

Una revisión pertinente en momentos de pérdida de biodiversidad: estado actual y vacíos de conocimiento en abejas (Hymenoptera: Apoidea) en Colombia.

A Relevant Review in Times of Loss of Biodiversity: Current Status and Knowledge Gaps in Bees (Hymenoptera: Apoidea) in Colombia

Angela M. Cortés-Gómez¹, Gabriel I. Rico-Aristizábal², Angela R. Amarillo-Suarez³

- Recibido: 12/Apr/2022
- Aceptado: 13/Oct/2022
- Publicación en línea: 02/May/2023

Citación: Cortés-Gómez A.M., Rico-Aristizábal G.I., Amarillo-Suarez AR. 2023. Una revisión pertinente en momentos de pérdida de biodiversidad: estado actual y vacíos de conocimiento en abejas (Hymenoptera: Apoidea) en Colombia. 45(2):364-376. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n2.101252>

RESUMEN

La acelerada pérdida de diversidad de especies de abejas pone en peligro muchas de las funciones y servicios ecosistémicos en los que ellas participan. Colombia no es ajena a esta problemática, por lo cual se realizó una revisión bibliográfica que analiza el estado del conocimiento de las abejas, en diferentes temas, en el país. Para ello, se revisaron, clasificaron y analizaron las publicaciones sobre abejas en Colombia en nueve bases de datos bibliográficas, entre los años 1927 y 2020, encontrándose 277 estudios. El año que mostró mayor producción de estudios fue 2016. En general, la mayoría de los artículos fueron publicados por investigadores afiliados a la Universidad Nacional de Colombia (130). Los temas más estudiados han sido taxonomía con 73 publicaciones y apicultura con 64, la mayoría realizados en la especie exótica *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758). El monitoreo de especies, biogeografía, ecología funcional y evolutiva de las abejas nativas, son áreas que sin duda requieren más estudios, permitiendo comprender las respuestas ecológicas y evolutivas de estos organismos clave, y cómo y en qué grado están siendo afectadas por diversos procesos de transformación antropogénicos. Este conocimiento además es indispensable para generar acciones que prevengan o mitiguen la pérdida de diversidad de las abejas y la disminución de funciones y servicios ecológicos claves para la humanidad como la polinización.

Palabras clave: Apidae, Colombia, especies nativas, funciones ecosistémicas, polinización.

¹ Doctorado en Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Colombia. amcortesbiol@gmail.com

² Carrera de Ecología, Pontificia Universidad Javeriana.

³ Profesor Titular. Departamento de Ecología y Territorio, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Colombia.

* Autor para correspondencia.



ABSTRACT

The accelerated loss of bee species diversity endangers many of the ecosystem functions and services in which they participate. Colombia is not an exception to this problem, for which a bibliographic review was carried out that analyzes the state of knowledge of bees in different topics in the country. To do this, publications on bees in Colombia were reviewed, classified, and analyzed in nine bibliographic databases, between the years 1927 and 2020, finding 277 studies. The year that showed the highest production of studies was 2016. Most of the articles were published by researchers affiliated with the National University of Colombia with 130. The most studied topics have been taxonomy with 73 publications and beekeeping with 64, most of them carried out on the exotic species *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758). The monitoring of species, biogeography, and functional and evolutionary ecology of native bees, are areas that undoubtedly require more studies, allowing us to understand the ecological and evolutionary responses of these key organisms, and how and to what degree they are being affected by various anthropogenic transformation processes. This knowledge is also essential to generate actions that prevent or mitigate the loss of bee diversity and the reduction of key ecological functions and services for humanity, such as pollination.

Keywords: Apidae, Colombia, ecosystem functions, native species, pollination.

INTRODUCCIÓN

Las abejas son de gran importancia tanto para los ecosistemas como para los seres humanos, debido a su alta eficiencia en la polinización, constituyéndose en las principales polinizadoras de plantas silvestres y cultivos (Matias *et al.* 2017, Ramos-Fabiel *et al.* 2018). Así mismo, prestan otros servicios ecosistémicos como de provisión de alimento a través de la miel y el polen, y producción de compuestos para fabricación de medicinas; también brindan servicios de regulación a través de la polinización, control biológico y dispersión de semillas, y servicios culturales al ser usados por comunidades tradicionales y hacer parte de su religión (Matias *et al.* 2017, Elizalde *et al.* 2020).

A pesar de esta gran importancia al aportar en diferentes funciones y procesos vitales para el mantenimiento de los ecosistemas y la humanidad, las abejas junto con gran cantidad de insectos están enfrentando un declive poblacional debido en gran parte a la pérdida de hábitat, contaminación y cambio climático (Sánchez-Bayo y Wyckhuys 2019). En las últimas décadas, se han mostrado rápidos descensos en su diversidad y abundancia, al punto que entre el 2006 y el 2016 se recolectaron y registraron 25% menos especies de abejas a nivel mundial (Zattara y Aizen 2021).

Esta disminución ha sido bien establecida en regiones como Norte América y Europa. Sin embargo, todavía no se conoce el estado exacto en el que se encuentran las abejas en regiones como Sur América, pero pareciera seguir la tendencia global de disminución (Zattara y Aizen 2021).

Según la base de datos internacional “Discover life bee species guide and world checklist” (Ascher y Pickering 2020), para el año 2020 se registraron aproximadamente 595 especies de abejas en Colombia pertenecientes a seis familias: Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Apidae y Megachilidae. Se predice, además, que este número puede aumentar considerablemente (Nates-Parra 2016), a medida que se realicen inventarios en el país y que se trabaje en la identificación de especímenes que albergan las colecciones entomológicas en las cuales todavía hay muchos ejemplares sin identificar hasta el nivel de especie. Para un país como Colombia las revisiones bibliográficas visibilizan vacíos de información siendo una herramienta útil para investigaciones futuras. Razón por la que en este estudio se analizó el estado de investigación actual de las abejas en Colombia sobre diferentes temas: taxonomía, biología, ecología, biogeografía, apicultura, entre otros, identificando las tendencias en investigación, vacíos de conocimiento y resaltando campos importantes de investigación que sir-

van de guía para proponer estrategias de monitoreo, uso y conservación de este grupo de insectos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se buscó información en las bases de datos Scopus, Web of Science, Redalyc, Scielo, Dialnet, REDIB, Repositorio Universidad Militar, Repositorio Universidad Javeriana y Repositorio Universidad Nacional, usando los términos “abejas” o “bees”, “Apoidea” y “Colombia”, junto a conectores booleanos (anexo 1). Se seleccionaron aquellos estudios realizados en abejas hechos en Colombia o que estudiaran especies distribuidas en el país, y que fueran publicaciones de tipo libro o capítulo de libro, revista científica o trabajo de grado.

