Review [Revisión]

ANÁLISIS ESPACIO TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE POLINIZADORES EN MÉXICO †

[SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF SCIENTIFIC PRODUCTION ON POLLINATORS IN MEXICO]

Alberto Santillán-Fernández[1], Blanca N. Santés-Juárez[2], Jaime Bautista-Ortega[2], Henry J. Loeza-Concha[2], Javier E.Vera-López[2], Mauricio A. Carmona-Arellano[2], Iban Vázquez-González[3] and Alfredo E. Tadeo-Noble[1*]

[1]Colegio de Postgraduados-Campus Campeche. Investigador por México CONAHCyT. Carretera Federal Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, C.P. 24450, Mexico. Email. tadeo.esteban@colpos.mx
[2]Colegio de Postgraduados-Campus Campeche. Bioprospección y Sustentabilidad Agrícola en el Trópico. Carretera Federal Haltunchén-Edzná km 17.5, Sihochac, Champotón, Campeche, C.P. 24450, Mexico.
[3]Universidad de Santiago de Compostela. Economía Sociología y Política Agraria. Escola Politécnica Superior Rúa Benigno Ledo, Campus universitario s/n, Lugo, Galicia, C.P. 27002, España.
[*]Corresponding autor

SUMMARY

Background: Due to the loss of pollinator diversity caused by anthropogenic activities and climate change, research on pollinators has increased. However, there is still limited research identifying opportunities for developing new knowledge. **Objective:** To analyze, using bibliometric techniques, the research published in scientific articles on pollinators, to identify areas of research opportunity that have been poorly developed. **Methodology:** Scientific articles on pollinators available in the main academic publishers (Elsevier, MDPI, Scopus, Springer and Taylor & Francis, Wiley Online Library, and Frontiers), websites (Conricyt, Scielo, Redalyc, Latindex, Periodica, and Doaj) and the web search engine Google Scholar were compiled. The keywords used in the search of the texts were *polinizadores* and pollinators, identifying them in the titles and keywords of the publications. Through a content analysis and applying bibliometric tools, indicators were generated on the frequencies of pollinator species, pollinated plant species, research institutions and research topics developed in each text. **Results:** From 1986 to 2022, a total of 982 scientific articles on pollinators were published internationally, with exponential annual growth. In the case of Mexico, 316 texts were documented, where bee species were more frequently the object of study, and the pollinator-plant interaction was analyzed more frequently for species with commercial value such as agricultural, fruit, horticultural and agavaceae species. Furthermore, the research was largely coordinated by the National Autonomous University of Mexico, spatially located in central Mexico. **Implications:** The theoretical nature of the findings should be considered as a way to expand the state of the art, so it is suggested that subsequent studies focus on the practical application of scientific findings, especially for the southeastern region of Mexico, expanding the range of analyzes for pollinator species and pollinated plant species. **Conclusion:** There is an opportunity to generate more research on pollinator species such as bats, hummingbirds, butterflies, and arachnids, as well as topics related to bee health and nutrition. Additionally, more research is needed to study plant-pollinator interactions in plant species like forest trees, cacti, and ornamental plants. There is also a need to strengthen research conducted in southeastern Mexico, where the greatest diversity of pollinators and plant species is historically located.

Key words: Bee; bibliometrics; hummingbird; pollinator-plant interaction; bat.

RESUMEN

Antecedentes: Ante la pérdida de diversidad de polinizadores a causa de actividades antropogénicas y efectos de

† *Submitted May 16, 2024 – Accepted November 5, 2024. http://doi.org/10.56369/tsaes.5635*

Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
ISSN: 1870-0462.
ORCID = A. Santillán-Fernández: http://orcid.org/0000-0001-9465-1979; **B.N. Santés-Juárez**: https://orcid.org/0000-0001-9618-1819; **J. Bautista-Ortega**: https://orcid.org/0000-0002-3763-8986; **H.J. Loeza-Concha**: https://orcid.org/0000-0001-7686-5113; **J.E. Vera-López**: https://orcid.org/0000-0002-8454-4288; **M.A. Carmona-Arellano**: http://orcid.org/0000-0002-5120-3647; **I. Vázquez-González**: https://orcid.org/0000-0001-5078-0525; **A.E. Tadeo-Noble**: https://orcid.org/0000-0001-7694-7477

cambio climático, la investigación sobre ellos se ha incrementado. Sin embargo, existe poca investigación que identifique temas de oportunidad para el desarrollo de nuevo conocimiento. **Objetivo: A**nalizar, mediante técnicas bibliométricas, la investigación publicada en artículos científicos sobre polinizadores, para identificar áreas de oportunidad en investigación que han sido poco desarrolladas. **Metodología:** Se recopilaron artículos científicos sobre polinizadores disponibles en las principales casas editoriales (Elsevier, MDPI, Scopus, Springer, Taylor & Francis, Wiley Online Library, y Frontiers), sitios web (Conricyt, Scielo, Redalyc, Latindex, Periodica, y Doaj) y el motor de búsqueda web Google Scholar. Las palabras clave utilizadas en la búsqueda de los textos fueron polinizadores y pollinators identificándolas en los títulos y palabras clave de las publicaciones. Mediante un análisis de contenido y aplicando herramientas bibliométricas se generaron indicadores sobre las frecuencias de especies de polinizadores, especies vegetales polinizadas, instituciones de investigación y temas de investigación desarrollados en cada texto. **Resultados:** De 1986 a 2022 se publicaron a nivel internacional un total de 982 artículos científicos sobre polinizadores, con un crecimiento anual exponencial. Para el caso de México se documentaron 316 textos, donde las especies de abejas fueron en mayor frecuencia objeto de estudio, y la interacción polinizador-planta, fue analizada en mayor frecuencia para especies con valor comercial como las agrícolas, frutícolas, hortícolas y agaváceas. Además, la investigación estuvo coordinada mayormente por la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada espacialmente en el centro de México. **Implicaciones:** Se debe considerar el carácter teórico de los hallazgos como una manera de ampliar el estado del arte, por lo que se sugiere que estudios posteriores se centren en la aplicación práctica de los hallazgos científicos sobre todo para la región sureste de México, ampliando la gama de análisis para especies de polinizadores y especies vegetales polinizadas**. Conclusión:** Existe un área de oportunidad para generar mayor investigación sobre especies de polinizadores como los murciélagos, colibrís, mariposas, y arácnidos; y en temas asociados a la sanidad y nutrición de abejas. Asi como para analizar la interacción polinizador-planta en especies vegetales como las forestales, cactáceas e incluso de ornato. Además de fortalecer la investigación que se desarrolla en el sureste de México, donde históricamente se localiza la mayor diversidad de polinizadores y especies vegetales.

Palabras clave: Abeja; bibliometría; colibrí; interacción polinizador-planta; murciélago.

INTRODUCCIÓN

La polinización es un proceso vital para el mantenimiento de la biodiversidad en la tierra, de ella depende la reproducción sexual de cerca del 90% de las plantas con flor, mismas que desaparecerían sin este proceso (Arizmendi, 2009). Tres cuartas partes de los cultivos de los que se alimenta el hombre dependen de la polinizaciónpara producir sus frutos (Oliveira *et al*., 2020). Entre los principales polinizadores se encuentran las abejas, abejorros, mariposas, colibríes, y murciélagos nectarívoros; se estima que cerca de 73% de las especies vegetales cultivadas en el mundo y más de 75% de la vegetación mundial son polinizadas por abejas (Potts *et al*., 2018).

En México, cultivos base de la dieta alimenticia como el frijol, el chile, el tomate, el jitomate, y las calabacitas requieren de polinizadores. Además de frutales de gran demanda como las ciruelas, los mangos, las manzanas, el café, el cacao para producir chocolate, la vainilla, y el almendro. En la ganadería cultivos como la alfalfa, del que depende mucha de la producción de carne, necesitan polinizadores para producir semillas (Arizmendi, 2009). Sin embargo, pese a esta importancia, las poblaciones de polinizadores han estado disminuyendo como resultado de variaciones en el clima y formas de producción de alimentos poco sustentables que premian uso de químicos (León-Canul *et al*., 2023).

La importancia de los polinizadores ha sido descrita desde varios enfoques, como un agente que permite la biodiversidad en la tierra (Potts *et al.*, 2018), como un elemento primordial en la producción de alimentos (Oliveira *et al.*, 2020), como un factor que dinamiza la diversidad genética de los cultivos (Raderschall *et al.*, 2021), como mecanismos de medicina alterna (Tauber *et al.*, 2019), trabajos que describen la biología de los polinizadores para cultivos específicos (Ponce, 2016); e incluso existen investigaciones que asocian la influencia de los polinizadores en las relaciones etnoculturales y teológicas de pueblos indígenas (Torre, 2014). Sin embargo, existe poca investigación que evalué la pertinencia, impacto y alcances de la investigación desarrollada en torno a estos tópicos, y que permita analizar los vacíos de investigación para generar alternativas que ayuden a conservar las poblaciones de polinizadores (Luccâs *et al*., 2021).

Conocer la información científica que se desarrolla alrededor de un tópico permite tomar decisiones en relación con su mejoramiento (Martínez-Santiago *et al.*, 2017). Los estudios bibliométricos a partir de los artículos científicos se basan en la aplicación de métodos cuantitativos, generación de indicadores y modelos matemáticos, que permiten caracterizar su desarrollo y evolución (Peng, 2017). Mediante los indicadores bibliométricos se pueden evaluar la pertinencia, impacto y alcances de las investigaciones de manera objetiva, observar las tendencias que siguen y generar información útil para mejorar su gestión (Chao *et al.*, 2007).

Sobre polinizadores se han desarrollado estudios bibliométricos para evaluar la interacción planta-polinizador (Singh *et al.*, 2023); proteger a las abejas como un agente que regula el ambiente (Decourtye *et al.*, 2019); analizar los servicios ecosistémicos que ofrecen (Liu *et al*., 2019); creación de políticas públicas para su conservación ante los efectos del cambio climático (Schatz *et al.*, 2021); e incluso sobre especies específicas como *Apis mellifera* (Ziegler *et al.*, 2021). Para el caso de México Nava-Bolaños *et al*. (2022) desarrollaron un estado del arte sobre la diversidad de polinizadores en el país. Sin embargo, existen nichos de oportunidad para el desarrollo de nuevo conocimiento en torno a las especies de polinizadores, especies vegetales polinizadas y regiones con diversidad de flora y fauna. Bajo este contexto el objetivo de este trabajo fue analizar la investigación publicada en artículos científicos sobre polinizadores; mediante técnicas bibliométricas; para identificar dónde y cuáles han sido las especies de polinizadores y especies vegetales polinizadas más estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen de la información

En este trabajo se analizaron artículos científicos sobre polinizadores disponibles en las principales casas editoriales (Elsevier, MDPI, Scopus, Springer, Taylor & Francis, Wiley Online Library, y Frontiers), sitios web (Conricyt, Scielo, Redalyc, Latindex, Periodica, y Doaj) y el motor de búsqueda web Google Scholar. Los artículos científicos se recopilaron de marzo a agosto de 2023, y se consideraron los textos publicados hasta diciembre de 2022. Las palabras clave utilizadas en la búsqueda fueron "polinizadores" en español y "pollinators" en inglés, identificándolas en los títulos y palabras clave de las publicaciones.

