006.pdf.

CUADRO 4_

Programa y monto	Objetivo	Componentes Subcomponentes (conceptos de apoyo)	Relevancia para la Estrategia
<p>Desarrollo Rural</p> <p>\$5,375.4 millones PEF 2019</p> <p>\$70 millones PEF 2020</p>	Incrementar la productividad de las Unidades de Producción Familiar (UPF), para contribuir a mejorar el ingreso de la población rural.	<p>Desarrollo de Capacidades, Extensión y Asesoría Rural (Servicios de desarrollo de capacidades, servicios de extensionismo, formación y capacitación de extensionistas, y organización de foros y eventos de desarrollo de capacidades).</p> <p>Fortalecimiento de las UPF (Obras de conservación de suelo y vegetación: barreras vivas y prácticas productivas conservacionistas o agroecológicas).</p> <p>Investigación (I) y Transferencia de Tecnología (TT) (Proyectos de diagnóstico, TT y soporte técnico para atender necesidades de Prodefer; Proyectos de I y Desarrollo Tecnológico para atender problemas de las cadenas productivas).</p>	Entre las mejoras en procesos productivos que tiene entre sus objetivos específicos promover, a través de extensionistas, se podrían incluir prácticas que mantengan sanas las comunidades de polinizadores y sus hábitats.
<p>Fomento a la Agricultura</p> <p>\$2,886.7 millones PEF 2019</p> <p>\$100 millones PEF 2020</p>	Impulsar el desarrollo sostenible de Unidades Económicas Rurales Agrícolas de pequeños y medianos productores con incentivos que promuevan su capacidad productiva y económica, utilizando los recursos, suelo y agua, de manera sustentable y facilitando su integración a las cadenas productivas y comerciales.	<p>Capitalización Productiva Agrícola (Material vegetativo y semilla certificada, Insumos agrícolas de nutrición y manejo de riesgo sanitario, Equipamiento e implementos de agricultura convencional o de precisión, Agricultura protegida).</p> <p>Estrategias Integrales de Política Pública Agrícola - Sustentabilidad y Bienestar para Pequeños Productores de Café (Mejora de Productividad —insumos de nutrición y fungicidas orgánicos y convencionales—, y Certificación que agregue valor a la cosecha).</p> <p>Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico (Producción de bioinsumos y Estudios).</p> <p>Mejoramiento Productivo de suelo y agua (Adquisición de bioinsumos agrícolas y Adquisición, establecimiento e incorporación de mejoradores del suelo y abonos verdes).</p> <p>Certificación y Normalización Agroalimentaria - Certificación (De Productos, De Procesos). - Equipamiento de laboratorios para sanidad, inocuidad y calidad agrícola (laboratorios).</p> <p>Desarrollo Productivo del Sur Sureste y Zonas Económicas Especiales NOTA: incentivos para buen manejo agronómico de cacao, frutales nativos, especias, vainilla y palma de coco. - Instalación de viveros comunitarios para producir planta certificada (de 50 mil a 100 mil plantas, al menos 50 productores participantes). - Adquisición y establecimiento de plantas producidas en sus viveros. - Mejora de la Productividad para pequeños productores (Insumos de nutrición y sanidad, Equipo para labores culturales en la plantación y Asistencia técnica).</p>	Existe potencial para que el enfoque de polinizadores enriquezca los componentes, subcomponentes y conceptos de apoyo de este Programa aquí referidos, con beneficios para la capacidad productiva de los beneficiarios, así como para la sustentabilidad en su uso del suelo, agua y otros recursos. La perspectiva de polinizadores también podría facilitar la integración de pequeños y medianos productores a mercados mejor remunerados con una certificación <i>ad-hoc</i> de sus productos.

CUADRO 5_

Programa y monto	Dependencia y objetivo	Población / prioridades	Conceptos o componentes	Relevancia para la Estrategia
<p>Sembrando Vida</p> <p>\$15,000 millones PEF 2019</p> <p>\$18,689.5 millones PEF 2020</p>	<p>Secretaría de Bienestar³⁸</p> <p>Contribuir al bienestar e igualdad social y de género con ingresos suficientes de los sujetos agrarios en localidades rurales, con ingreso inferior a la línea de bienestar rural.</p>	<p>Sujetos agrarios mayores de edad que habitan en localidades rurales, propietarios o poseedores de 2.5 hectáreas para ser trabajadas en un proyecto agroforestal en 19 entidades federativas del país.</p> <p>Para 2019 priorizaron las solicitudes de Campeche, Chiapas, Durango, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán, así como a jóvenes en edad productiva, mujeres campesinas e indígenas, quienes no participan en otro programa federal con fines similares y los que cuenten con unidades de producción propias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyos económicos • Plantas • Insumos • Herramientas • Vivero Comunitario • Biofábrica • Acompañamiento técnico 	<p>Según sus reglas de operación, la cantidad y tipo de plantas se determinan en planes de trabajo, y los insumos son según cultivo y vocación productiva de la región.</p> <p>Esos planes son elaborados por las personas técnicas y facilitadoras, y revisados por las coordinadoras territoriales y regionales.</p> <p>Para que el programa contribuyera a una estrategia de polinizadores, se tendría que influir en los planes de trabajo y en la capacitación del personal de Sembrando Vida.³⁹</p>
<p>Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable</p> <p>\$2,496.5 millones PEF 2019</p> <p>\$1,713 millones PEF 2020</p>	<p>MEDIO AMBIENTE-CONAFOR</p> <p>Contribuir a que la superficie forestal sea protegida, conservada, restaurada e incorporada al manejo sustentable, competitivo, participativo.</p>	<p>Dependiendo del componente la población objetivo es distinta, sobresalen las personas físicas o morales, ejidos y comunidades propietarias o legítimas poseedoras de terrenos forestales y preferentemente forestales, o personas morales que, sin serlo, tienen entre sus objetivos la protección forestal. Sin prioridades.</p> <p>Componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estudios Técnicos Forestales • Gobernanza y Desarrollo de Capacidades • Restauración Forestal y Reversión Productiva • Silvicultura, abasto, transformación y comercialización • Servicios Ambientales (SA) • Plantaciones Forestales Comerciales • Contingencias Ambientales Forestales 	<p>Incluir plantas atractivas para los polinizadores, en programas de manejo forestal⁴⁰ y predios con pago por SA, así como considerarlo en estudios técnicos, desarrollo de capacidades, restauración re conversión productiva y plantaciones.</p> <p>En el último componente de este programa, el combate de plagas podría verse influido por la perspectiva de polinizadores y, tras el combate a incendios forestales, tomarse medidas para favorecer a las polillas, importantes polinizadores nocturnos especialmente afectados por ellos.</p>	