Cada publicación fue revisada, clasificada según diferentes criterios y registrada en una base de datos que contiene: información básica del artículo (autor, afiliación institucional, título del estudio, año de publicación, tipo de publicación) e información para clasificación (objetivo del estudio, tema o disciplina de estudio (ver más abajo), ubicación geográfica del estudio, región biogeográfica, clasificación taxonómica del organismo(s) de estudio (ver anexo 2). Para realizar los análisis se hizo una limpieza y normalización de datos, la cual consistió en eliminar duplicados de publicaciones y artículos teóricos, normalizar el nombre científico de los autores e instituciones, entre otras, permitiendo que la información quedara completa y estandarizada.

Selección de temas o disciplinas de estudio.

Los artículos seleccionados se clasificaron en nueve temas de estudio. Cuando una publicación trataba varios temas (p. ej. taxonomía y aspectos de ecología de la especie o taxón descrito), se seleccionó el tema principal del estudio para su clasificación. Esto nos ayudó a determinar el interés de los investigadores en abejas colombianas. Los temas fueron: (i) apicultura, (ii) meliponicultura, (iii) taxonomía, (iv) biología, (v) genética, (vi) ecología, (vii) pesticidas (viii) bioprospección y (ix) otros (anexo 3).

Análisis de la información.

De forma preliminar y descriptiva, se realizaron gráficos de barras para conocer cuáles son los temas más abundantes en el estudio de abejas en Colombia. Para conocer cuáles son las instituciones y autores con más número de artículos publicados y visualizar las relaciones que hay entre ellos, se realizaron gráficos de redes usando el programa

de acceso libre Gephi 0.9.2 (versión 3.0, 2017, Bastian *et al.* 2009); y para conocer cuales géneros de abejas han sido estudiadas de acuerdo con las temáticas seleccionadas, se realizó una red bipartita con el programa de visualización de datos de acceso libre Flourish Studio (Seligman 2013) que muestra la relación entre los géneros de abejas y las temáticas estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se encontraron 283 resultados de los cuales 271 publicaciones cumplían los criterios relacionados con el estudio de las abejas en Colombia entre los años 1929 y 2021. Estas en su mayoría son artículos de revistas con 215 publicaciones; le siguen las tesis o trabajos de grado, principalmente postgrado (53 publicaciones) y por último libros o capítulos de libro (cuatro publicaciones). Este número de publicaciones contrasta con los 400 trabajos reunidos por Nates-Parra (2016), debido a que en este documento se elaboró un diagnóstico sobre el conocimiento de la polinización y polinizadores en Colombia, en el cual además de artículos científicos, revisaron información de literatura gris como resúmenes de trabajos presentados en congresos, trabajos de grado y tesis de posgrado sin publicar e informes ante entidades financiadoras. Estos números difieren de los obtenidos en este estudio, debido a que nuestro esfuerzo de búsqueda se enfocó en bases de datos y repositorios universitarios, los cuales han tenido una revisión previa por pares evaluadores o son escritos por expertos en el tema.

También se encuentran otros artículos de revisión publicados, como los de Smith-Pardo (2003), Vélez-Ruiz (2011) en los cuales se hace un recuento de los artículos de las abejas de Colombia, desde la visión taxonómica, mostrando principalmente listados de especies para Colombia. Por otro lado, Nates-Parra y González (2000), hacen una revisión de las principales causas de pérdida o disminución de abejas en Colombia, y muestran algunas necesidades, como mayor formación de taxónomos de abejas y mayor fortalecimiento de grupos de investigación, proponiendo acciones que aporten a su conservación. Estas revisiones no mencionan los métodos de búsqueda ni la cantidad de artículos revisados.

Temas de investigación en abejas de Colombia

Dentro de los temas seleccionados, los que mostraron una mayor cantidad de artículos publicados fueron ecología,

taxonomía, y apicultura. Las categorías con menor cantidad de artículos publicados fueron, pesticidas, otros y genética con menos de siete artículos cada uno (**Fig. 1a**). A continuación, se hace una descripción de los resultados por tema y se mencionan los datos de publicaciones relevantes entre paréntesis con la abreviación publ.

Ecología. En ecología la mayoría de los artículos, con cerca de 17, se enfocan en la polinización brindada por las abejas y el efecto de está en la calidad de los frutos reflejada en el aumento del peso, tamaño y número de semillas (p.ej. Chautá-Mellizo *et al.* 2012, Bravo-Monroy *et al.* 2015), comparado con tratamientos en los cuales no se permitía

el contacto de las abejas con flores, principalmente en cultivos comerciales de frutos como aguacate, tomate, café, uchuva, papa, cholupa, champa, agraz, granadilla y maracuyá. Otras publicaciones (quince publ.) identifican cuales son las plantas que proveen los recursos florales utilizados por las abejas, a través de la observación de frecuencia de visitas, o del estudio melisopalínológico y caracterización del polen recolectado por las abejas. Dentro de estos, solo un estudio, realizado por Riaño-Jiménez *et al.* (2020), evaluó el efecto de condiciones climáticas extremas, como el fenómeno de El niño, en la disponibilidad de polen encontrando que durante este fenómeno la oferta floral dis-