Mediante un análisis de contenido, se descartaron aquellos artículos científicos repetidos, donde el objeto de estudio no fue alguna especie de polinizador, o solo se hizo alusión a polinizadores en general sin mencionar el tipo. Adicionalmente, una vez definidos los artículos científicos a analizar, se utilizó la técnica "bola de nieve" para obtener los artículos faltantes, a partir de la lista de referencias bibliográficas de los artículos científicos definidos inicialmente (Leipold, 2014).

Preparación de datos

De cada uno de los artículos científicos recopilados, se capturaron sus datos bibliográficos: Autores, año, revista, titulo, y citas bibliográficas. Con el análisis de contenido, esta información se complementó con el resumen y palabras clave de los trabajos. La captura de las variables se realizó en una hoja de cálculo; se respetó el idioma original de cada uno de los textos. Durante la captura de las variables se estandarizaron algunos registros, y para facilitar el análisis, se eliminaron o cambiaron caracteres especiales como: ñ (por n), acentos, superíndices, subíndices, ®, ©, entre otros (Costas y Bordons, 2007). En el caso de los nombres de los autores se estandarizaron como: Apellido1_Apellido2_InicialNombre, o Apellido1_InicialNombre; conforme la mayor frecuencia obtenida en el análisis de contenido.

Con el análisis de contenido también se documentó para cada artículo científico el país de origen del primer autor, por considerar que en el primer autor recae la mayor parte de la responsabilidad en la redacción y publicación de un artículo científico (Aguado-López *et al.*, 2009). Además, se recurrió a las variables título, resumen y palabras clave para determinar el tema de investigación de cada uno de los textos, para ello se consultó a expertos en el tópico de polinizadores de la Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Yucatán, y Universidad Nacional Autónoma de México.

Para los temas de investigación se definieron siete categorías: 1) Ambiental, se consideraron trabajos que analizaron la asociación de los polinizadores con las plantas y ecosistemas, al igual que temas sobre efectos de cambio climáticos sobre la distribución y frecuencia de los polinizadores; 2) Sanidad (trabajos donde se analizaron plagas y enfermedades que afectan a los polinizadores); 3) Entomología (trabajos que analizaron la morfometría, y descripción zoológica de los polinizadores como su reproducción, desarrollo, y funciones vitales); 4) Nutrición (trabajos donde se estudiaron parámetros sobre la alimentación de los polinizadores); 5) Productividad (en esta categoría se consideraron trabajos donde se analizaron a los polinizadores como proveedores de productos con valor comercial o alimenticio para actividades antropogénicas); 6) Nutracéutica (trabajos donde se analizó la calidad y efectos a la salud humana de los productos donde los polinizadores son responsables directos de su producción); y 7) Social (trabajos que estudiaron la influencia de los polinizadores en las costumbres culturales de núcleos sociales rurales y/o urbanos).

Evolución espacio-temporal de la producción científica sobre polinizadores a nivel mundial

Para determinar el comportamiento de la publicación de artículos científicos sobre polinizadores a nivel mundial, se construyó una gráfica de temporalidad

con la ayuda de las variables año de publicación y número de citas. Para la variable frecuencia de artículos científicos por año, se estimó un modelo de regresión por mínimos cuadrados ordinarios con la finalidad de predecir la tendencia en la frecuencia de las publicaciones (Uyanık y Güler, 2013). También se ubicaron espacialmente los países de origen del primer autor, con la finalidad de conocer dónde se ha desarrollado la investigación sobre polinizadores con mayor frecuencia. Para la representación espacial se recurrió a la herramienta mapas de la hoja de cálculo Excel®. De igual manera se construyó un gráfico con la frecuencia de los temas conforme el país de origen del primer autor.

Productividad científica sobre polinizadores en México

Para el caso de los artículos científicos donde el primer autor fue de México, se recurrió a un análisis de contenido más exhaustivo y se documentaron las variables: institución de adscripción de los autores (para las cuales se buscaron sus códigos postales); nombre cientifico y común de los polinizadores descritos en cada texto por *Phylum* animal; y nombre cientifico y común de las especies vegetales polinizadas por sector productivo. Con la información recopilada y por medio de estadística descriptiva se calculó la mayor frecuencia de los tipos de polinizadores y especies vegetales polinizadas.

Además, se construyó un grafico con la frecuencia en la publicación de artículos científicos y citas bibliográficas por año. De manera análoga se estimó un modelo de regresión por mínimos cuadrados ordinarios y un modelo de series de tiempo de medias móviles (Uyanık y Güler, 2013) con la finalidad de predecir la tendencia de las publicaciones de autores mexicanos sobre el tópico polinizadores. Para el caso de las temáticas desarrolladas por los investigadores mexicanos se analizaron en tres periodos: a) 1986-2000, b) 2001-2010, y c) 2011-2022. Por cada tópico se determinó la frecuencia de publicación en el periodo de análisis y su tasa media de crecimiento anual (TMCA) conforme la metodología descrita por Santillán-Fernández *et al.* (2023).

Con ayuda de la variable código postal se estimaron las coordenadas geográficas en grados sexagesimales (Longitud, Latitud) de las instituciones de adscripción del primer autor de los artículos científicos, para cada institución se determino la frecuencia de textos. Para el caso de instituciones con más de una sede, se respetó cada una de ellas. La representación espacial del número de artículos por institución se efectuó en el paquete geográfico ArcGIS® (ESRI, 2015).

Indicadores bibliométricos de la productividad científica sobre polinizadores en México

Para mostrar la evolución en el número de autores, instituciones y palabras clave documentados en los artículos científicos publicados por autores mexicanos sobre el tópico polinizadores, se construyeron redes de autores, redes de instituciones y redes de palabras clave para cada uno de los periodos de análisis propuestos: a) 1986-2000, b) 2001-2010, y c) 2011-2022. Para la construcción de las redes se recurrió al software Ghephi (Bastian *et al.,* 2009). Finalmente se generaron indicadores bibliométricos de las revistas que publicaron con mayor frecuencia artículos científicos de autores mexicanos sobre el tópico polinizadores; y también se analizaron los artículos científicos de mayor relevancia medido por el número de citas bibliográficas, publicados por autores cuyo país de origen fue México.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución espacio-temporal de la producción científica sobre polinizadores a nivel mundial

De 1986 a 2022 se recopilaron un total de 982 artículos científicos donde el tema principal fue el análisis de los polinizadores. Esta producción dio origen a 26233 citas bibliográficas (Figura 1). El periodo de mayor productividad se presentó de 2011 a 2022 con 867 artículos científicos (88.29% del total), lo que contribuyó a una tendencia exponencial en el crecimiento de las publicaciones ($R^2 = 0.7789$). Nava-Bolaños *et al.* (2022) encontraron que el tema de polinizadores es cada vez más analizado por la comunidad científica, debido al impacto que la disminución de sus poblaciones está teniendo en las actividades de producción de alimentos y servicios ecosistémicos, como consecuencia de los efectos del cambio climático y las propias actividades antropogénicas (Vargas-Guarín y Polanco-Puerta, 2023).

De acuerdo al país de origen del primer autor de los artículos científicos, los 982 textos se originaron en 63 países (Figura 2). El 72.30% de los textos (710) fueron publicados por autores de ocho países: México (316 artículos científicos, lo que representó el 32.18% del total), Estados Unidos de América (USA) (144, 14.66%), Japón (74, 7.54%), Brasil (43, 4.38%), Canadá (38, 3.87%), China (34, 3.46%), Reino Unido (UK) (32, 3.26%), y Alemania (29, 2.95%). Nava-Bolaños *et al.* (2022) documentaron que a nivel mundial Brasil y México concentran la mayor diversidad de polinizadores.

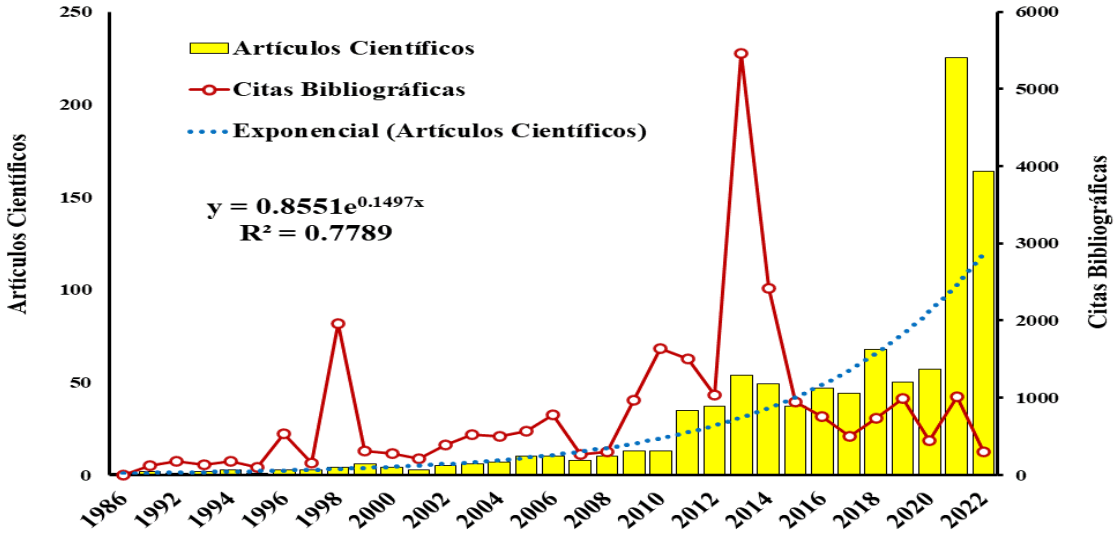

Figura 1. Evolución temporal de la producción científica y citas bibliográficas sobre polinizadores a nivel mundial de 1986 a 2022.