38. La Subsecretaría de Planeación, Evaluación y Desarrollo Regional es la responsable de la ejecución del Programa. A través de sus diferentes Direcciones Generales, debe coordinarse con otras dependencias y entidades que favorezcan el desarrollo del Programa, como AGRICULTURA, MEDIO AMBIENTE, y los apoyos otorgados por la Secretaría dentro de áreas naturales protegidas (ANP) federales, o sus zonas de influencia, deberán ser validados por la CONANP.

39. El apoyo se distribuye en 4 regiones, divididos en 20 territorios. Además del personal del Programa –de coordinación regional y territorial, de apoyo técnico (20 por territorio) y de facilitación (2,200 por región)– se implementará un proceso para la selección de 2,400 becarios de Jóvenes Construyendo el Futuro en cada territorio.

40. El Estado de Oregon (EUA), por ejemplo, promueve plantar una mezcla de semillas adaptada a los polinizadores en zonas con cortes forestales recientes, para ayudar a impulsar las poblaciones de polinizadores nativos. https://oregonforests.org/sites/default/files/2018-01/WIME_data_Pollinators_web.pdf

10. Algunas consideraciones sobre la orientación del gasto

El estudio a nivel Federal realizado por la Iniciativa BIOFIN sobre la orientación del gasto de los programas de la entonces Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, identificó los que incluían algún criterio o acción orientada hacia el uso sustentable, la conservación o la restauración de los recursos naturales. En él, se hicieron constar avances importantes desde los instrumentos de política pública, ya que en los años 2014 y 2015 cerca de dos quintas partes de los recursos para agricultura fueron dedicados a tales programas. La información financiera compilada para el estudio de BIOFIN reconoció también que, a pesar de los progresos, existen oportunidades importantes a través de cambios en las reglas de operación que incorporen con precisión mejores prácticas agrícolas y criterios de selección de los beneficiarios. Esto es, por supuesto, relevante para la conservación y el uso sustentable de los polinizadores.

El Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) de la Cámara de Diputados, resaltó que en el presupuesto aprobado a la Vertiente de Medio Ambiente del PEC de 4,833.7 mdp representa una disminución del 53.3% en términos reales para 2019, respecto del presupuesto aprobado en 2018. Por Ramo Administrativo, el de AGRICULTURA en esta vertiente, registró una reducción proporcionalmente más significativa, ya que disminuye en 3,234.2 mdp, esto es un 75% menos en términos reales, mientras que el de MEDIO AMBIENTE, observa un decremento de 1,872.1 mdp, equivalentes a una disminución real del 36.2%.

El mismo CEDRSSA, subraya que los Criterios Generales de Política Económica 2019, proponen reasignar los recursos del presupuesto a través de tres acciones fundamentales: (1) Eliminar gastos innecesarios, (2) Reorientar los recursos públicos hacia programas y proyectos con reglas claras de asignación, y (3) Eliminar, fusionar o reducir programas que se consideren duplicados o no cumplan su propósito. En este sentido, se asume que la eliminación de ciertos componentes o la reducción de presupuesto para otros tiene por objeto contribuir a financiar un mayor gasto en los programas sociales prioritarios como Sembrando Vida de la Secretaría del Bienestar, el cual tendrá como propósito impulsar la siembra de 1 millón de hectáreas en sistemas productivos agroforestales, generar empleo para 400 mil productores y mejorar los ingresos familiares. Si se lograra incidir en el diseño de Sembrando Vida para los siguientes años con visión de polinizadores, esos recursos destinados a fines socio-productivos podrían tener incidencia, hasta cierto punto, en los objetivos de la nueva Estrategia.

El Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible observó⁴¹ que el PEF 2019 incluye recortes profundos en los recursos disponibles para ser erogados

41. <https://www.ccmss.org.mx/acervo/analisis-de-las-reglas-de-operacion-del-programa-apoyos-para-el-desarrollo-forestal-sustentable-2019/>.

en políticas públicas orientadas, dentro del Sector Medio Ambiente, específicamente al Sector Forestal, y que estos recortes profundizan una tendencia a la baja presentada desde el año 2016. Afirma que los programas orientados a este sector compiten en atención y recursos con uno de los programas de desarrollo social prioritarios para el nuevo gobierno: Sembrando Vida, cuyos objetivos no sustituyen ni cubren los de conservación, producción y desarrollo sustentable establecidas en la LGDFS⁴².

En este sentido, vale la sugerencia de considerar los variados esquemas de financiamiento que se plantea la ENAREDD+ los cuales, como se señala en los antecedentes, podrían resultar útiles en el diseño e implementación de una estrategia nacional de polinizadores, considerando los retos presupuestales que enfrentan en particular algunas dependencias y entidades más relacionadas.

Como se ha indicado, desde la perspectiva de los polinizadores la nueva Estrategia podría buscar que el Programa arriba referido de la Secretaría del Bienestar, el que está a cargo de la CONAFOR, y el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible de MEDIO AMBIENTE, contribuyan en la mayor medida posible a la conservar este importante grupo de especies y sus hábitats, y a la sustentabilidad en las distintas formas en que se les aprovecha en actividades productivas y de otra índole.