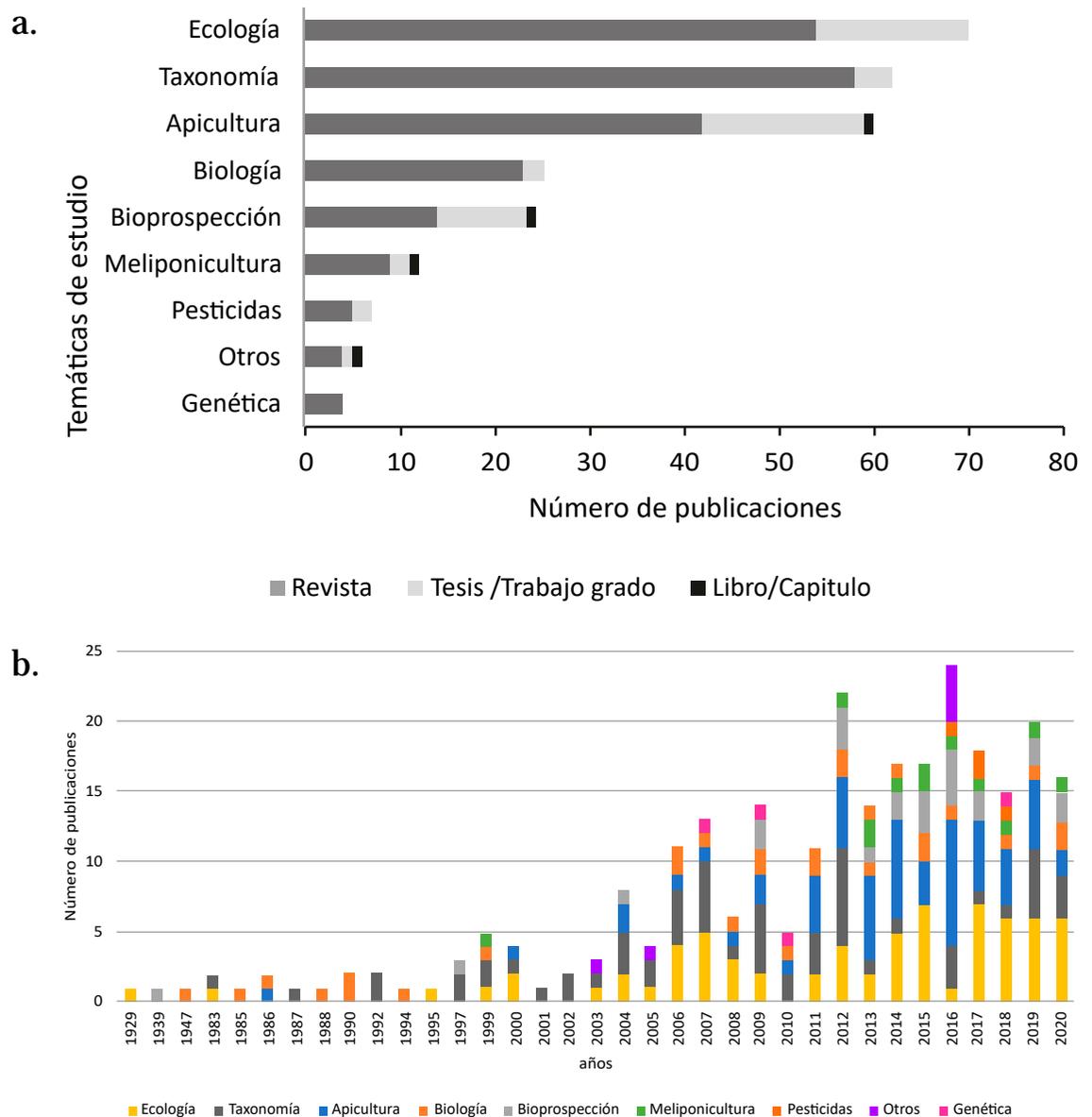


Figura 1. Número de publicaciones sobre abejas en Colombia. **a.** Temáticas que abordan y tipo de publicación. **b.** Número de publicaciones en abejas por año y tema de investigación en Colombia, desde el año 1929 hasta el año 2020.

minuye y así los recursos disponibles para las colonias de *Bombus atratus* (Franklin 1913).

Otros estudios se enfocan en los efectos de los cambios en la cobertura vegetal (catorce publ.), en la diversidad de especies, principalmente en abejas de las orquídeas y abejas sin aguijón; se encontraron respuestas variadas hacia la perturbación, dependiendo de los tipos de cobertura evaluados y sus cercanías al bosque o sitios con vegetación natural, como por ejemplo el estudio de Gutiérrez-Chacón *et al.* (2018), quienes encontraron que la mayor abundancia y riqueza de especies de abejas se encuentra en sitios con mayor área de bosque. Por el contrario, Palacios (2004) encontró que, aunque la diversidad de abejas sin aguijón disminuye en ambientes perturbados, la riqueza fue similar al comparar paisajes de bosque, agroecosistema y zonas urbanas, sugiriendo que algunas especies se ven favorecidas en paisajes diferentes al bosque.

En menor porcentaje se registran estudios de diversidad de especies y su ecología (siete publ.), estudios sobre nidificación de abejas sin aguijón (cinco publ.) y sobre distribución geográfica de especies (cuatro publ.). Solo se encontraron dos artículos que analizan rasgos funcionales y su diversidad en abejas (Ramírez *et al.* 2015, Gutiérrez-Chacón *et al.* 2020). Este tema de ecología basada en rasgos funcionales, es de gran importancia debido a que los rasgos funcionales de las especies los liga a procesos y funciones ecosistémicas, que son vitales para el funcionamiento del ecosistemas, es así como identificar que rasgos funcionales afectan la sensibilidad de las especies a cambios ambientales (cambios en el clima, estructura del paisaje, complejidad en la vegetación, entre otros), puede permitir una mayor y mejor comprensión de las respuestas de la comunidad más allá de cambios en la riqueza de especies (Mason y de Bello, 2013, Williams *et al.* 2010). En este tema todavía existen muchos vacíos de información en el país para las abejas, por lo cual es necesario aumentar la investigación para su comprensión y generar estrategias que afronten la crisis ambiental y climática que se vive en el país.

En biogeografía se encontraron dos publicaciones que se enfocan en la distribución geográfica de abejas, uno con abejas sin aguijón y el otro con abejas de orquídeas. El primero tuvo como objetivo “contribuir al conocimiento sobre la distribución geográfica de las abejas sociales sin aguijón en Colombia” (González 2007), donde reportan que la mayoría de estas especies se encuentran en la región

Andina. El segundo se enfocó en “analizar la distribución de las características morfológicas en abejas de orquídeas colombianas desde una perspectiva ecológica y observar la distribución de estos atributos a nivel regional” (Parra-H y Nates-Parra 2012), logrando con esto crear un modelo que divide a Colombia en once unidades biogeográficas, resaltando la importancia de algunas características como rendimiento del vuelo, ingesta de néctar y comportamiento social, para esta clasificación. Es así como se evidencia un vacío de información en el tema, además falta de información en otras abejas nativas. Las interacciones de abejas con otra fauna se han estudiado en menor medida (cuatro publ.) y se enfocan principalmente en relaciones parásitas de otras especies como moscas y avispa, en nidos de abejas. Estudios en áreas como sistemática filogenética y conservación presentaron solo un estudio cada uno, evidenciando grandes vacíos en estas áreas.

Taxonomía: En taxonomía predominan los estudios enfocados en la descripción de nuevas especies de abejas para Colombia (30 publ.), especialmente especies de abejas de la familia Halictidae, Megachilidae, Colletidae y de las Tribus Euglossini, Meliponini y Centridini; algunos de estas publicaciones incluyen claves taxonómicas para identificación y aspectos de la ecología de la especie descrita. Así mismo, se encuentran sinopsis o listados taxonómicos de especies de abejas colombianas (16 publ.), la mayoría enfocados en abejas sin aguijón, y algunos con aspectos ecológicos y de distribución de las especies. En menor medida, se encontraron revisiones taxonómicas (siete publ.) y registros o ampliación de distribución de especies para el país (cinco publ.) y documentos donde se publicaban claves taxonómicas para identificación de especies (cuatro publ.) (Nates-Parra y Fernandez 1992).