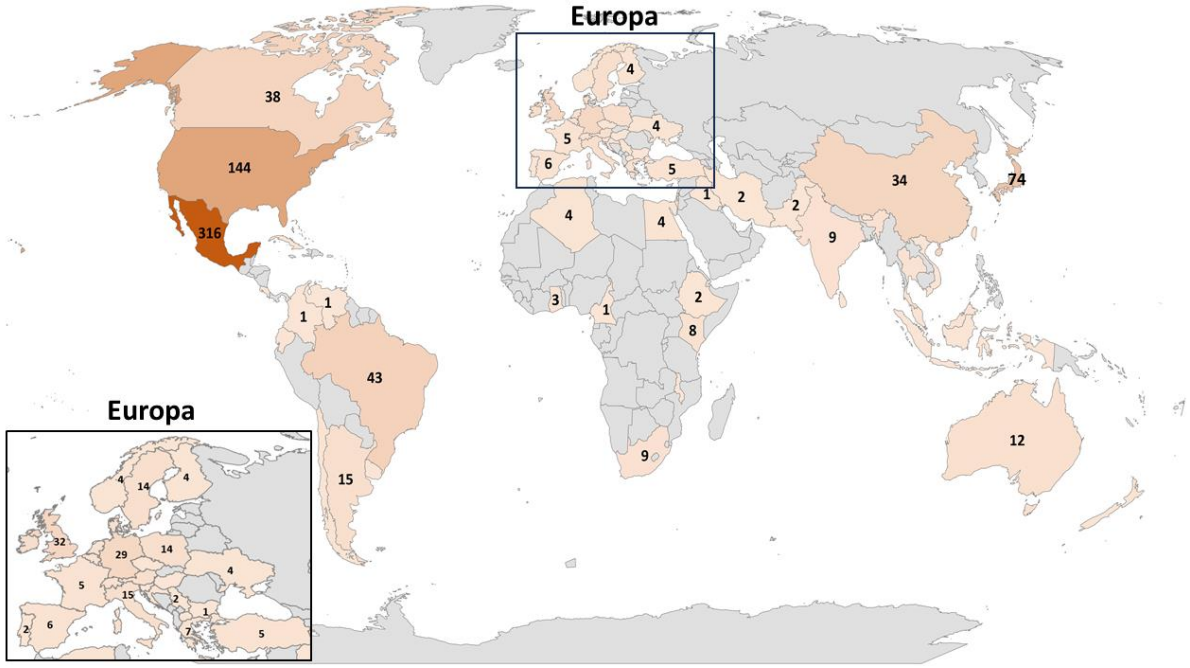

Figura 2. Ubicación espacial a nivel internacional de la productividad de artículos científicos sobre polinizadores de 1986 a 2022.

USA, Brasil y China están considerados como los principales países a nivel mundial con la mayor productividad agrícola, mientras que Reino Unido, Alemania y Francia son los motores agrícolas de Europa (FAOSTAT, 2023). Meléndez *et al.* (2020) encontraron que la disminución de los polinizadores en países con actividad agrícola condiciona su competitividad, debido a ello cada vez es más frecuente que se genere investigación sobre la importancia de los polinizadores en las actividades primarias de producción de alimentos, asi como en la conservación de los ecosistemas (Real-Luna *et al.*, 2022).

En la Figura 3 se observa que 689 textos (70.16%) abordaron temas ambientales donde se analizó la asociación de los polinizadores con las plantas y ecosistemas, asi como los efectos del cambio climáticos sobre su distribución y frecuencia. Vargas-Guarín y Polanco-Puerta (2023) consideran que el aumento en investigaciones sobre polinizadores se ha fortalecido como una medida

para reducir los costos de producción de actividades con valor antropogénico, sobre todo en países con tradición agrícola. Lo que de acuerdo con Nava-Bolaños *et al.* (2022) ha propiciado el desarrollo de nuevas áreas de conocimiento como la sanidad (plagas y enfermedades) y nutrición de los polinizadores.

Productividad científica sobre polinizadores en México

Para el caso de México se documentaron un total de 316 artículos científicos. El modelo de regresión mostró una tendencia exponencial en la publicación de artículos científicos de 1986 a 2022 ($R^2 = 0.8794$). Sin embargo, el modelo de series de tiempo de medias móviles evidenció la existencia de tres periodos importantes en la publicación de los textos: 1986-2000, 2001-2010 y 2011-2022. El periodo de mayor publicación de textos fue de 2011 a 2022 con un total de 211 (66.77%) (Figura 4). De acuerdo con Baena-Díaz *et al.* (2023) el tema de polinizadores ha tomado relevancia entre los investigadores mexicanos, debido a una disminución de sus poblaciones naturales y al consecuente efecto sobre las actividades agrícolas en el país, a lo que se le ha denominado como la crisis de los polinizadores. Además de que México es considerado a nivel mundial como uno de los países con mayor diversidad de polinizadores (Nava-Bolaños *et al.*, 2022).

Los temas de investigación de mayor análisis fueron los asociados a tópicos ambientales (257 textos, 81.33% de total), nutraceútica (15, 4.75%) y productividad (14, 4.43%). Sin embargo, aunque en términos absolutos, el número de publicaciones sobre temas de sanidad (11), nutrición (8) y social (6) son poco relevantes en comparación con el tópico ambiental, los sectores de sanidad (11.03), nutrición (9.25) y social (7.59) tuvieron las mayores TMCA (Tabla 1). Este hecho se explica de acuerdo con Cuevas *et al.* (2021) debido a que, ante la crisis de los polinizadores, se han promovido políticas agrícolas que incentivan su reproducción, por lo que aspectos como su nutrición y sanidad han sido explorados.

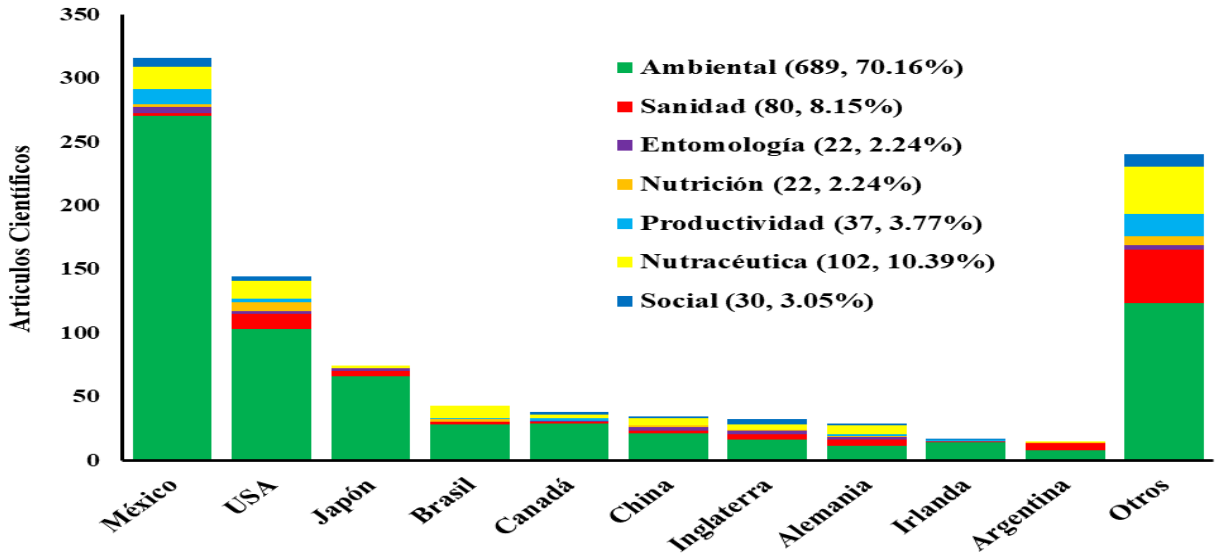

Figura 3. Principales temas de investigación desarrollados en los países con mayor productividad de artículos científicos sobre polinizadores de 1986 a 2022.

Tabla 1. Evolución temporal de la producción científica por temáticas sobre polinizadores en México de 1986 a 2022.

Tema	1986-2000		2001-2010		2011-2022		Total		TMCA (%)	
	Textos	Citas	Textos	Citas	Textos	Citas	Textos	Citas	Textos	Citas
Ambiental	26	3149	64	3869	167	2447	257	9465	5.30	-0.70
Nutraceútica	2	638	2	284	11	270	15	1192	4.85	-2.36
Sanidad	0	0	1	19	10	92	11	111	11.03	7.43
Productividad	1	78	6	355	7	126	14	559	5.55	1.34
Social	0	0	1	40	5	36	6	76	7.59	-0.29
Entomología	0	0	1	8	4	36	5	44	6.50	8.06
Nutrición	0	0	1	26	7	43	8	69	9.25	2.31
Total	29	3865	76	4601	211	3050	316	11516	5.67	-0.66

TMCA: Tasa Media de Crecimiento Anual.

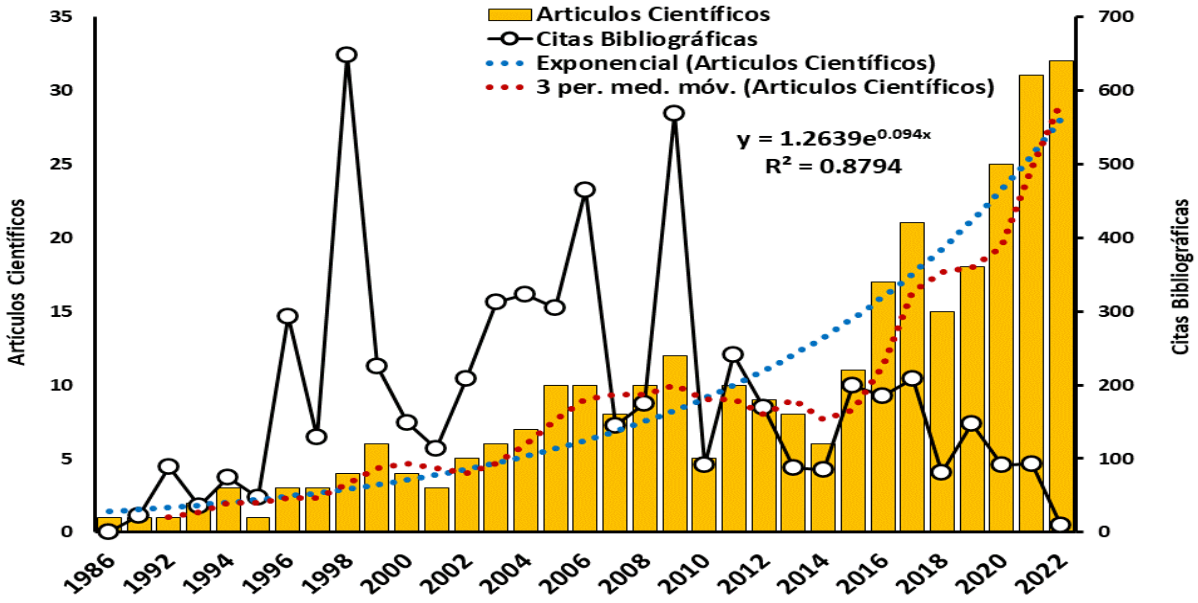

Figura 4. Evolución temporal de la producción científica y citas bibliográficas sobre polinizadores en México de 1986 a 2022. (3 per. med. móv. = 3 periodos de medias móviles).