Conforme al artículo 32 del PEF 2019, el PEC se sujetó a los siguientes lineamientos para la distribución del gasto en él aprobado. Según su fracción I los recursos dirigidos al campo deberán:

- ▶ Mejorar la capacidad de la agricultura para adaptarse al cambio climático, mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y mejorar la utilización y preservación de los recursos naturales y la biodiversidad (inciso c).
- ▶ Incrementar la contribución de la agricultura nacional a la seguridad alimentaria de todas las personas (inciso d).

Conforme a su fracción IX el PEC debe impulsar la producción y la productividad en el sector mediante el fomento de proyectos integrales en los que se considere el uso de insumos como semillas, fertilizantes, biofertilizantes y prácticas agrícolas sustentables.

Desde el ángulo presupuestal, de conformidad con el Anexo 11 del PEF 2019, el PEC cuenta con un poco más de 352 mil millones de pesos (mdp) en total, distribuidos en varias vertientes de las cuales se considera que podrían tener una relación más natural con el tema de polinizadores; la de Competitividad, con cerca de 46 mil mdp, y la de Medio Ambiente, con más de 4,800 mdp. Así, la Estrategia podría beneficiarse de una porción, mayor o menor en función de qué tanto se incida en los programas, del presupuesto correspondiente a

42. Se le destinaron recursos que ascienden a nueve veces todo el presupuesto asignado al Sector Forestal para 2019.

estas dos vertientes que este año contaron con más de un 14% del presupuesto nacional asignado al desarrollo rural sustentable. Por otra parte, algunos de los segmentos presupuestales de la vertiente Educativa podrían también favorecer la conservación de los polinizadores y su aprovechamiento sustentable, aunque no directamente desde la orientación del gasto, sino desde la introducción de contenidos y enfoques de pesquisa y enseñanza, como parte del Programa de Educación e Investigación del PEC a cargo de AGRICULTURA, específicamente en el Colegio de Postgraduados, el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO), el INIFAP y la Universidad Autónoma Chapingo, y del mismo Programa del PEC a cargo de EDUCACIÓN, específicamente en Educación Agropecuaria y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a las que en su conjunto corresponde alrededor de un 63% del presupuesto, tan trascendental, en educación para el Desarrollo Rural Sustentable, que no se destina a becas.

A continuación se presentan las vertientes, sus programas de acuerdo con el PEC, los ramos, programas de las dependencias, componentes y subcomponentes considerados en este análisis más relevantes para efectos de incidencia desde el gasto público y, por lo tanto desde las políticas, en la conservación y el aprovechamiento sustentable de los polinizadores en México, con su correspondiente presupuesto disponible en el PEF del año 2019:

PROGRAMA ESPECIAL CONCURRENTES PARA EL
DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE (millones de pesos)

COMPETITIVIDAD	45,726.2
Programa de Fomento a la Inversión y Productividad	39,018.5
Agricultura y Desarrollo Rural	37,718.7
Fertilizantes	1,500.0
Producción para el Bienestar	9,000.0
Desarrollo Rural	5,375.4
Programa de Fomento a la Agricultura	2,741.7
Capitalización Productiva Agrícola	762.7
Estrategias Integrales de Política Pública Agrícola	261.5
Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico Agrícola	986.7
Mejoramiento Productivo de Suelo y Agua	730.9
Programa de Concurrencia con las Entidades Federativas	2,000.0
Programa de Productividad y Competitividad Agroalimentaria	1,298.4
Acceso al Financiamiento	424.3
Activos Productivos y Agrologística	355.5
Certificación y Normalización Agroalimentaria	12.5
Desarrollo Productivo del Sur Sureste y Zonas Económicas Especiales	330.7

Fortalecimiento a la Cadena Productiva	76.5
Riesgo Compartido	98.9
Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria	4,128.1
Campañas Fitozoosanitarias	603.4
Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera	317.8
Inspección y Vigilancia Epidemiológica, de Plagas y Enfermedades	603.4
Programa de Acciones Complementarias para Mejorar las Sanidades	2,000.0
Vigilancia Epidemiológica, de plagas y Enfermedades Cuarentenarias	603.4
MEDIO AMBIENTE	4,833.7
Programa de Sustentabilidad de los Recursos Naturales	4,833.7
Agricultura y Desarrollo Rural	1,138.4
Desarrollo Rural	843.7
Programa de Fomento a la Agricultura	145.0
Energías Renovables	145.0
Medio Ambiente y Recursos Naturales	3,695.3
Forestal	2,496.5
Protección al medio ambiente en el medio rural	1,198.8
Desarrollo Regional Sustentable	181.3
Vida Silvestre	799.1

11. Necesidades de información

Para enriquecer el proceso de elaboración de la ENCUSP, será útil contar con información sobre la orientación de los avances en los programas sectoriales de agricultura y desarrollo rural, y de medio ambiente y recursos naturales, que permita tener una perspectiva clara y presentar aportes atinados a efecto de nutrir esos procesos de la planeación nacional del desarrollo con el enfoque de polinizadores. También será de utilidad saber si desde las dependencias se considera que otros programas de apoyo pudieran afectar positiva o negativamente a los polinizadores, su conservación y aprovechamiento sustentable, así como la conservación y restauración de sus hábitats naturales.