La mayor investigación taxonómica se ha realizado en las abejas de la familia Apidae (47 publ.), especialmente en las abejas sin aguijón, las abejas Euglosinas y las abejas del género *Centris* (p.ej. Nates-Parra 1990, Bonilla-Gómez y Nates-Parra 1992). Así mismo, Halictidae (doce publ.) es la segunda familia mejor estudiada en Colombia, lo cual no ha cambiado mucho desde los registros de Vélez-Ruiz (2011), quien resalta una mayor investigación en estas dos familias hasta el año 2011. Aún falta un mayor conocimiento taxonómico en las demás familias, sobre todo en Andreinae, quien presenta pocas investigaciones en cuanto a descripción de especies (cinco publ.), nuevos reportes o claves taxonómicas.

y “Parálisis aguda”, entre otras, que afectan las abejas y sus colmenas y son de importancia mundial al estar identificadas e inscritas en la lista del Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OIE (organización mundial de sanidad animal) quienes establecen medidas de control para el comercio y movimiento de abejas, así como de sus productos derivados para comercialización a través de exportaciones.

Por otro lado, encontramos pocos estudios (tres publ.) sobre la polinización en cultivos comerciales (manzana, fresa, y naranja) donde evalúan como la presencia de *A. mellifera* aumenta la producción de frutos, frente a tratamientos donde se evitaba el contacto de la flor con estas abejas. También se encontró un trabajo donde analizaron el mercado potencial de servicios ecosistémicos de polinización proveídos por *A. mellifera*, en cultivos de aguacate (Arias-Barrera 2017), en el cual calculaban precios por colmena para ofrecer el servicio de polinización, servicio que aún no se ha reglamentado ni se presta en el país, hasta la fecha. Así mismo, se encontró solo un estudio que evalúa aspectos nutricionales del polen de *A. mellifera* (Fuenmayor *et al.* 2014).

Biología: Dentro de las áreas con mayor cantidad de publicaciones se encuentran aquellos enfocados en el estudio de nidos (cinco publ.) en cuanto a hábitos de nidificación, temperatura de nidos de *Xylocopa*, *Euglosa* y abejas sin aguijón. Otros temas estudiados están enfocados en el comportamiento (cuatro publ.), y en menor cantidad a actividad de vuelo, historia natural, neurotransmisores y aprendizaje, entre otros (ver anexo 2)

Bioprospección: Dentro de los estudios realizados con miras a la producción comercial de productos obtenidos de las abejas o sus derivados (miel, polen, propóleo), la mayoría de estos (ocho publ.) se centran en el campo de producción de alimentos, encontrándose investigaciones relacionadas con la fermentación de la miel, con la cual se producen bebidas alcohólicas (hidromiel o vino de miel; Gómez *et al.* 1997) o que ayuden a mejorar la fermentación de lácteos o las características de sabor de chorizo; estas investigaciones solo se han realizado en productos de las especies *A. mellifera* y *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811). En cuanto a estudios en el campo farmacéutico de los productos de las abejas y del veneno de *A. mellifera* (ocho publ.), se tienen estudios de actividad antifúngica, antimicrobiana, antiparasitaria y actividad genotóxica

de propóleos para el tratamiento de enfermedades (p.ej. Torres-Carranza 2012). Pocos estudios se han publicado sobre el veneno de abejas nativas (excluyendo a meliponinos, que son abejas sin aguijón y *A. mellifera* que es una especie introducida) y su uso medicinal, lo que podría ser de gran relevancia puesto que algunos autores afirman que la terapia médica con veneno de abejas puede ser, entre otras, una estrategia que ayude a combatir la pandemia de covid-19 en el mundo (Kasozi *et al.* 2020).

Seis publicaciones se encontraron referentes a estudios donde evalúan diferentes tratamientos o procesos que ayuden a extraer los nutrientes del polen y mejorar su digestibilidad. Esto debido a que el polen presenta una capa externa protectora, llamada exina, que es difícil de digerir, y por ende no se puede acceder a sus altos componentes nutricionales (Benavides-Guevara *et al.* 2017), los cuales se prevé puedan ser empleados en la alimentación humana. Por otro lado, en el campo de la tecnología (tres publ.), se encontraron investigaciones que desarrollan tecnologías en las cuales usan a *A. mellifera* como vector para aplicación de bioplaguicidas (Espinosa *et al.* 2020), también se encontró el uso de una nariz electrónica que evalúa los parámetros fisicoquímicos de la miel y la clasifica (Correa *et al.* 2017), así como el diseño de un sistema de monitoreo del sonido por vibraciones mecánicas de una colmena que permite la detección de su comportamiento (Amado-Sarmiento 2013).

Meliponicultura: Existen todavía muchos vacíos de información sobre el origen, calidad y características de la miel producida por las abejas sin aguijón. El manejo y producción de miel por parte de estas abejas tiene un gran potencial como actividad sustentable con una gran posibilidad de descubrir nuevos productos con características únicas debido a su origen natural. En total se encontraron solo diez estudios en torno a la meliponicultura, enfocados en géneros como *Tetragonisca*, *Melipona*, *Scaptotrigona*, *Nannotrigona*, entre otros. De estos, siete analizan las propiedades fisicoquímicas de la miel producida por abejas sin aguijón, otros tres, evalúan el comportamiento térmico de estas mieles, lo cual permite conocer su origen geográfico y si ha habido adulteración de la miel. Por otro lado, se encuentran dos estudios de conocimiento tradicional, uno campesino y otro de indígena, que hablan acerca de la identificación y cría de abejas sin aguijón y la producción de miel, por parte de estas comunidades. Este último provee un listado de las

especies que se conocen como potenciales productores de miel y da a conocer algunas que no se tenían registradas (Cabrera y Nates-Parra 1999, Nates-Parra y Rosso-Londoño 2013). Así mismo un estudio evalúa los cambios pre y postcosecha de la miel de estas abejas al comparar diferentes métodos de extracción, brindando recomendaciones para su adecuado manejo (Ascencio-Tuso 2014).

Pesticidas: Muy pocos estudios se han realizado en torno a los pesticidas y las abejas en Colombia (nueve publ.) y estos se han hecho con dos enfoques: Aquellos que evalúan el efecto de los pesticidas sobre las abejas, detectando alteraciones fisiológicas y aquellos que evalúan y desarrollan métodos para determinar los tipos de plaguicidas que se encuentran en la miel de abejas. Estos estudios se han enfocado en la especie *A. mellifera*, y solo se encontró un estudio donde miden la dosis media letal de pesticidas en la especie *Bombus atratus* (Riaño y Cure 2016), lo cual muestra la deficiencia en estudios sobre la afectación de agroquímicos en las abejas nativas de Colombia, tema clave que incide en la disminución de la diversidad de abejas en el mundo.