Respecto a las especies de polinizadores que han sido en mayor frecuencia objeto de estudio, se destacan las abejas como el sector donde mayor investigación se ha generado (201 textos) (Tabla 2). Baena-Díaz *et al.* (2022) encontraron que debido a la importancia económica de los productos y subproductos que de las abejas se obtienen, su investigación se ha incrementado, sobre todo en *Apis mellifera* L. Sin embargo, Tremlett *et al.* (2021) resaltan la importancia de otros polinizadores como reguladores ambientales, y cuyos beneficios en la agricultura han sido poco explorados, dejando un área de oportunidad para el desarrollo de nuevas investigaciones. Entre estas especies destacan el murciélago (Medellín *et al.*, 2018), colibrí (Ocampo-Sandoval *et al.*, 2021), mariposa (Cuevas-Mendieta *et al.*, 2021), e incluso las abejas sin aguijón (Reyes-González *et al.*, 2020).

Las especies vegetales documentadas en los artículos científicos con las que los polinizadores hicieron mayor simbiosis fueron las arbóreas (59 textos), herbáceas (47), y arbustivas (31) (Tabla 3). Basualdo *et al.* (2022) consideran que la investigación sobre las especies vegetales polinizadas se ha centralizado sobre aquellas especies con valor comercial y de uso alimenticio. Sin embargo, Tenorio-Escandón *et al.* (2022) consideran que esta centralización de la investigación sobre especies mayormente agrícolas, frutícolas, hortícolas y agaváceas, abre un vacío de investigación para especies con reciente valor comercial como las forestales, cactáceas e incluso de ornato.

La ubicación espacial de las instituciones de afiliación de los primeros autores de los 316 artículos científicos recopilados para México sobre el tema de polinizadores (Figura 5), permitió identificar una centralización de la investigación lidereada por instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y su sede en Morelia (UNAM_Mor), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), la Universidad de Veracruz en su sede de Xalapa (UV_Xalapa), la Universidad de Guadalajara (UDG) y la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). Sin embargo, también puso de manifiesto un área de oportunidad para el desarrollo de investigación sobre polinizadores en el norte del país donde en menor proporción la sede en Sonora de la UNAM ha estado trabajando; asi como en el sureste donde la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y el Colegio de la Frontera Sur en su sede de Tapachula (ECOSUR_Tap) han lidereado la investigación.

La centralización de la investigación en México ha sido documentada para el sistema agrícola por Santillán-Fernández *et al.* (2021) y para el sistema forestal por Santillán-Fernández *et al.* (2023) quienes coinciden que esta centralización ha imposibilitado la transferencia de tecnología al existir un desface espacial entre las áreas de producción e investigación. Sin embargo, también destacan este hecho como un área de oportunidad para el desarrollo de investigación sobre todo en el sureste de México donde se concentra la mayor diversidad de flora y fauna nacional, y donde también se ubica la mayor diversidad de polinizadores (León-Canul *et al.*, 2023).

Tabla 2. Principales especies de polinizadores en México por *phylum* animal, documentadas en los artículos científicos recopilados de 1986 a 2022.

Phylum Animal	Nombre Común	Nombre Científico	Frecuencia Número	Frecuencia %	Autores
Insectos 72.15%	Europea	*Apis mellifera* L.	92	29.12	Trejo-Salazar *et al.* (2015)
	Meliponas*	*Trigona* spp.	28	8.86	Reyes-González *et al*. (2020)
	Abejorros	*Bombus* spp.	6	1.90	Sachman-Ruiz *et al.* (2015)
	Avispas	*Hymenoptera* spp.	15	4.75	Ruiz-Toledo *et al.* (2020)
	Abeja nativa		13	4.11	Macias-Macias *et al*. (2009)
	Abejas		47	14.87	Ponce-Vejar *et al.* (2022)
	Trips	*Thysanoptera* spp.	4	1.27	Carrillo-Arámbula *et al.* (2022)
	Mosca	*Diptera* spp.	2	0.63	Hernández-Yáñez *et al.* (2013)
	Mariposa	*Lepidoptera* spp.	14	4.43	Cuevas-Mendieta *et al.* (2021)
	Escarabajos	*Coleoptera* spp.	2	0.63	Rosas-Mejía *et al.* (2021)
	Hormiga	*Formicidae* spp.	2	0.63	Philpott *et al.* (2006)
	Insectos		3	0.95	Basualdo *et al.* (2022)
Mamíferos 17.08%	Tlacuache	*Didelphis* spp.	4	1.26	Arreola-Gómez y Mendoza (2020)
	Murciélago	*Chiroptera* spp.	45	14.24	Medellín *et al.* (2018)
	Mamíferos		5	1.58	Valverde *et al.* (2015)
Aves 9.18%	Colibrí	*Trochilidae* spp.	21	6.65	Ocampo-Sandoval *et al.* (2021)
	Aves		8	2.53	Cuevas y Rosas-Guerrero (2016)
Arácnidos 1.59%	Arácnidos	*Arachnida s*pp**.**	5	1.59	Arango *et al.* (2012)
Total			316	100.00	

*Abejas sin aguijón

Tabla 3. Principales especies vegetales polinizadas en México por sector productivo, documentadas en los artículos científicos recopilados de 1986 a 2022.

Sector productivo	Forma biológica	Nombre Común	Nombre Científico	Frecuencia Número	Frecuencia %
Agrícola	Arbusto	Maíz	*Zea mayz* L.	5	1.58
(18, 5.69%)	Arbusto	Sorgo	*Sorghum* spp.	3	0.95
		Cultivos		10	3.16
Forestal	Arbusto	Piñón	*Jatropha* spp.	4	1.27
(67, 21.19%)	Árbol	Caoba	*Swietenia macrophylla* King	6	1.90
	Árbol	Tzalam	*Lysiloma latisiliquum* Benth	3	0.94
	Árbol	Ceiba	*Ceiba pentandra* Gaertn	3	0.94
	Árbol	Cedro	*Cedrela odorata* L.	6	1.90
	Árbol	Ficus	*Ficus* spp.	6	1.90
	Arbusto	Hierba del burro	*Salvia elegans* Vahl	4	1.26
	Árbol	Arrayan	*Psidium sartorianum* Nied	4	1.26
	Árbol	Pino	*Pinus* spp.	7	2.22
	Árbol	Cazahuate	*Ipomoea wolcottiana* Rose	3	0.95
	Arbusto	Chaya	Cnidoscolus aconitifolius Mill	4	1.27
		Arboles		17	5.38
Frutal	Árbol	Aguacate	*Persea americana* Miller	4	1.26
(42, 13.28%)	Arbusto	Café	*Coffea* spp.	10	3.16
	Árbol	Cacao	*Theobroma cacao* L.	6	1.90
	Árbol	Guanábana	*Annona muricata* L.	3	0.95
	Árbol	Mango	*Mangifera* spp.	4	1.26
	Árbol	Banano	*Musa paradisiaca* L.	3	0.95
	Árbol	Pimienta	*Piper nigrum* L.	1	0.32
		Frutales		11	3.48
Hortícola	Herbácea	Tomate	*Solanum lycopersicum* L.	*7*	2.22
(21, 6.65%)	Herbácea	Chile	*Capsicum* spp.	4	1.26
	Herbácea	Calabaza	*Cucurbita* spp.	3	0.95
		Hortalizas		7	2.22

Sector productivo	Forma biológica	Nombre Común	Nombre Científico	Frecuencia Número	Frecuencia %
Cactáceas		Nopal	*Opuntia* spp.	6	1.90
(41, 12.98%)		Xoconostle	*Stenocereus stellatus* Riccob	10	3.16
		Cardón gigante	*Pachycereus pringlei* Watson	4	1.27
		Mamilaria	*Mammillaria* spp.	4	1.27
		Pitayo viejo	*Pilosocereus leucocephalus* Poselg	6	1.90
		Viznaga	*Coryphantha elephantidens* Lem	3	0.95
		Cactus		8	2.53
Orquídea	Herbácea	Vainilla	*Vanilla* spp.	7	2.22
(11, 3.49%)		Orquídea		4	1.27
Agaváceas		Maguey	*Agave tequilana* Weber	24	7.59
(31, 9.81%)		Agave	*Agave* spp.	7	2.22
Ornato	Herbácea	Oreja de burro	*Echeveria gibbiflora* DC.	4	1.27
(24, 7.60%)	Herbácea	Petunia	*Ruellia nudiflora* Hook	3	0.95
	Herbácea	Campanilla	*Penstemon roseus* Sweet	3	0.95
	Herbácea	Bromelia	*Tillandsia heterophylla* Hook	10	3.16
		Ornato		4	1.27
Otros	Herbácea	Toloache	*Datura inoxia* Mill	1	0.32
(14, 4.44%)	Arbustos	Cicadas	*Cycadopsida* spp.	1	0.32
	Tubérculo	Yuca	*Manihot esculenta* Crantz	4	1.27
	Herbácea	Verdolaga	*Kallstroemia rosei* Rydb	5	1.58
	Palmera	Chocho	*Astrocaryum mexicanum* Liebm	3	0.95
Sin especificar (47, 14.87%)				47	14.87
Total				316	100.00

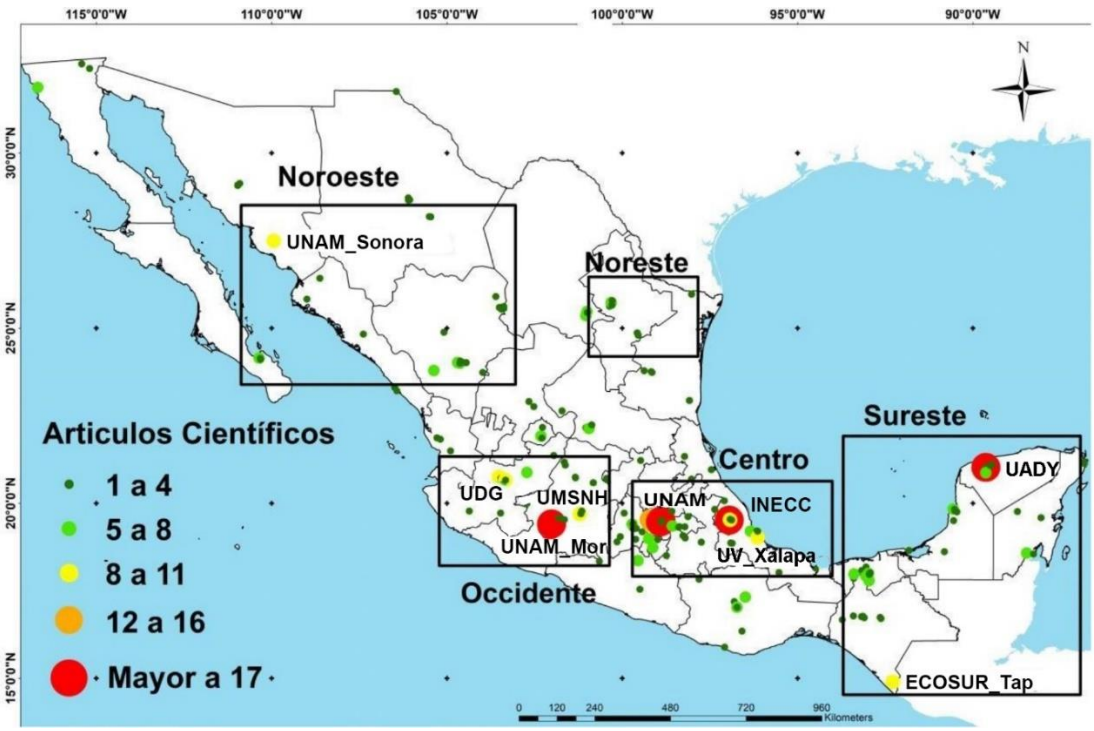

Figura 5. Ubicación de las instituciones en México con productividad de artículos científicos sobre polinizadores de 1986 a 2022.