♦ Primeros antecedentes de atención regional y nacional a los polinizadores

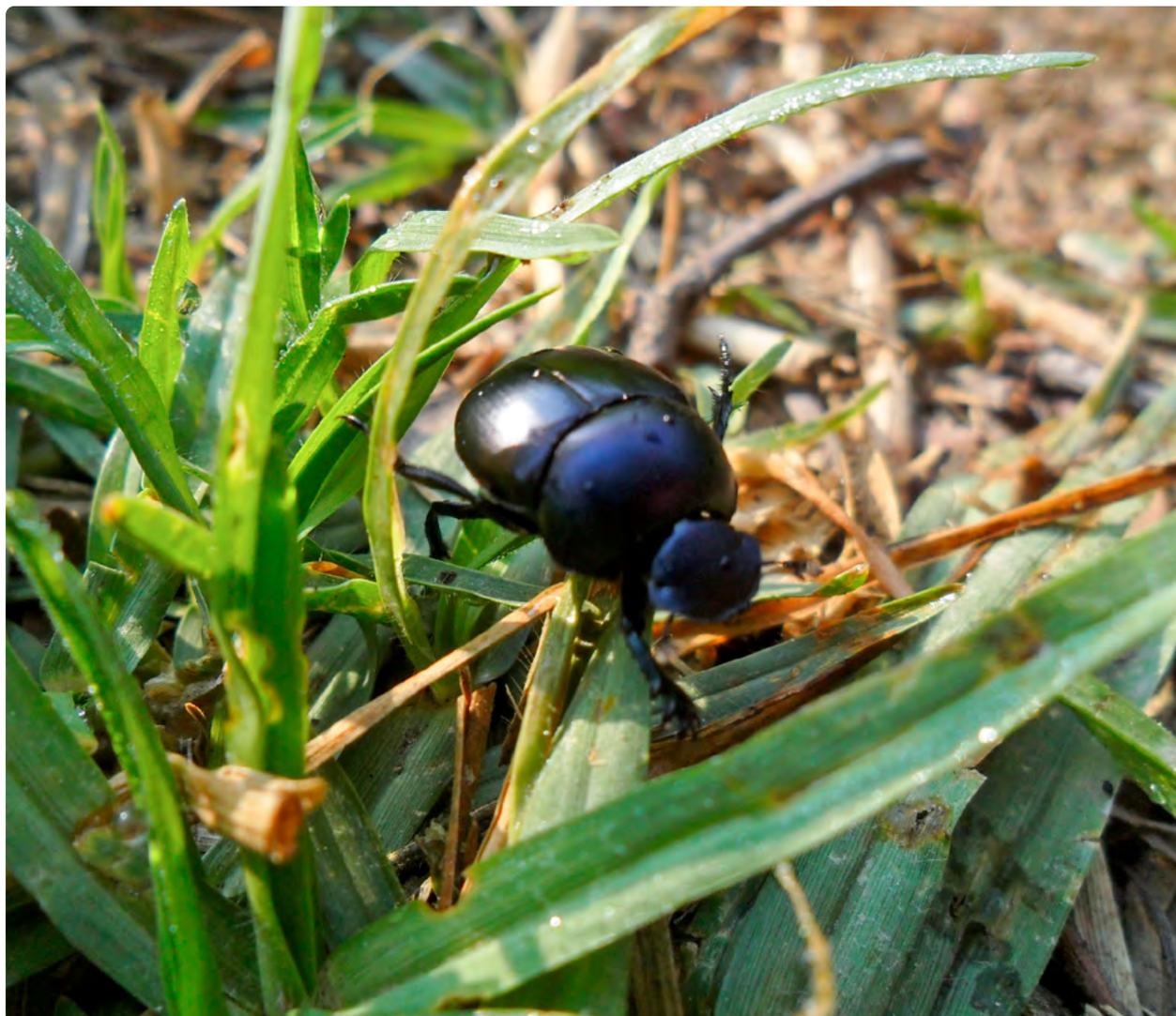
Desde hace veinte años, comenzaron a surgir iniciativas en otras latitudes como las siguientes:

- ▶ **Iniciativa Africana de Polinizadores:** impulsada desde 1999 con apoyo de la FAO, congrega solamente a algunas organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas de Kenia, Sudáfrica y Ghana y en 2003 publicó un Plan de Acción.

- ▶ **Campaña Norteamericana de Protección a Polinizadores (NAPPC):** reúne desde 2000 a diversos representantes gubernamentales de Estados Unidos, Canadá y, en menor medida, de México, instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y algunas empresas privadas.
- ▶ **Iniciativa Brasileña de Polinizadores:** se estableció oficialmente durante la reunión bienal de apicultores en Ribeirão Preto, organizada por la Universidad de São Paulo (USP) en septiembre de 2000. El Ministerio del Medio Ambiente, la USP y Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA, institución estatal federal pública de Brasil vinculada a su Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento) dirigieron esta iniciativa. Se formó un Comité Directivo interino para comenzar a trabajar en una agenda nacional, pero no se encontró información disponible sobre ella.
- ▶ **Iniciativa de Polinizadores de Oceanía:** en 2006 un grupo de ecólogos de polinización de Australia y Nueva Zelanda realizó un taller vinculado a la reunión conjunta de las Sociedades de Ecología de Australia y de Nueva Zelanda, para discutir la IIP y la implementación de un capítulo local. En marzo de 2007, algunos sus miembros se reunieron con representantes de la IIP en la FAO en Roma, para discutir la formación de una iniciativa regional, donde los animaron a incluir un área geográfica amplia que incluyera posibles problemas de seguridad alimentaria.
- ▶ **Iniciativa Canadiense de Polinización:** fue una red estratégica del Consejo de Investigación en Ciencias Naturales e Ingeniería (NSERC) un órgano gubernamental que es el mayor financiador de investigación científica en ese país, iniciada en 2009. Antes de concluir operaciones en septiembre de 2014, esta red se dedicó a estudiar el creciente problema del declive de los polinizadores en los ecosistemas agrícolas y naturales en Canadá.