Otros: Dentro de las publicaciones que se clasificaron en otros (seis publ.), se encuentran estudios que evalúan las reacciones del veneno de abejas y su profilaxis, así como métodos para la extracción de este y análisis proteómico. En otras publicaciones evalúan diseños para el establecimiento de hoteles de abejas para uso urbano, y técnicas de marcaje de abejas, así como la relación entre el olor de las flores y las abejas que las visitan (p. ej. Hetherington-Rauth y Ramirez 2016, ver anexo 2).

Genética: El área menos estudiada ha sido en torno a la genética de las abejas, encontrándose solo cuatro estudios. Dentro de estos, uno evalúa la genética de poblaciones de abejas Euglosinas (López-Uribe et al. 2007) y otros dos que evalúan la variabilidad genética y genética de poblaciones de *A. mellifera* (Prada et al. 2009, Salamanca-Grosso 2009), y se encuentra uno que evalúa los mitotipos africanos en poblaciones de *A. mellifera* en Colombia (Tibatá et al. 2018). En este tema se evidencia un vacío de información en casi todas las especies nativas de Colombia.

1.2. Estudios de abejas en Colombia a través de los años

La primera publicación dedicada al estudio de abejas en Colombia fue realizada en el año 1929, por el entomólogo Inglés George Salt, quien registra 16 especies de abejas sin aguijón en Santa Marta, departamento del Magdalena

(Salt 1929). Luego en los años 1939 y 1947, se publican dos artículos, uno enfocado en el valor del veneno de *A. mellifera* para uso terapéutico en síndromes neuro-mentales y el otro enfocado en el estudio de la polinización por vibración (Sánchez 1939, Osorno-Mesa 1947) (Fig. 1b).

Aunque en la revisión de la base de datos no se detectaron publicaciones entre 1948 y 1982, si se conocen algunas publicaciones realizadas por el entomólogo Charles D. Michener, sobre abejas de Colombia (p. ej. Michener 1977, 1979, Michener et al. 1979). A partir de la década de los 80's se observa un incremento en la cantidad de estudios publicados a través de los años (Fig. 1b). En esta década, la mayoría de estos estudios se enfocan en la descripción y registro de especies de abejas nativas y hábitos de nidificación de abejas sin aguijón y abejas carpinteras (Nates-Parra 1983, Fernández y Nates-Parra 1985, entre otros, ver anexo 2), en esta década también se destacan estudios enfocados en la diversidad de abejas en regiones como el Valle de Aburra y el Valle del Cauca (Cardona y Arango 1983, Satizabal-E. et al. 1986).

Durante la década de los 90's se publicaron quince estudios nuevos, la mayoría enfocados en la descripción o registro de nuevas especies de abejas e información de las abejas sin aguijón, se destaca el estudio de "Abejas de Colombia II" claves preliminares para las familias, subfamilias y tribus (Hymenoptera: Apoidea)" (Nates-Parra y Fernández 1992), en el que se presentan claves ilustradas para las familias, subfamilias y tribus de abejas existentes en Colombia, así como comentarios generales acerca de cada familia, también se anexa un listado de todos los géneros registrados en Colombia hasta el año 1992. En la década de los 2000's, se incrementan considerablemente la cantidad de estudios con 67 artículos publicados, durante esta década se se mantiene el interés en las abejas sin aguijón, incrementan los estudios sobre abejas de orquídeas y *A. mellifera*, también se publican artículos enfocados en el género *Bombus* (P.ej. Nates-Parra et al 2006, Prada et al. 2009, entre otros, ver anexo 2). En esta época se resalta un estudio realizado en el 2003 en el que se presenta una lista actualizada de las especies de abejas conocidas hasta la fecha (Smith-Pardo 2003). Pero es entre 2010 y 2020 que se evidencia un notable incremento en la cantidad de estudios enfocados en abejas publicados en Colombia con un total de 180 (Fig. 1a), los años en que se publicaron la mayor cantidad de estudios fueron 2016 con 24 artículos y 2012 con 22 artículos publicados. En este periodo de