Indicadores bibliométricos de la productividad científica sobre polinizadores en México

Los 316 artículos científicos analizados fueron publicados en 139 revistas científicas. Un total de 102 textos (32.28%) y 3927 citas bibliográficas (34.11%), se concentraron en 11 revistas científicas (Tabla 4). Los tópicos de investigación recurrentes de estas 11 revistas se asociaron a temas ambientales, y el idioma de publicación fue el inglés (aun cuando no fue la lengua oficial del país de origen donde se editaron). El impacto de las publicaciones en inglés se debe a que los textos tienen mayor probabilidad de difusión, por ser el idioma adoptado como universal por la comunidad científica (Li y Zhao, 2015).

Santillán-Fernández *et al.* (2021) documentaron que la investigación agrícola en México, sigue modas científicas y presenta un fenómeno al que denominaron endogamia académica que consiste en publicar en revistas editadas por las instituciones de los mismos autores y en idioma español, lo que restringe la crítica constructiva internacional. Sin embargo, para el tópico de polinizadores, al parecer el fenómeno descrito por Santillán-Fernández *et al.* (2021) no se presenta, ya que la mayoría de las revistas científicas donde publicaron los autores mexicanos están editadas por países diferentes al de México y están indexadas en el Journal Citation Reports (WoS, 2021).

Los 10 estudios más citados sobre polinizadores, que fueron publicados por autores mexicanos, todos correspondieron al tópico ambiental, fueron publicados en inglés, y en revistas con factor de impacto superior a uno (WoS, 2021) (Tabla 5). Además, cinco tuvieron como objeto de estudio a un polinizador mamífero (murciélago) y tres a las abejas. Este hecho es interesante si se considera que la mayor parte de la investigación sobre polinizadores se ha centrado en especies de abejas (Baena-Díaz *et al.*, 2022); por lo que el análisis de otros polinizadores diferentes a las abejas solo denota la importancia que el tema de polinizadores esta teniendo entre la comunidad científica, ya que se están estudiando otras especies como alternativa para adaptarse al fenómeno de la crisis de los polinizadores (Cuevas *et al.*, 2021). En este sentido los estudios bibliométricos se presentan como una metodología de análisis que permiten identificar áreas prioritarias para el desarrollo de nueva investigación (Santillán-Fernández *et al.*, 2023).

La red de autores por periodos de análisis (Figura 6), mostró un incremento gradual en el número de investigadores que publicaron textos científicos sobre el tema de polinizadores. Este hecho coincide con la creación en 1984 del Sistema Nacional de Investigadores por parte del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT), lo que de acuerdo con Santillán-Fernández *et al.* (2021) ha incentivado la cantidad de publicaciones en el sector agrícola. Sin embargo, solo tres autores mantuvieron una producción constante, lo que implica una especialización sobre el tópico: Eguiarte_LE (Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México), Parra_Tabla_V (Laboratorio de Ecología Terrestre de la Universidad Autónoma de Yucatán), y Quesada_Euan_JJG (Departamento de Apicultura Tropical de la Universidad Autónoma de Yucatán).

Tabla 4. Indicadores bibliométricos de las principales revistas donde publicaron artículos científicos sobre polinizadores los autores de México de 1986 a 2022, ordenadas según el número de artículos publicados.

Revista	País	Editorial	Tópico*	WoS (2021)	Artículos		Citas	
					Número	%	Número	%
AJ_Botany	USA	Wiley	Botánica	3.0	19	6.01	1532	13.30
Botanical Sciences	México	SBM	Botánica	1.4	12	3.80	67	0.58
Biotropica	USA	Wiley	Ecología	2.1	10	3.16	565	4.91
PeerJ_LE	USA	PeerJ	Ecología	2.7	10	3.16	160	1.39
Plant Biology	USA	Wiley	Ecología	3.9	9	2.85	178	1.55
RM_Biodiversidad	México	UNAM	Biodiversidad	0.9	9	2.85	162	1.41
JA_ Environments	USA	Elsevier	Ecología	2.7	8	2.53	336	2.92
Annals of Botany	UK	Oxford	Botánica	4.2	7	2.22	508	4.41
AB_Mexicana	México	INECOL	Ecología	0.8	6	1.90	24	0.21
Apidologie	USA	Springer	Biología	2.4	6	1.90	84	0.73
Oecologia	Alemania	Springer	Ecología	2.7	6	1.90	311	2.70
Otras (128)					214	67.72	7589	65.90
Total					316	100.00	11516	100.00

*Ambiental. WoS: Web of Science; AJ_Botany: American Journal of Botany; PeerJ_LE: PeerJ-Life and Environment; RM_Biodiversidad: Revista Mexicana de Biodiversidad; JA_ Environments: Journal of Arid Environments; AB_Mexicana: Acta Botánica Mexicana; USA: Estados Unidos de América; UK: Reino Unido; SBM: Sociedad Botánica de México.

Tabla 5. Indicadores bibliométricos de los principales artículos científicos sobre polinizadores en México de 1986 a 2022, ordenados según el número de citas bibliográficas.

Primer Autor		Revista			Polinizador	Especie vegetal polinizada
Nombre	Institución	Nombre	WoS (2021)	Citas		
Valiente *et al.* (1996)	UNAM	JT_Ecology	1.4	322	*Chiroptera* spp. (Murciélago)	*Pachycereeae* spp. (Cactus)
Vergara y Badano (2009)	UDLA	AE_Environment	6.6	221	Abejas	*Coffea* spp. (Café)
Eguiarte *et al.* (1992)	UNAM	Heredity	3.8	177	*Coleoptera* spp. (Escarabajo)	*A. mexicanum* Liebm (Chocho)
Mandujano *et al.* (1996)	UNAM	AJ_Botany	3.0	154	*Chiroptera* spp. (Murciélago)	*Opuntia* spp. (Nopal)
Quesada *et al.* (2004)	UNAM-Mor	Biotropica	2.1	151	*Chiroptera* spp. (Murciélago)	*Ceiba* spp. (Ceiba)
Quesada *et al.* (2003)	UNAM-Mor	Oecologia	2.7	129	*Chiroptera* spp. (Murciélago)	*C. pentandra* Gaertn (Ceiba)
Solís *et al.* (2005)	UDLA	C_Biology	6.3	115	Abejas	*Coffea* spp. (Café)
Montes y Eguiarte (2002)	INIFAP_Cel	AJ_Botany	3.0	113	Abejas	*Cucurbita* spp. (Calabaza)
Lara (2006)	UA_Tlax	Ecoscience	1.3	108	*Trochilidae* spp. (Colibrí)	*S. elegans* Vahl (Hierba del burro)
Molina y Eguiarte (2003)	UNAM-Son	AJ_Botany	3.0	103	*Chiroptera* spp. (Murciélago)	Agavaceae spp. (Agave)

JT_Ecology: Journal of Tropical Ecology; AJ_Botany: American Journal of Botany; C_Biology: Conservation Biology; AE_ Environment: Agriculture, Ecosystems & Environment; UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México; UNAM-Mor: Universidad Nacional Autónoma de México sede Morelia; INIFAP_Cel: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agricolas y Pecuarias sede Celaya; UDLA: Universidad de las Américas; UA_Tlax: Universidad Autónoma de Tlaxcala; UNAM-Son: Universidad Nacional Autónoma de México sede Sonora

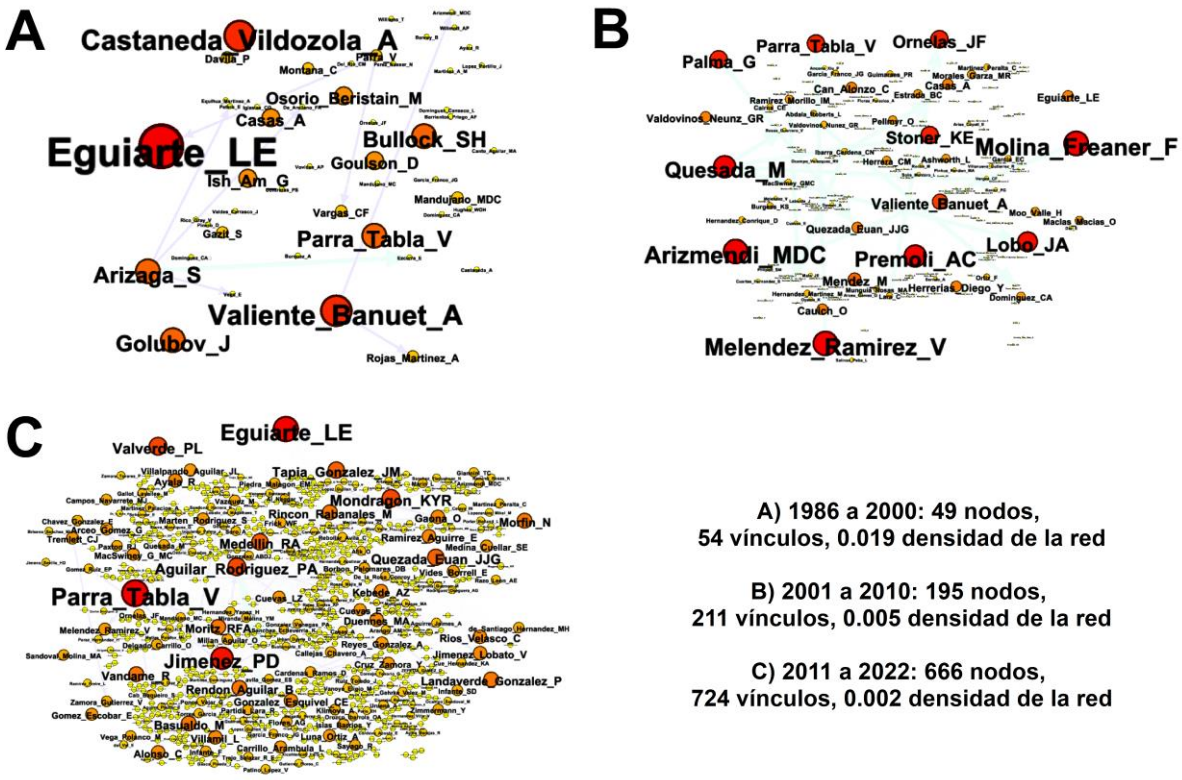

Figura 6. Redes de autores de México por período de análisis, que publicaron artículos científicos sobre polinizadores. Cada nodo representa un autor, y el tamaño del nodo corresponde con su productividad. Los vínculos se refieren a las conexiones entre autores.