Foto: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural



Cleoptera perteneciente al género *Canthon* sp.
Foto: Óscar Andrade Lara, CONABIO

Apéndice 1

♦ Palabras clave utilizadas en la búsqueda de literatura

Palabras clave utilizadas en la búsqueda sistemática de información de los servicios de polinización en bases de datos electrónicas científicas especializadas para compilar información del estado del conocimiento del servicio ecosistémico de polinización en México.

Palabras clave	Resultados	Motor de Búsqueda
Biodiversity pollination Mexico	115	ISI Web of Knowledge, Scopus, Scielo, Agris, Google Scholar Período de tiempo: 1900–2019
Biodiversidad polinización México	8	
Pollinate Mexico	488	
Biodiversity pollinate Mexico	24	
Hymenoptera pollinator diversity Mexico	76	
Bee pollinate Mexico	104	
Butterfly diversity Mexico	140	
Hawkmoth pollinate Mexico	10	
Diversity moth Mexico	67	
Moth pollinate Mexico	40	
Bat pollinate Mexico	42	
Bat pollinator diversity Mexico	14	
Hummingbird pollinate Mexico	79	
Hummingbird diversity Mexico	43	
Nocturnal pollinator Mexico	52	
Night pollinate Mexico	43	
Diversity flies Mexico	259	
Flies pollinate Mexico	20	
Fly pollinate Mexico	20	
Beetle pollinate Mexico	13	
Nocturnal pollinate Mexico	36	
Night pollination Mexico	43	
Hawkmoth Mexico	26	
Moth Mexico	702	
Pollinat Mexico, nocturnal pollinat Mexico, bee pollinat Mexico, biodiversity pollinat Mexico, hummingbird pollinat Mexico, bat pollinat Mexico, Hawkmoth pollinat México, moth pollinat mexico, Flies pollinat Mexico, beetle pollinat Mexico	0	

Apéndice 2

♦ Polinizadores efectivos de especies de plantas nativas, introducidas, cultivadas y silvestres reportados en la literatura científica para México

Familia	Especie	Cultivo	Nombre común	Referencia
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	<i>Persea americana</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Jatropha curcas</i> , <i>Hylocereus undatus</i> , <i>Gossypium</i> sp.	Aguacate, Coco, Jatrofa, Pitahaya, Algodón	Melendez-Ramírez <i>et al.</i> , 2004; Can-Alonzo <i>et al.</i> , 2005; Romero and Quezada-Euan, 2013; Perez-Balam <i>et al.</i> , 2012; Valiente-Banuet <i>et al.</i> , 2007; Loper and Danka 1991
Apidae	<i>Bombus ephippiatus</i>	<i>Solanum lycopersicum</i>	Jitomate	Torres-Ruiz and Jones 2012, Romo and Acosta 2010, Vergara and Fonseca-Buendía 2012
Apidae	<i>Bombus impatiens</i>	<i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Capsicum chinense</i>	Jitomate, chile habanero	Palma <i>et al.</i> , 2008a, 2008b, Romo and Acosta 2010, Torres-Ruiz and Jones 2012
Apidae	<i>Bombus pennsylvanicus</i>	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	Silva-Montellano and Eguiarte 2003
Apidae	<i>Xylocopa californica</i>	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	Silva-Montellano and Eguiarte 2003
Apidae	<i>Exomalopsis</i> sp.	<i>Solanum lycopersicum</i>	Jitomate	Macias-Macias 2009
Apidae	<i>Peponapis</i> sp.	<i>Cucurbita moschata</i>	Calabaza	Canto-Aguilar and Parra-Tabla 2000, Delgado-Carrillo <i>et al.</i> , 2018
Apidae	<i>Melipona beecheii</i>	<i>Bixa orellana</i>	Achiote	Caro <i>et al.</i> , 2017
Apidae	<i>Nannotrigona perilampoides</i>	<i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Capsicum chinense</i> , <i>Persea americana</i>	Jitomate, chile habanero, Aguacate	Cauich <i>et al.</i> , 2004, 2006, Palma <i>et al.</i> , 2008, Can-Alonzo <i>et al.</i> 2015
Apidae	<i>Scaptotrigona mexicana</i>	<i>Nephelium lappaceum</i> , <i>Jatropha curcas</i>	Rambután, Jatrofa	Rincón-Rabanales <i>et al.</i> , 2015; 2016
Apidae	<i>Trigona fulviventris</i>	<i>Jatropha curcas</i>	Jatrofa	Rincón-Rabanales <i>et al.</i> , 2016
Apidae	<i>Trigona fuscipennis</i>	<i>Jatropha curcas</i>	Jatrofa	Rincón-Rabanales <i>et al.</i> , 2016
Apidae	<i>Frieseomelitta nigra</i>	<i>Persea americana</i> , <i>Jatropha curcas</i>	Aguacate, Jatrofa	Can-Alonzo <i>et al.</i> , 2005, Romero and Quezada-Euan 2013
Apidae	<i>Tetragonisca angustula</i>	<i>Jatropha curcas</i>	Jatrofa	Rincón-Rabanales <i>et al.</i> , 2016
Apidae	<i>Peponapis crasidentata</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández <i>et al.</i> , 2019
Apidae	<i>Peponapis utahensis</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández <i>et al.</i> , 2019
Apidae	<i>Ceratina neomexicana</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández <i>et al.</i> , 2019
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández <i>et al.</i> , 2019
Apidae	<i>Euglossa viridissima</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández <i>et al.</i> , 2019
Apidae	<i>Euglossa atrovirens</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández <i>et al.</i> , 2019
Apidae	<i>Peponapis smithi</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	Calabaza	Meléndez-Ramírez <i>et al.</i> , 2002, Parra-Tabla <i>et al.</i> , 2017