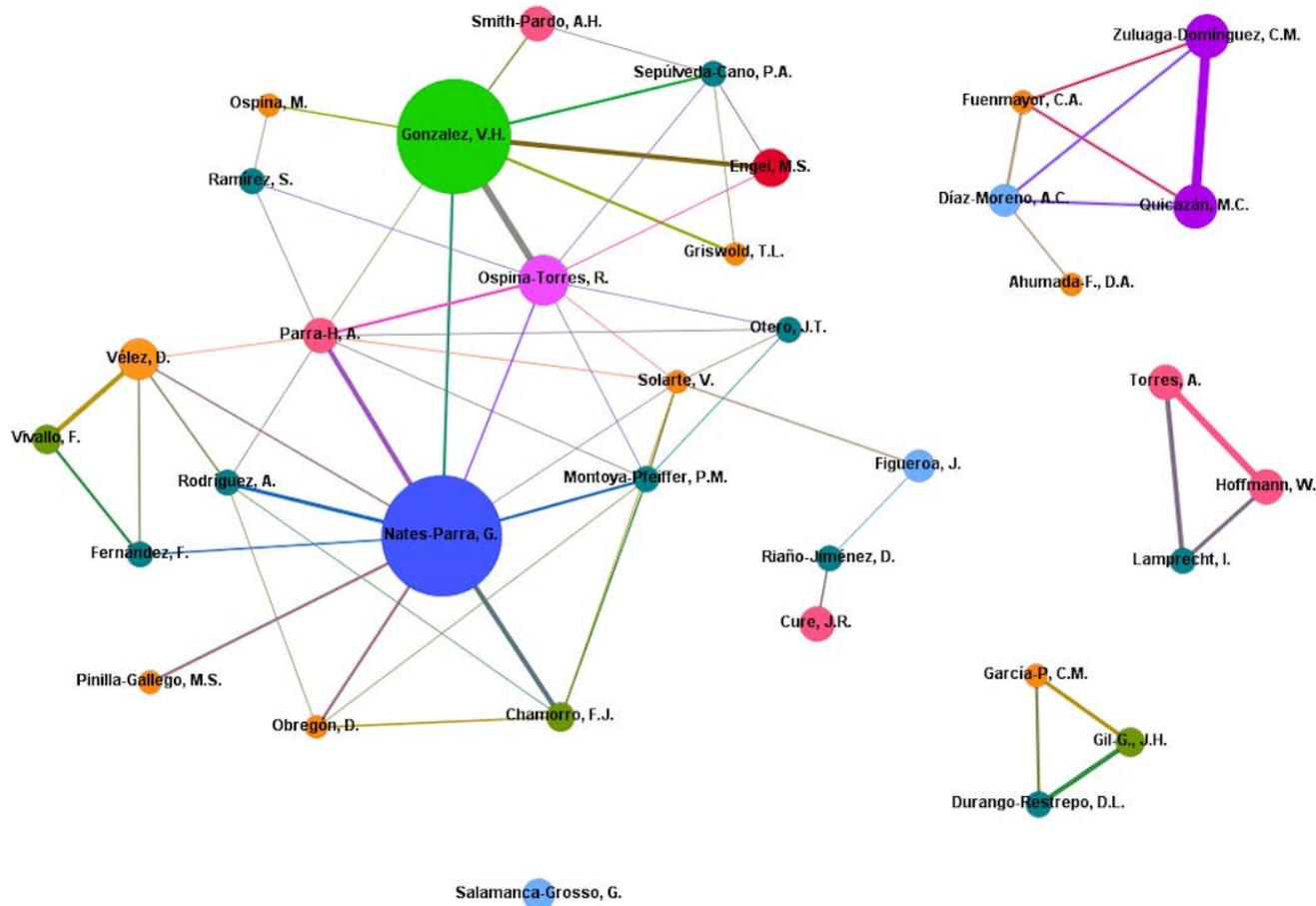


Figura 3. Autores y redes de colaboración de autores que publicaron cuatro o más artículos de abejas en Colombia entre los años 1929 y 2020. El tamaño de los círculos indica la frecuencia de publicación, entre más grande el círculo, más publicaciones realizadas. Las aristas muestran las redes de colaboración o coautorías de cada autor, entre más gruesa la línea, mayor número de colaboraciones para publicar artículos.

tiempo se destaca un incremento en el conocimiento de la apicultura, el manejo de colmenas y las cualidades de productos como la miel y el propóleo producidos por *A. mellifera*, se mantiene el interés de describir y registrar nuevas especies, así como el interés en las abejas euglosinas y sin aguijón (p. ej. Fernández *et al.* 2010, Hinojosa-Díaz *et al.* 2012, Guevara *et al.* 2020, entre otros, anexo 2).

1.3 Red de colaboración entre instituciones y autores de estudios de abejas en Colombia.

Se encontraron 101 Universidades o instituciones a las cuales los investigadores están afiliados, tanto a nivel nacional como internacional, de las cuales la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, es la institución que más es reportada como afiliación de los autores con el 30% de estas, y la que más tiene redes de colaboración con otras Universidades e instituciones, seguida por la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín (8.2%), Universidad

de Kansas (USA)(7.2%), Universidad Militar Nueva Granada (3.5%) y Pontificia Universidad Javeriana (2.5%). El resto de las instituciones muestran menos del 2.5% de frecuencia de aparición (Fig. 2). Estas Universidades tienen redes de colaboración con cuatro o más instituciones, exceptuando la Universidad Militar Nueva Granada que solo ha colaborado con la Universidad de los Andes. También cabe resaltar que la Universidad de Kansas, a pesar de ser extranjera, también muestra una nutrida red de colaboración con diez instituciones o universidades diferentes. Sin embargo, también hay instituciones que han trabajado en abejas sin redes de colaboración, como es el caso de la Universidad de Nariño.

Por otro lado, al realizar el análisis de los autores que publican temas en torno a las abejas en Colombia, se encontraron 338 investigadores en total, de los cuales solo 10% ha realizado cuatro o más publicaciones en abejas de Co-

lombia. De estos, se destacan dos autores, la investigadora Guiomar Nates-Parra, profesora e investigadora de la Universidad Nacional de Colombia, y Víctor Hugo Gonzáles, Biólogo investigador asociado a la división de Entomología, de la Universidad de Kansas, quienes han publicado más artículos (36 y 34 respectivamente), ya sea como primer autor o en colaboración con otros autores (Fig. 3).

Al asociar los autores y los laboratorios o grupos de investigación por universidad o institución, se encuentra que, dentro de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, el laboratorio de Abejas (LABUN), lidera las investigaciones de abejas en Colombia. También el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos-ICTA, sede Bogotá, con sus investigadores Zuluaga-Dominguez CM, Quicazán MC Diaz-Moreno AC, Fuenmayor CA, y Ahumada-F DA, son los que mayor publicación han realizado en temas de alimentación. La facultad de Ciencias de esta universidad en su sede de Medellín, con los investigadores Allan Smith Pardo (quien tiene una amplia red de colaboración) y Gil-Gil JH, Durango-Restrepo DL y García-P CM son los que lideran las investigaciones. Así mismo la facultad de ciencias sede Bogotá, con sus investigadores Ospina-Torres R, Vélez D, Chamorro FJ, Rodríguez A y Montoya-Pfeiffer PM. La facultad de Ciencias Agrarias sede Medellín y Bogotá y la facultad de medicina veterinaria y zootecnia, sede Bogotá, son las que más han aportado a la investigación de abejas en esta universidad.

Por otro lado, la Universidad de Kansas, con su investigador colombiano Víctor Hugo Gonzáles y la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada, son otras instituciones que han aportado al conocimiento de las abejas colombianas.

1.4 Estudios de abejas en Colombia por familias y géneros

De las cinco familias registradas de abejas para Colombia (Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae), se encontró que la familia más estudiada es Apidae con un 72% de publicaciones (anexo 4), con estudios en todos los temas seleccionados. Halictidae (9,2%), Megachilidae (7.5%), Colletidae (6.3%) y Andrenidae (4.3%), mostraron menor frecuencia de aparición en las publicaciones, es decir, cantidad de veces que las han identificado y mencionado en las diferentes publicaciones. Los temas en los que más han publicado sobre estas familias son ecología, taxonomía y otros, dejando ver grandes vacíos en el estudio de biología, bioprospección, pesticidas y genética,

temas que son de gran importancia para el avance en el conocimiento de las abejas que habitan este país. En total se encontraron 83 géneros de abejas estudiados o listados en las diferentes publicaciones. Al analizar la frecuencia de aparición en el total de publicaciones de los géneros, se encontró que el género *Apis*, con su especie *Apis mellifera* (Linnaeus, 1758) (136 apariciones), es la especie y género que más se ha estudiado o que se registra en estudios de campo en Colombia. Los géneros que reportan una mayor frecuencia se encuentran *Trigona* y *Meliponina* (con 35 y 34 publ. respectivamente), *Bombus* (29 publ.), *Euglossa* (28 publ.), *Nannotrigona* (24 publ.), *Eulaema* (24 publ.), *Scaptotrigona* (22 publ.), *Xylocopa* (22 publ.), *Partamona* (21 publ.).