En el caso de Parra_Tabla_V y Quesada_Euan_JJG su institución de adscripción se ubica espacialmente en el sureste de México, y han centrado su investigación sobre especies de abejas, un hecho relevante si se considera que la península de Yucatán es la principal región productora de miel en México (SIAP, 2023). Respecto a la densidad de red, esta disminuyó conforme el número de autores se incrementó, lo que

sugiere la formación de nuevos grupos de investigación que motivan la no circularidad en los temas de investigación, y excluyen la endogamia académica, mejorando la calidad en las publicaciones (Santillán-Fernández *et al*., 2023).

La red de instituciones al igual que la red de autores mostro un crecimiento gradual (Figura 7). Sin embargo, a diferencia de la red de autores donde no se detectó un autor referido, en la red de instituciones, la investigación sobre polinizadores al parecer se origina en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y paulatinamente se fue extendiendo a otras instituciones de México. De esta manera para el primer periodo de análisis (1986-2000) la UNAM mantuvo mayor colaboración con sus sedes en Morelia (UNAM_Mor) y Sonora (UNAM_Sonora); para el segundo periodo (2000-2010) agrega a su red de colaboración a la UADY en Yucatán, y en el tercer periodo (2011-2022) incrementa sus colaboraciones con instituciones como INECC, y UV_Xalapa en Veracruz, y ECOSUR_Tap en Chiapas. De acuerdo con Moreno-Ortiz (2023) cuando una institución es referencia en algún tópico de investigación, se debe en gran medida a la especialización de su capital humano, y a la infraestructura con la que dispone, lo que le permite incidir en áreas de estudios distantes a su ubicación, por medio de colaboraciones con instituciones ubicadas en esas regiones.

Finalmente, la diversificación de los conceptos referidos como palabras clave en los 316 textos analizados (Figura 8), refleja la importancia del tópico de polinizadores entre la comunidad científica. Sin embargo, resalta el hecho de que la palabra clave *Apis mellifera* se mantuvo constante en los tres periodos de análisis, lo que sugiere una mayor investigación sobre dicha especie, y que de acuerdo con Tremlett *et al.* (2021) abre la posibilidad de ampliar los estudios sobre otras especies de polinizadores. En virtud de ello, en las redes de palabras clave para los periodos 2000-2010 y 2011-2022 comienzan a surgir como conceptos clave, nombres científicos y comunes de otros polinizadores e incluso de especies vegetales con reciente valor comercial.

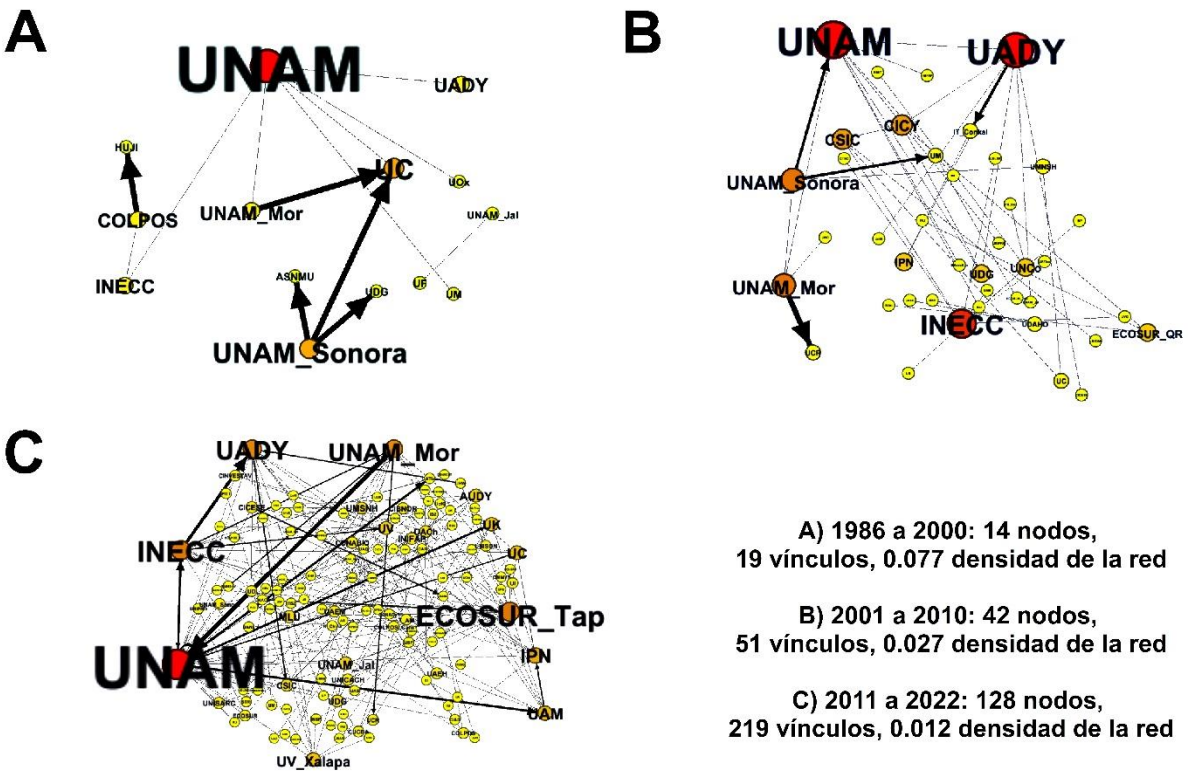

Figura 7. Redes de instituciones de México por período de análisis, que publicaron artículos científicos sobre polinizadores. Cada nodo representa una institución, y el tamaño del nodo corresponde con su productividad. Los vínculos se refieren a las conexiones entre instituciones.

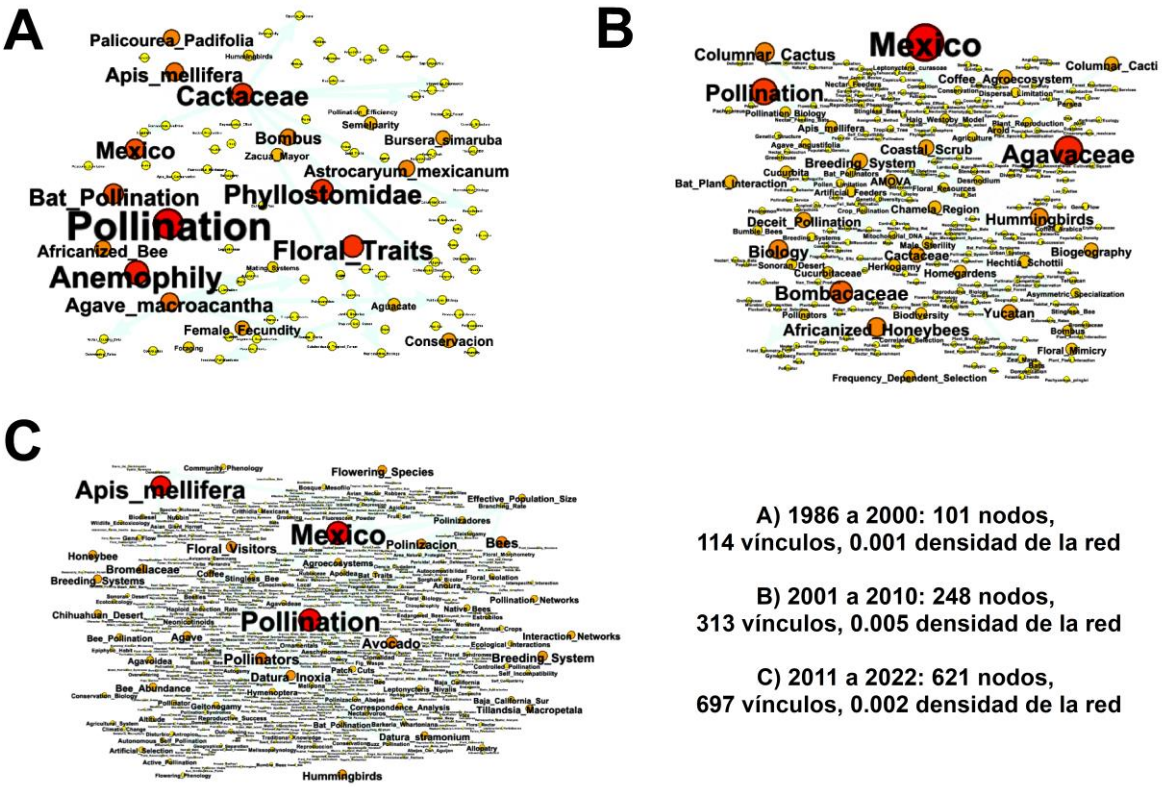

Figura 8. Redes de palabras clave por período de análisis, que se documentaron en los artículos científicos sobre polinizadores. Cada nodo representa una palabra clave, y el tamaño del nodo corresponde con su frecuencia. Los vínculos se refieren a las conexiones entre palabras clave.

CONCLUSIONES

La productividad científica sobre polinizadores a nivel mundial, mostró un crecimiento exponencial de 1986 a 2022 con un total de 982 textos, sostenido principalmente por ocho países: México (316), USA (144), Japón (74), Brasil (43), Canadá (38), China (34), Reino Unido (32), y Alemania (29), considerados a nivel mundial como los países con mayor productividad agrícola. Para el caso de México y Brasil están considerados además como los países con mayor diversidad de polinizadores. La mayor frecuencia de textos se registró para el tópico ambiental donde se analizó la asociación de los polinizadores con las plantas y ecosistemas, asi como los efectos del cambio climático sobre su distribución y frecuencia, lo que deja un área de oportunidad para temas asociados con la productividad, sanidad, y nutrición de los polinizadores sobre todo ante el contexto de la crisis de los polinizadores, que ha reducido sus poblaciones, y generado impactos económicos negativos a las actividades antropogénicas.