Familia	Especie	Cultivo	Nombre común	Referencia
Apidae	<i>Peponapis limitaris</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	Calabaza	Meléndez-Ramírez et al., 2002, Parra-Tabla et al., 2017
Apidae	<i>Partamona bilineata</i>	<i>Cucumis sativus</i> , <i>Citrullus lanatus</i>	Pepino, Sandía	Meléndez-Ramírez et al., 2002, Parra-Tabla et al., 2017
Apidae	<i>Trigona fulviventris</i>	<i>Citrullus lanatus</i>	Sandía	Meléndez-Ramírez et al., 2002, Parra-Tabla et al., 2017
Apidae	<i>Ceratina capitosa</i>	<i>Cucumis melo</i>	Melón	Meléndez-Ramírez et al., 2002, Parra-Tabla et al., 2017
Calliphoridae	<i>Chrysomya megacephala</i>	<i>Persea americana</i>	Aguacate	Perez-Balam et al., 2012
Ceratopogonidae	<i>Forcipomyia</i>	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	Avendaño-Arrazate et al., 2011
Cillaeinae	<i>Coleopterus aberrans</i>	<i>Astrocaryum mexicanum</i>	Corcho	Aguirre et al., 2011
Colletidae	<i>Colletes annae</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández et al., 2019
Halictidae	<i>Augochloropsis</i> sp.	<i>Solanum lycopersicum</i>	Jitomate	Macias-Macias 2009
Halictidae	<i>Agapostemon nasutum</i>	<i>Jatropha curcas</i>	Jatrofa	Rincón-Rabanales et al., 2016
Halictidae	<i>Augochlora aurifera</i>	<i>Jatropha curcas</i>	Jatrofa	Rincón-Rabanales et al., 2016
Halictidae	<i>Halictus hesperus</i>	<i>Jatropha curcas</i>	Jatrofa	Rincón-Rabanales et al., 2016
Halictidae	<i>Lasioglossum</i> sp.	<i>Capsicum chinense</i>	Chile habanero	Landaverde-González et al., 2017
Halictidae	<i>Augochloropsis metallica</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández et al., 2019
Halictidae	<i>Augochlora aurifera</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández et al., 2019
Halictidae	<i>Augochloropsis pomoniella</i>	<i>Ipomoea trifida</i>	Camote silvestre	De Santiago-Hernández et al., 2019
Halictidae	<i>Augochlora nigrocyanea</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	Calabaza	Meléndez-Ramírez et al., 2002, Parra-Tabla et al., 2017
Muscidae	<i>Musca domestica</i>	<i>Manguifera indica</i>	Mango	Gehrke-Vélez et al., 2012
Nitidulide	<i>Eumystrops centralis</i>	<i>Astrocaryum mexicanum</i>	Corcho	Aguirre et al., 2011
Nitidulide	<i>Mystrops mexicanus</i>	<i>Astrocaryum mexicanum</i>	Corcho	Aguirre et al., 2011
Phyllostomidae	<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	<i>Hylocereus undatus</i> , <i>Agave angustifolia</i>	Pitahaya, Maguey Espadín	Valiente-Banuet et al., 2007, Molina-Freaner and Eguiarte 2003
Phyllostomidae	<i>Leptonycteris nivalis</i>	<i>Agave horrida</i>	Maguey	Flores-Torres and Galindo-Escamilla 2017
Phyllostomidae	<i>Choeronycteris mexicana</i>	<i>Hylocereus undatus</i>	Pitahaya	Valiente-Banuet et al., 2007
Sphingidae	<i>Hyles lineata</i>	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	Silva-Montellano and Eguiarte 2003
Syrphidae	<i>Eristalis</i> sp.	<i>Jatropha curcas</i>	Jatrofa	Rincón-Rabanales et al., 2016
Trochilidae	<i>Amazilia beryllina</i>	<i>Salvia mexicana</i>	Tacote o Tapachichi	Arizmendi et al., 1996
Trochilidae	<i>Atthis heloisa</i>	<i>Fuchsia microphylla</i>	Coralillo	Arizmendi et al., 1996
Trochilidae	<i>Eugenes fulgens</i>	<i>Salvia mexicana</i>	Tlacote	Arizmendi et al., 1996
Trochilidae	<i>Hylocharis leucotis</i>	<i>Salvia mexicana</i> , <i>Fuchsia microphylla</i>	Tlacote, Coralillo	Arizmendi et al., 1996
Trochilidae	<i>Lampornis amethystinus</i>	<i>Salvia mexicana</i>	Tlacote	Arizmendi et al., 1996
Trochilidae	<i>Selasphorus rufus</i>	<i>Salvia mexicana</i> , <i>Fuchsia microphylla</i>	Tlacote, Coralillo	Arizmendi et al., 1996

Apéndice 3

♦ Listado de Áreas Naturales Protegidas analizadas

Listado de Áreas Naturales Protegidas (**ANP**) de la CONANP, Tipo de ANP, Región Entidad federativa y Bioma.

APFF: Áreas de Protección de Flora y Fauna

MN: Monumento Natural

PN: Parque Nacional

RB: Reserva de la Biosfera

Región geográfica:

RCEN: Región Centro y Eje Neovolcánico

RFSIPS: Región Frontera Sur-Istmo y Pacífico Sur

RNSMO: Región Noreste y Sierra Madre Oriental

RNAGC: Región Noroeste y Alto Golfo de California

RNSMOC: Región Norte y Sierra Madre Occidental

ROPC: Región Occidente y Pacífico Centro

RPYCM: Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano

RPCGM: Región Planicie Costera y Golfo de México

Biomos:

BMM: Bosque Mesófilo de Montaña

BT: Bosque Templado

BTH: Bosque Tropical Húmedo

BTS: Bosque Tropical Seco

DE: Desierto

MS: Matorral Submontano

MX: Matorral Xerófilo

PN: Pastizal Natural

PA: Pastizal Alpino

VAS: Vegetación Acuática Subacuática

Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Tipo ANP	Región CONANP	Entidad federativa	Bioma
El Cielo	RB	RNSMO	Tamaulipas	BMM
El Triunfo	RB	RFSIPS	Chiapas	BMM
Volcán Tacaná	RB	RFSIPS	Chiapas	BMM
Cerro Mohinora	APFF	RNSMOC	Chihuahua	BT
La Primavera	APFF	ROPC	Jalisco	BT
Nevado de Toluca	APFF	RCEN	Edo. México	BT
Papigochic	APFF	RNSMOC	Chihuahua	BT
Pico Tancítaro	APFF	ROPC	Michoacán	BT
Tutuaca	APFF	RNSMOC	Chihuahua	BT
Barranca del Cupatitzio	PN	ROPC	Michoacán	BT
Benito Juárez	PN	RFSIPS	Oaxaca	BT

Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Tipo ANP	Región CONANP	Entidad federativa	Bioma
Cascada de Bassaseachic	PN	RNSMOC	Chihuahua	BT
Cofre de Perote	PN	RPCGM	Veracruz	BT
Constitución	PN	RNAGC	Baja California	BT
Cumbres de Majalca	PN	RNSMOC	Chihuahua	BT
Desierto de los Leones	PN	RCEN	CDMX	BT
El Chico	PN	RCEN	Hidalgo	BT
El Potosí	PN	RNSMO	San Luis Potosí	BT
El Tepozteco	PN	RCEN	Morelos	BT
Lagunas de Zempoala	PN	RCEN	Morelos	BT
Pico de Orizaba	PN	RCEN	Puebla-Veracruz	BT
Sierra de Organos	PN	RNSMOC	Zacatecas	BT
Isla Guadalupe	RB	RNAGC	Baja California	BT
La Michilía	RB	RNSMOC	Durango	BT
Mariposa Monarca	RB	RCEN	Michoacán-Edo.Méx	BT
Sierra La Laguna	RB	RNAGC	Baja California Sur	BT
Cañon del Usumacinta	APFF	RPCGM	Chiapas-Tabasco-Campeche	BTH
Cascadas de Agua Azul	APFF	RFSIPS	Chiapas	BTH
Chan-kin	APFF	RFSIPS	Chiapas	BTH
Metzabok	APFF	RFSIPS	Chiapas	BTH
Nahá	APFF	RFSIPS	Chiapas	BTH
Otoch Ma'ax Yetel Kooh	APFF	RPYCM	Quintana Roo	BTH
Bonampak	MN	RFSIPS	Chiapas	BTH
Yaxchilán	MN	RFSIPS	Chiapas	BTH
Calakmul	RB	RPYCM	Campeche	BTH
Montes Azules	RB	RFSIPS	Chiapas	BTH
El Ocote	RB	RFSIPS	Chiapas	BTH
Los Tuxtlas	RB	RPCGM	Veracruz	BTH
Boquerón de Tonalá	APFF	RFSIPS	Oaxaca	BTS
Sierra de Álamos	APFF	RNAGC	Sonora	BTS
La Mancha		RPCGM	Veracruz	BTS
Yagul	MN	RFSIPS	Oaxaca	BTS
Dzibilchantún	PN	RPYCM	Yucatán	BTS
Grutas de Cacahuamilpa	PN	RCEN	Guerrero	BTS
Isla Isabel	PN	ROPC	Nayarit	BTS
Santa María Huatulco	PN	RFSIPS	Oaxaca	BTS
Chamela	RB	ROPC	Jalisco	BTS
Islas Marías	RB	ROPC	Nayarit	BTS
La Sepultura	RB	RFSIPS	Chiapas	BTS

Áreas Naturales Protegidas (ANP)	Tipo ANP	Región CONANP	Entidad federativa	Bioma
Sian Ka'an	RB	RPYCM	Quintana Roo	BTS
Sierra de Huautla	RB	RCEN	Morelos	BTS
Sierra de Manantlan	RB	ROPC	Jalisco	BTS
Sierra del Abra Tanchipa	RB	RNSMO	San Luis Potosí	BTS
Sierra Gorda	RB	RCEN	Querétaro	BTS
Zicuiran-Infiernillo	RB	ROPC	Michoacán	BTS
Cuatrociénegas	APFF	RNSMO	Coahuila	DE
Médanos de Samalayuca	APFF	RNSMOC	Chihuahua	DE
Ocampo	APFF	RNSMO	Coahuila	DE
Sierra La Mojonera	APFF	RNSMO	San Luis Potosí-Zacateca	DE
Chihuahua		RNSMOC	Chihuahua	DE
Río Bravo de Norte	MN	RNSMO	Coahuila-Chihuahua	DE
Isla San Pedro Mártir	PN	RNAGC	Baja California	DE
El Pinacate	RB	RNAGC	Sonora	DE
El Vizcaíno	RB	RNAGC	Baja California Sur	DE
Mapimí	RB	RNSMO	Durango	DE
Tehuacán-Cuicatlán	RB	RCEN	Puebla-Oaxaca	DE
Meseta de Cacaxtla	APFF	RNAGC	Sinaloa	DE
Cerro de la Silla	MN	RNSMO	Monterrey	MS
Barranca de Metztitlán	RB	RCEN	Hidalgo	MS
Valle de los Cirios	APFF	RNAGC	Sonora	MX
Janos	RB	RNSMOC	Chihuahua	PN
Izta	PN	RCEN	Tlaxcala-Puebla	PA
Balandra	APFF	RNAGC	Baja California Sur	VAS
Laguna de Términos	APFF	RPYCM	Campeche	VAS
Laguna Madre y Río Bravo	APFF	RNSMO	Tamaulipas	VAS
Manglares de Nichupté	APFF	RPYCM	Quintana Roo	VAS
Yum Balam	APFF	RPYCM	Quintana Roo	VAS
Lagunas de Chacahua	PN	RFSIPS	Oaxaca	VAS
La Encrucijada	RB	RFSIPS	Chiapas	VAS
Los Petenes	RB	RPYCM	Campeche	VAS
Marismas Nacionales Nayarit	RB	ROPC	Nayarit	VAS
Pantanos de Centla+	RB	RPCGM	Tabasco	VAS
Ría Celestún	RB	RPYCM	Campeche-Yucatán	VAS
Ría Lagartos	RB	RPYCM	Yucatán	VAS

Apéndice 4

♦ Presencia de patógenos en polinizadores de México

Se describen las especies de polinizadores y parásitos reportados en México.