1.5 Estudios de abejas en Colombia por departamento

Se encontró que en todos los 32 departamentos que tiene Colombia, se han realizado al menos un estudio en torno a las abejas. Para cada departamento, se realizó el conteo de estudios en abejas, encontrándose que el departamento con mayor cantidad de estudios es Cundinamarca con un total de 76 artículos publicados, seguido por Bogotá con 53, Antioquia con 52, Boyacá con 51, Magdalena con 32 y Santander con 32, todos estos pertenecientes a la región Andina de Colombia. El resto de los departamentos tienen menos de 20 estudios realizados. Los departamentos que menos tienen publicaciones son Córdoba, Guainía, Guaviare, San Andrés y Providencia, Arauca, Atlántico, Chocó, Risaralda, Vaupés, Vichada, César y La Guajira, todos con cinco o menos publicaciones por departamento. Aunque en esta revisión no se realizó el análisis a nivel de región natural en el país, se resalta la falta de estudios que en zonas de vida y regiones naturales como el bosque seco tropical, mencionado por Smith-Pardo y Gonzales (2007) y Gonzales (2014).

CONCLUSIONES

Con aproximadamente 40 años de historia, el estudio de abejas en Colombia es relativamente reciente, sin embargo, y a pesar de grandes esfuerzos y avances institucionales y de investigadores en el estudio de este grupo, persiste la necesidad de ahondar en temas de biología, genética y ecología, los cuales son áreas de estudio base para investigaciones en bioprospección, meliponicultura, entre otros. Aunque los temas de ecología muestran una gran cantidad de estudios, todos estos deben enfocarse más en áreas naturales y principalmente en

abejas nativas, quienes han coevolucionado con la vegetación endémica del país y las cuales pueden ayudar a conservar las funciones y servicios ecosistémicos que estas brindan, directamente con la polinización y otros productos, e indirectamente con la reproducción de la vegetación en hábitats naturales, aportando así a la estabilidad ecológica de los sistemas naturales. Así mismo, estudios que evalúen e identifiquen como los rasgos funcionales de comunidades de abejas en agroecosistemas se ven afectados debido a cambios ambientales, es relevante para lograr afrontar o evitar crisis de polinizadores en el territorio que puedan impactar la producción de cultivos de importancia económica.

Cabe resaltar que, aunque hay una nutrida investigación en la especie *A. mellifera* y sus productos derivados, es de gran importancia investigar y proponer protocolos y normas que evalúen y regulen las trazas de productos químicos que puedan tener las mieles y propóleos que son de consumo humano, debido a la contaminación por pesticidas y otros productos usados en la agricultura.

En cuanto al estudio taxonómico de las abejas colombianas, la presente revisión evidencia la falta de conocimiento en las familias Andrenidae, Megachilidae y Colletidae. Este conocimiento puede aumentarse a través de inventarios de diversidad de especies en diferentes zonas del país, principalmente en regiones diferentes a la Andina, como la Orinoquia y Chocó que son las regiones menos estudiadas en cuanto a abejas. Aún falta una mayor divulgación de los estudios realizados en universidades (trabajos de grado o tesis) en abejas, a través de artículos científicos no solo nacionales sino internacionales, como lo ha recomendado Smith-Pardo (2003).

Nuestro llamado es a que se incentive el estudio de abejas nativas en el país a través de los grupos de investigación en entomología y sus estudiantes o a través de los institutos de investigación y así mismo, la publicación de estos en revistas indexadas, para que se pueda tener acceso a la información y así un panorama más claro no solo de la diversidad taxonómica de abejas, sino de muchos de los temas principales en torno a ellas, como los mencionados en esta publicación. Esto permitirá generar información básica para el desarrollo de monitoreos, la evaluación del estado de las poblaciones, y así conocer la severidad en la disminución de especies en el país

debido a factores de transformación antropogénica y al cambio climático.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

AMCG propuso la idea de investigación. GIRA recopiló y clasificó información de las bases de datos. AMCG realizó la limpieza y organización de los datos. AMC y GIRA. realizaron los análisis y gráficas. AMCG, GIRA, ARAS, discutieron y redactaron los resultados de los análisis y aportaron al manuscrito final.

AGRADECIMIENTOS

A Ana Lorena Rojas Sabogal, Sección de Servicios Especializados, Biblioteca General Alfonso Borrero Cabal, S.J., por su orientación en la elaboración de los gráficos de redes. El Dr. Rodulfo Ospina, revisó y brindó importantes comentarios para la mejora de la primera versión del manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Amado-Sarmiento OA. 2013. Sistema de monitoreo del sonido emitido por una colmena de abejas como herramienta para estudios comporta mentales. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia.
- Arias-Barrera E. 2017. Análisis del mercado de servicios de polinización con abejas (*Apis mellifera*) en cultivos de aguacate (*Persea sp.*) en Fresno, Tolima. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia.
- Ascencio-Tuso D J. 2014. Evaluación de los cambios pre y postcosecha de la miel de especies de abejas sin aguijón. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia.
- Ascher JS, Pickering J. c2020. Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). [Revisada en: 28 Oct 2021].
- Bastian M, Heymann S, Jacomy M. c2009. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media. [Revisada en: 11 Oct 2021].
- Benavides-Guevara RM, Quicazán MC, Ramírez-Toro C. 2017. Digestibility and availability of nutrients in bee pollen applying different pretreatments. *Ingeniería y competitividad* 19(1):115-124. doi: <https://doi.org/10.25100/iyv.v19i1.2136>
- Bonilla-Gómez MA, Nates-Parra G. 1992. Abejas euglosinas de Colombia (Hymenoptera: Apidae) I. Claves ilustradas. *Caldasia* 17(1):149-172.
- Cabrera G, Nates-Parra G. 1999. Uso de las abejas por comunidades indígenas: los Nukak y las abejas sin aguijón. En: Na-