Para el caso de México se documentó una centralización de la investigación coordinada por la Universidad Nacional Autónoma de México, quien durante el periodo 1986-2022 amplió su red de investigación a otras instituciones como sus sedes en Morelia (UNAM_Mor) y Sonora (UNAM_Sonora) (1986-2000), UADY en Yucatán (2001-2010), INECC, y UV_Xalapa en Veracruz, y ECOSUR_Tap en Chiapas (2011-2022). También se identificó un área potencial para el desarrollo de investigación en el sureste de México, considerada como la región con mayor diversidad de polinizadores. Además de que la investigación sobre polinizadores por autores mexicanos fue en mayor frecuencia sobre especies de abejas, lo que abre un área de oportunidad para generar mayor investigación sobre otras especies de polinizadores como los murciélagos, colibrís, mariposas, y arácnidos; y en temas asociados a la sanidad y nutrición de abejas.

De igual forma se documentó que las especies vegetales con las que los polinizadores hicieron mayor interacción fueron aquellas con valor comercial y de uso alimenticio mayormente agrícolas, frutícolas, hortícolas y agaváceas, lo que nuevamente abre un área de oportunidad para generar investigación sobre especies con reciente valor comercial como las forestales, cactáceas e incluso de ornato. Respecto a los autores, se encontró la formación de nuevos grupos de investigación que

motivan la no circularidad en los temas de investigación, y excluyen la endogamia académica, mejorando la calidad en las publicaciones, lo que ha provocado que para el tópico de polinizadores los investigadores mexicanos publiquen en inglés y en revistas con alto factor de impacto.

Finalmente, las técnicas bibliométricas mostraron ser una buena metodología para la identificación de áreas de oportunidad para el desarrollo de nuevo conocimiento en torno al tópico de polinizadores. Sin embargo, se debe considerar el carácter teórico de los hallazgos de este estudio bibliométrico como una manera de ampliar el estado del arte, por lo que se sugiere que estudios posteriores se centren en la aplicación práctica de los hallazgos científicos sobre todo para la región sureste de México, ampliando la gama de análisis para especies de polinizadores y especies vegetales polinizadas.

Agradecimientos. A Sandra Sugey Castañeda Alonso y Arlette Guadalupe Quen Pan por su apoyo en el análisis de contenido de los artículos científicos.

Funding. This research was funded through the project "Spatio-temporal analysis of scientific information for determining priority research areas on pollinators in Mexico," approved in the 2023-02 Call for proposals supporting research projects aimed at strengthening the National Strategy for Conservation and Sustainable Use of Pollinators (ENCUSP), under key CONV_ENCUSP_2023_02.

Conflicts of Interest. The authors declare no conflicts of interest.

Ethical Standards Compliance. Not applicable.

Data Availability. The data is available from Alberto Santillán-Fernández at satillan.alberto@colpos.mx upon reasonable request.

Author Contributions (CRediT). A. Santillán-Fernández: funding acquisition, conceptualization, methodology, formal analysis, and writing- original draft. **B.N. Santés-Juárez**: writing-review and editing, formal analysis. **J. Bautista-Ortega**: formal analysis and writing-review and editng. **H.J. Loeza-Concha:** methodology and data curation. **J.E. Vera-López:** methodology and writing-review and editing. **M.A. Carmona-Arellano:** methodology and writing-review. **I. Vázquez-González:** conceptualization, methodology, and data curation. **A.E. Tadeo-Noble:** conceptualization, formal analysis, and writng – review and editing.

REFERENCES

Aguado-López, E., Rogel-Salazar, R., Garduño-Oropeza, G., Becerril-García, A., Zúñiga-Roca, M. F. and Velázquez-Álvarez, A., 2009. Patrones de colaboración científica a partir de redes de coautoría. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 16, pp. 225-258. https://www.redalyc.org/pdf/105/10512244010.pdf

Arango, A. M., López-Portillo, J., Parra-Tabla, V., Hernández-Salazar, L. T., Morales-Mávil, J. E. and Rico-Gray, V., 2012. Effect of the spider *Peucetia viridans* (Oxyopidae) on floral visitors and seed set of *Cnidoscolus multilobus* (Euphorbiaceae). *Acta Botánica Mexicana*, 100, pp. 1-14. https://doi.org/10.21829/abm100.2012.29

Arizmendi, C., 2009. La crisis de los polinizadores. *Biodiversitas*, 85, pp. 1-5. https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Coro-2009.pdf

Arreola-Gómez, R. and Mendoza, E., 2020. Marsupial visitation to the inflorescences of the endemic *Agave cupreata* in western Mexico. *Western North American Naturalist*, 80(4), pp. 563-568. https://doi.org/10.3398/064.080.0417

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

Baena-Díaz, F., Chévez, E., Ruiz de la Merced, F. and Porter-Bolland, L., 2022. *Apis mellifera* in Mexico: honey production, melliferous flora and pollination aspects. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), pp. 525-548. https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5960

Bastian, M., Heymann, S. and Jacomy, M., 2009. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. *Proceedings of the International AAAI Conference on Web and Social Media*, 3(1), pp. 361-362. https://doi.org/10.1609/icwsm.v3i1.13937

Basualdo, M., Cavigliasso, P., de Avila Jr., R. S., Aldea-Sánchez, P., Correa-Benítez, A.,

Harms, J. M., Ramos, A. K., Rojas-Bravo, V. and Salvarrey, S., 2022. Current status and economic value of insect-pollinated dependent crops in Latin America. *Ecological Economics*, 196, pp. 107395. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107395

Carrillo-Arámbula, L., Infante, F., Cavalleri, A., Gómez, J., Ortiz, J. A., Fanson, B. G. and González, F. J., 2022. Colored sticky traps for monitoring phytophagous thrips (*Thysanoptera*) in mango agroecosystems, and their impact on beneficial insects. *Plos One*, 17(11), pp. e0276865. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276865

Chao, C. C., Yang, J. M. and Jen, W. Y., 2007. Determining technology trends and forecasts of RFID by a historical review and bibliometric analysis from 1991 to 2005. *Technovation*, 27(5), pp. 268-279. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.09.003

Costas, R. and Bordons, M., 2007. Algoritmos para solventar la falta de normalización de nombres de autor en los estudios bibliométricos. *Investigación Bibliotecológica*, 21(42), pp. 13-32. https://www.scielo.org.mx/pdf/ib/v21n42/v21n42a2.pdf

Cuevas, E. and Rosas-Guerrero, V., 2016. Spatio-temporal variation of nectar robbing in *Salvia gesneriflora* and its effects on nectar production and legitimate visitors. *Plant Biology*, 18(1), pp. 9-14. https://doi.org/10.1111/plb.12311

Cuevas, E., Blancas, J., Caballero, J., Hinojosa-Díaz, I. A. and Martínez-Ballesté, A., 2021. Agricultural management and local knowledge: key factors for the conservation of socio-ecosystems in the face of the pollinator world crisis. *Botanical Sciences*, 99(2), pp. 305-320. https://doi.org/10.17129/botsci.2659

Cuevas-Mendieta, E., García-Frapolli, E. and del-Val, E., 2021. Diversity and local perception of lepidopterans in secondary tropical dry forests: Implications for management. *Forest Ecology and Management*, 482, pp. 118815. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118815

Decourtye, A., Alaux, C., Le Conte, Y. and Henry, M., 2019. Toward the protection of bees and pollination under global change: present and future perspectives in a challenging applied science. *Current Opinion in Insect Science*, 35, pp. 123-131. https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.07.008

Eguiarte, L. E., Pérez-Nasser, N. and Piñero, D., 1992. Genetic structure, outcrossing rate and heterosis in Astrocaryum mexicanum (tropical palm): implications for evolution and conservation. *Heredity*, 69(3), pp. 217-228. https://doi.org/10.1038/hdy.1992.119

ESRI., 2015. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS (Versión 10.3) Software de procesamiento digital de imágenes satelitales. Redlands, CA, USA. Disponible en http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop Consultado el 15 de agosto 2023.

FAOSTAT., 2023. Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación. Valor de la producción agrícola. Disponible en https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV Consultado el 20 de diciembre 2023.

Hernández-Yáñez, H., Lara-Rodriguez, N., Díaz-Castelazo, C., Dáttilo, W. and Rico-Gray, V., 2013. Understanding the Complex Structure of a Plant-Floral Visitor Network from Different Perspectives in Coastal Veracruz, Mexico. *Sociobiology*, 60(3), pp. 329–336. https://doi.org/10.13102/sociobiology.v60i3.329-336

Lara, C., 2006. Temporal dynamics of flower use by hummingbirds in a highland temperate forest in Mexico. *Ecoscience*, 13, pp. 23-29. https://doi.org/10.2980/1195-6860(2006)13[23:TDOFUB]2.0.CO;2

Leipold, S., 2014. Creating forests with words−A review of forest-related discourse studies. *Forest Policy Economics*, 40, pp. 12-20. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.12.005

León-Canul, R. A., Chalé-Dzul, J. B., Vargas-Díaz, A. A., Ortiz-Díaz, J. J., Durán-Escalante, K. C., Carrillo-Ávila, E. and Santillán-Fernández, A., 2023. Identification of Floral Resources Used by the Stingless Bee *Melipona beecheii* for Honey Production in Different Regions of the State of Campeche, Mexico. *Diversity*, 15(12), pp. 1218. https://doi.org/10.3390/d15121218

Li, W. and Zhao, Y., 2015. Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, pp. 158-166. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.012

Liu, W., Wang, J., Li, C., Chen, B. and Sun, Y., 2019. Using bibliometric analysis to understand the recent progress in agroecosystem services research. *Ecological Economics*, 156, pp. 293-305. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.001

Luccâs N, dos Santos C. L. A. and Furlanetti, A. C., 2021. Abelhas polinizadoras, agricultura sustentável e segurança alimentar no brasil: refletindo os ods 2 à luz da ciência pós-normal. *Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade*, 1(6), pp. 79-104. https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/136

Macias-Macias, O., Chuc, J., Ancona-Xiu, P., Cauich, O. and 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), pp. 456-465. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2009.01399.x

Mandujano, M. D. C., Montaña, C. and Eguiarte, L. E., 1996. Reproductive ecology and inbreeding depression in *Opuntia rastrera* (Cactaceae) in the Chihuahuan Desert: why are sexually derived recruitments so rare?. *American Journal of Botany*, 83(1), pp. 63-70. https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1996.tb13875.x

Martínez-Santiago, S. Y., Alvarado-Segura, A. A., Zamudio-Sánchez, F. J. and Cristóbal-Acevedo, D., 2017. Análisis espacio-temporal de la modelación forestal en México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(1), pp. 5-22. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2016.01.003