Familia	Especie	Grupo de patógenos	Especie de patógeno	Referencias
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Ácaros	<i>Varroa jacobsoni</i> .	Wilson <i>et al.</i> , 1984; De Guzmán <i>et al.</i> , 1999.
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Hongos	<i>Nosema</i> spp; <i>Nosema ceranae</i> .	Guzmán-Novoa <i>et al.</i> , 2011; Guerrero-Molina <i>et al.</i> , 2016; Tapia-González <i>et al.</i> , 2017.
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Virus	Virus de parálisis agudo israelí; Virus filamentoso de <i>A. mellifera</i> ; Virus de las alas deformes; Virus de las celdas reales negras; Virus de Cachemira; Virus de la cría ensacada; Virus de la parálisis crónica.	Guzmán-Novoa <i>et al.</i> , 2012; Guzmán-Novoa <i>et al.</i> , 2013; García-Anaya <i>et al.</i> , 2016; García-Anaya <i>et al.</i> , 2018.
Apidae	<i>Bombus brachycephallus</i> ; <i>B. diligens</i> ; <i>B. ephippiatus</i> ; <i>B. pensylvanicus</i> ; <i>B. pullatus</i> ; <i>B. Steindachneri</i> ; <i>B. trinominatus</i> ; <i>B. vosnesenskii</i> ; <i>B. weisi</i> ; <i>B. wilmattae</i> ; <i>B. impatiens</i> .	Hongos	<i>Nosema</i> spp. <i>Nosema bombi</i> .	Sachman-Ruiz <i>et al.</i> , 2015; Gallot-Lavallee <i>et al.</i> , 2016.
Apidae	<i>Bombus brachycephallus</i> ; <i>B. diligens</i> ; <i>B. ephippiatus</i> ; <i>B. pensylvanicus</i> ; <i>B. pullatus</i> ; <i>B. Steindachneri</i> ; <i>B. trinominatus</i> ; <i>B. vosnesenskii</i> ; <i>B. weisi</i> ; <i>B. wilmattae</i> ; <i>B. impatiens</i> .	Protozoarios	<i>Crithidia</i> spp.; <i>Apycystis bombi</i> .	Sachman-Ruiz <i>et al.</i> , 2015; Gallot-Lavallee <i>et al.</i> , 2016.
Apidae	<i>Bombus impatiens</i>	Virus	Virus de la parálisis aguda; Virus de la parálisis crónica; Virus de las alas deformes; Virus de la parálisis aguda israelí; Virus de la abeja de Cachemira.	Sachman-Ruiz <i>et al.</i> , 2015.
Apidae	<i>Scaptotrigona mexicana</i>	Virus	Virus de las alas deformes; Virus de las celdas reales negras.	Guzmán-Novoa <i>et al.</i> , 2015.
Trochilidae	<i>Amazilia rutila</i> ; <i>Cyananthus latorostris</i> ; <i>Chlorostilbon auriceps</i>	Moscas parásitas	<i>Philornis</i> spp.	Nuñez-Rosas <i>et al.</i> , 2018.

Apéndice 5

♦ Estudios con abejas sin aguijón en México

Especie abeja	Información	Referencia
Frieseomelitta nigra	Adaptación a nidos artificiales	Reyes-González <i>et al.</i> , 2016
	Ubicación nido	Escareño <i>et al.</i> , 2019
	Descripción nido	González <i>et al.</i> , 2018
Melipona beecheii	Fluctuación de temperatura en nidos naturales	Moo-Valle <i>et al.</i> , 2000
	Comportamiento higiénico	Medina <i>et al.</i> , 2009
	Situación de meliponicultores en México	Quezada-Euán <i>et al.</i> , 2001
	Estructura poblacional y diferenciación genética	Quezada-Euán <i>et al.</i> , 2007
Melipona colimana	Efecto de los nidos en temperatura y humedad de colonias de abeja/ Características de nidos en sitios perturbados y conservados	Macías-Macías <i>et al.</i> , 2011; Macías-Macías <i>et al.</i> , 2014
Melipona fasciata	Adaptación a nidos artificiales	Reyes-González <i>et al.</i> , 2016
Nannotrigona perilampoides	Adaptación a nidos artificiales	Reyes-González <i>et al.</i> , 2016
	Ubicación nido	Escareño <i>et al.</i> , 2019
	Descripción nido	González <i>et al.</i> , 2018
Partamona bilineata	Ubicación nido	Escareño <i>et al.</i> , 2019
	Descripción nido	González <i>et al.</i> , 2018
Plebeia fulvopilosa	Adaptación a nidos artificiales	Reyes-González <i>et al.</i> , 2016
Plebeia moureana	Descripción nido	González <i>et al.</i> , 2018
Scaptotrigona hellwegei	Adaptación a nidos artificiales	Reyes-González <i>et al.</i> , 2016
	Ubicación nido	Escareño <i>et al.</i> , 2019
	Descripción nido	González <i>et al.</i> , 2018
Scaptotrigona pectoralis	Comportamiento higiénico	Medina <i>et al.</i> , 2009
Trigona fulviventris	Ubicación nido	Escareño <i>et al.</i> , 2019
	Descripción nido	González <i>et al.</i> , 2018