Medellín, R. A., Rivero, M., Ibarra, A., de la Torre, J. A., González-Terrazas, T. P., Torres-Knoop, L. and Tschapka, M., 2018. Follow me: foraging distances of *Leptonycteris yerbabuenae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Sonora determined by fluorescent powder. *Journal of Mammalogy*, 99(2), pp. 306-311. https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy016

Meléndez, V., Santos, J. B. C. and Salas, C. I. S., 2020. Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Bioagrociencias*, 13(2), pp. 1-11. http://dx.doi.org/10.56369/BAC.3558

Molina, F. and 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), pp. 1016-1024. https://doi.org/10.3732/ajb.90.7.1016

Montes, S. and Eguiarte, L. E., 2002. Genetic structure and indirect estimates of gene flow in three taxa of Cucurbita (Cucurbitaceae) in western Mexico. *American Journal of Botany*, 89(7), pp. 1156-1163. https://doi.org/10.3732/ajb.89.7.1156

Moreno-Ortiz, A. L., 2023. Importancia de la Actividad Agrícola y la Innovación Social en los Centros Públicos de Investigación: Un Análisis Bibliométrico. *Scientia et PRAXIS*, 3(05), pp. 1-33. https://doi.org/10.55965/setp.3.05.a1

Nava-Bolaños, A., Osorio-Olvera, L. and Soberón, J., 2022. Estado del arte del conocimiento de biodiversidad de los polinizadores de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93, pp. e933948 https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3948

Ocampo-Sandoval, M., Arizmendi-Arriaga, M. D. C., Olson, M. E. and Sánchez-González, L. A., 2021. Geographical variation in the bill–flower fit in a plant–pollinator

interaction in western Mexico. *Biotropica*, 53(4), pp. 1203-1212. https://doi.org/10.1111/btp.12962

Oliveira, W., Silva, J. L., Porto, R. G., Cruz-Neto, O., Tabarelli, M., Viana, B. F., Peres, C. A. and Lopes, A. V., 2020. Plant and pollination blindness: Risky business for human food security. *BioScience*, 70(2), pp. 109-110. https://doi.org/10.1093/biosci/biz139

Peng, S. B., 2017. Booming research on rice physiology and management in China: A bibliometric analysis based on three major agronomic journals. *Journal of Integrative Agriculture*, 16, pp. 2726-2735. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61804-5

Philpott, S. M., Uno, S. and Maldonado, J., 2006. The importance of ants and high-shade management to coffee pollination and fruit weight in Chiapas, Mexico. *Arthropod Diversity and Conservation*, 15(1), pp. 473-487. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5204-0_29

Ponce, P., 2016. Biología de insectos polinizadores en palma aceitera y sus híbridos interespecíficos (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *Revista Palmas*, 37, pp. 281-284. https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11911/11904

Ponce-Vejar, G., Ramos de Robles, S. L., Macias-Macias, J. O., Petukhova, T. and Guzman-Novoa, E., 2022. Detection and concentration of neonicotinoids and other pesticides in honey from honey bee colonies located in regions that differ in agricultural practices: implications for human and bee health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), pp. 8199. https://doi.org/10.3390/ijerph19138199

Potts, S. G., Neumann, P., Vaissière, B. and Vereecken, N. J., 2018. Robotic bees for crop pollination: Why drones cannot replace biodiversity. *Science of the Total Environment*, 642, pp. 665-667. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.114

Quesada, M., Stoner, K. E., Lobo, J. A., Herrerias-Diego, Y., Palacios-Guevara, C., Munguía-Rosas, M. A., Salazar, K. and Rosas-Guerrero, V., 2004. Effects of Forest Fragmentation on Pollinator Activity and Consequences for Plant Reproductive Success and Mating Patterns in Bat-pollinated Bombacaceous Trees. *Biotropica*, 36(2), pp. 131-138. https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2004.tb00305.x

Quesada, M., Stoner, K. E., Rosas-Guerrero, V., Palacios-Guevara, C. and 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, pp. 400-406. https://doi.org/10.1007/s00442-003-1234-3

Raderschall, C. A., Bommarco, R., Lindström, S. A. and Lundin, O., 2021. Landscape crop diversity and semi-natural habitat affect crop pollinators, pollination benefit and yield. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 306, pp. 107189. https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107189

Real-Luna, N., Rivera-Hernández, J. E., Alcántara-Salinas, G., Rojas-Malavasi, G., Morales-Vargas, A. P. and Pérez-Sato, J. A., 2022. Las abejas sin aguijón (Tribu Meliponini) en los agroecosistemas de América Latina. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), pp. 331-344. https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2866

Reyes-González, A., Camou-Guerrero, A., Del-Val, E., Ramírez, M. I. and Porter-Bolland, L., 2020. Biocultural diversity loss: The decline of native stingless bees (Apidae: Meliponini) and local ecological knowledge in Michoacán, Western México. *Human Ecology*, 48(4), pp. 411-422. https://doi.org/10.1007/s10745-020-00167-z

Rosas-Mejía, M., Vanoye-Eligio, V. and De La Rosa-Manzano, E., 2021. Coleoptera and Hymenoptera associated with orchids at El Cielo, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 45(4), pp. 1153-1156. https://doi.org/10.3958/059.045.0430

Ruiz-Toledo, J., Vandame, R., Penilla-Navarro, P.,

Gómez, J. and Sánchez, D., 2020. Seasonal abundance and diversity of native bees in a patchy agricultural landscape in Southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 292, pp. 106807. https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106807

Sachman-Ruiz, B., Narváez-Padilla, V. and Reynaud, E., 2015. Commercial *Bombus impatiens* as reservoirs of emerging infectious diseases in central México. *Biological Invasions*, 17, pp. 2043–2053. https://doi.org/10.1007/s10530-015-0859-6

Sandoz, M. A. M., 2016. Efectos del cambio climático sobre la polinización y la producción agrícola en América Tropical. *Ingeniería Revista de la Universidad de Costa Rica*, 26(1), pp. 11-20. https://doi.org/10.15517/JTE.V26I1.25272

Santillán-Fernández, A., Salinas-Moreno, Y., Valdez-Lazalde, J. R. and Pereira-Lorenzo, S., 2021. Spatial-temporal evolution of scientific production about genetically modified maize. *Agriculture* 11(3), pp. 246. https://doi.org/10.3390/agriculture11030246

Santillán-Fernández, A., Vásquez-Bautista, N., Pelcastre-Ruiz, L. M., Ortigoza-García, C. A., Padilla-Herrera, E., Tadeo-Noble, A. E., Carrillo-Ávila, E., Juárez-López, J. F., Vera-López, J. E. and Bautista-Ortega, J., 2023. Bibliometric Analysis of Forestry Research in Mexico Published by Mexican Journals. *Forests*, 14, pp. 648. https://doi.org/10.3390/f14030648

Schatz, B., Maxime, D., Mickael, H., Benoît, G., Fabrice, A., Colette, S., Maxence, G. and Denis, M., 2021. Pollinator conservation in the context of global changes with a focus on France and Belgium. *Acta Oecologica*, 112, pp. 103765. https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103765

SIAP., 2023. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Datos abiertos. Estadística de Producción Ganadera. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_p.php Consultado el 07 de marzo de 2024.

Singh, P., Gargi, B., Semwal, P. and Tripathi, V., 2023. Global trends, research progress and knowledge mapping of plant–pollinator interactions through bibliometric analysis (1984 to 2023). *Biodiversity*, 24(4), pp. 200-211. https://doi.org/10.1080/14888386.2023.2258836

Solís, L., Flores-Palacios, A. and Cruz-Angón, A., 2005. Shade-coffee plantations as refuges for tropical wild orchids in central Veracruz, Mexico. *Conservation Biology*, 19(3), pp. 908-916. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00482.x

Tauber, J. P., Collins, W. R., Schwarz, R. S., Chen, Y., Grubbs, K., Huang, Q., López, D., Peterson, R. and Evans, J. D., 2019. Natural product medicines for honey bees: Perspective and protocols. *Insects*, 10(10), pp. 356. https://doi.org/10.3390/insects10100356

Tenorio-Escandón, P., Ramírez-Hernández, A., Flores, J., Juan-Vicedo, J. and Martínez-Falcón, A. P., 2022. A systematic review on Opuntia (Cactaceae; Opuntioideae) flower-visiting Insects in the world with emphasis on Mexico: Implications for biodiversity conservation. *Plants*, 11(1), pp. 131. https://doi.org/10.3390/plants11010131

Torre, R. D. L., 2014. Los newagers: el efecto colibrí. Artífices de menús especializados, tejedores de circuitos en la red, y polinizadores de culturas híbridas. *Religião & Sociedade*, 34, pp. 36-64. https://doi.org/10.1590/S1984-04382014000200003

Trejo-Salazar, R. E., Scheinvar, E. and Eguiarte, L. E., 2015. ¿Quién poliniza realmente los agaves? Diversidad de visitantes florales en 3 especies de Agave (Agavoideae: Asparagaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(2), pp. 358-369. https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.007

Tremlett, C. J., Peh, K. S. H., Zamora-Gutiérrez, V. and Schaafsma, M. 2021. Value and benefit distribution of pollination services provided by bats in the production of cactus fruits in central Mexico. *Ecosystem Services*, 47, pp. 101197. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101197

Uyanık, G. K. and Güler, N., 2013. A study on multiple linear regression analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 106, pp. 234-240. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.027

Valiente, A., Arizmendi, M. D. C., Rojas-Martínez, A. and Domínguez-Canseco, L., 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 12(1), pp. 103-119. https://doi.org/10.1017/S0266467400009330

Valverde, P. L., Jiménez-Sierra, C., López-Ortega, G., Zavala-Hurtado, J. A., Rivas-Arancibia, S., Rendón-Aguilar, B., Pérez-Hernández, M. A., Cornejo-Romero, A. and Carrillo-Ruiz, H., 2015. Floral morphometry, anthesis, and pollination success of Mammillaria pectinifera (Cactaceae), a rare and threatened endemic species of Central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 116, pp. 29-32. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.01.016

Vargas-Guarín, A. and Polanco-Puerta, M. F., 2023. Acciones antropogénicas y su incidencia sobre el declive de poblaciones de polinizadores (abejas nativas) en agroecosistemas cafeteros. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(3), pp. e3042. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num3_art:3042

Vergara, C. H. and Badano, E. I., 2009. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129(1-3), pp. 117-123. https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.08.001

WoS., 2021. Web of Science. Journal Citation Reports. Disponible en https://guiasbib.upo.es/webofscience/jcr Consultado el 17 de enero de 2024

Ziegler, C., Sinigaglia, T., Martins, M. E. S. and Souza, A. M., 2021. Technological advances to reduce *Apis mellifera* mortality: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 13(15), pp. 8305. https://doi.org/10.3390/su13158305