- tes-Parra G, editora. Programa, resúmenes y memorias III Reunión de la IUSSI Bolivariana. Fondo FEN Colombia. Universidad Nacional de Colombia. p. 59-70.
- Cámara de procultivos. 2020. Manual de coexistencia entre apicultura y agricultura. [Revisada en: 8 jul 2021].
- Cardona J, Arango CI. 1983. Inventario de la fauna Apoidea (Insecta: Hymenoptera) del Valle de Aburrá y sus relaciones con la flora. [Tesis]. [Medellín]: Universidad Nacional de Colombia.
- Chautá-Mellizo A, Campbell SA, Bonilla M, Thaler JS, Poveda K. (2012). Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Basic Appl. Ecol.* 13(6):524-532. doi: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.08.013>
- Correa AR, Cuenca MM, Zuluaga CM, Scampicchio MM, Quicazán MC. 2017. Validation of honey-bee smelling profile by using a commercial electronic nose. *Ingeniería e Investigación.* 37(3):45-51. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v37n3.59656>
- Elizalde L, Arbetman M, Arnán X, Eggleton P, Leal IR, Lescano MN, Saez A, Werenkraut V, Pirk GI. 2020. The ecosystem services provided by social insects: traits, management tools and knowledge gaps. *Biol. Rev.* 95(5): 1418-1441. doi: <https://doi.org/10.1111/brv.12616>
- Espinosa S, Figueroa J, Kevan PG, Baéz C, Solarte V, Smaghe G, Sánchez A. 2020. Advances in the Implementation of Apivectoring Technology in Colombia: Strawberry Case (*Fragaria x ananassa*). In: Smaghe G, Boecking O, Maccagnani B, Mänd M, Kevan PG editors. *Entomovectoring for Precision Biocontrol and Enhanced Pollination of Crops*. Springer Nature. p. 201-237. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-18917-4_12
- Fernández F, Nates-Parra G. 1985. Hábitos de nidificación en abejas carpinteras del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Rev Colomb. Entomol.* 11(2):36-41. doi: <https://doi.org/10.25100/socolen.v11i2.10263>
- Fernández DC, Zambrano-GG, Gonzalez VH. 2010. Nesting behavior, taxonomic notes and potential distribution of *Paratrigena eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). *Rev Colomb. Entomol.* 36(2):325-332. doi: <https://doi.org/10.25100/socolen.v36i2.9167>
- Fuenmayor C, Zuluaga C, Díaz C, Quicazán de M, Cosio M, Mannino S. 2014. Evaluation of the physicochemical and functional properties of Colombian bee pollen. *Rev. MVZ Córdoba.* 19(1):400-4014. doi: <https://doi.org/10.21897/rmvz.120>
- Gómez JÁ, Castaño HI, Arias M. 1997. Estudio cinético de una fermentación alcohólica utilizando miel de abejas como sustrato. *Ing. Invest.* (36):82-92. doi: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.n36.24840>
- González VH. 2007. Distribución geográfica de las abejas del fuego en Colombia (Hymenoptera: Apidae, Meliponini, Oxtrigona). *Rev Colomb. Entomol.* 33(2):188-189. doi: <https://doi.org/10.25100/socolen.v33i2.9342>
- González VH. 2014. Abejas del bosque seco tropical colombiano. En: Pizano C, García H, editores. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. p.215-227.
- Guevara DA, Gonzalez VH, Ospina R. 2020. Stingless robber bees of the genus *Lestrimelitta* in Colombia (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Caldasia* 42(1):17-29. doi: <https://doi.org/10.15446/caldas.v42n1.75511>
- Gutiérrez-Chacón C, Dormann CF, Klein AM. 2018. Forest-edge associated bees benefit from the proportion of tropical forest regardless of its edge length. *Biol. Conserv.* 220:149-160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.009>
- Gutiérrez-Chacón C, Valderrama-A C, Klein AM. 2020. Biological corridors as important habitat structures for maintaining bees in a tropical fragmented landscape. *J. Insect Conserv.* 24(1):187-197. doi: <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00205-2>
- Hetherington-Rauth MC, Ramírez SR. 2016. Evolution and diversity of floral scent chemistry in the euglossine bee-pollinated orchid genus *Gongora*. *Ann. Bot-London.* 118(1):135-148. doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcw072>
- Hinojosa-Díaz IA, Nemésio A, Engel MS. 2012. Two new species of *Euglossa* from South America, with notes on their taxonomic affinities (Hymenoptera, Apidae). *ZooKeys.* 221: 63-79. doi: <https://doi.org/10.3897/zookeys.221.3659>
- Kasozi KI, Niedbala G, Alqarni M, Zirintunda G, Ssempijja F, Musinguzi SP, Usman IM, Matama K, Hetta HF, Mbiydzennyuy NE, Batiha GES, Beshbishy AM, Welburn SC. 2020. Bee venom—a potential complementary medicine candidate for SARS-CoV-2 infections. *Frontiers in public health.* 8:755. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.594458>
- López-Urbe MM, Almanza MT, Ordoñez M. 2007. Diploid male frequencies in Colombian populations of Euglossine bees. *Biotropica.* 39(5):660-662. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00287.x>
- Mason NWH, de Bello F. 2013. Functional diversity: a tool for answering challenging ecological questions. *J. Veg. Sci.* 24(5):777-780. doi: <https://doi.org/10.1111/jvs.12097>
- Matias DMS, Leventon J, Rau AL, Borgemeister C, von Wehrden H. 2017. A review of ecosystem service benefits from wild bees across social contexts. *Ambio* 46:456-467. doi: <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0844-z>
- Michener CD. 1977. Nests and seasonal cycle of *Neocorynura pubescens* in Colombia (Hymenoptera: Halictidae). *Rev. Biol. Trop.* 25(1):39-41.
- Michener CD. 1979. New and little-known halictine bees from Colombia (Hymenoptera: Halictidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 180-208.
- Michener CD, Breed MD, Bell WJ. 1979. Seasonal cycles, nests, and social behavior of some Colombian halictine bees (Hymenoptera: Apoidea). *Rev. Biol. Trop.* 27:13-34.
- Nates-Parra G. 1983. Abejas de Colombia: I. Lista preliminar de algunas especies de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). *Rev. Biol. Trop.* 3(1):155-158.

- Nates-Parra G. 1990. Abejas de Colombia. III. Clave para géneros y subgéneros de Meliponinae (Hymenoptera: Apidae). *Acta biol. Colomb.* 18(3):415-426.
- Nates-Parra G. 2016. *Iniciativa colombiana de polinizadores: abejas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Nates-Parra G, Fernández F. 1992. Abejas de Colombia II claves preliminares para las familias, subfamilias y tribus (Hymenoptera: apoidea). *Acta biol. Colomb.* 2(7-8):55-89.
- Nates-Parra G, González VH. 2000. Las abejas silvestres de Colombia: Por qué y cómo conservarlas. *Acta biol. Colomb.* 5:5-37.
- Nates-Parra G, Rodríguez CA, Vélez D. 2006. Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in Oriental Mountains Cemeteries from Colombia. *Acta biol. Colomb.* 11(1):25-35.
- Nates-Parra G, Rosso-Londoño JM. 2013. Diversity of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) used in meliponiculture in Colombia. *Acta biol. Colomb.* 18(3):415-426.
- Osorno-Mesa H. 1947. Observaciones antecológicas sobre recolección de polen por vibración. *Caldasia.* 4(20):465-467.
- Palacios E. 2004. Estructura de la comunidad de abejas sin aguijón en tres unidades de paisaje del piedemonte llanero colombiano (Meta, Colombia) [Tesis]. [Bogotá]: Pontificia Universidad Javeriana.
- Parra-H A, Nates-Parra G. 2012. The Ecological Basis for Biogeographic Classification: An Example in Orchid Bees (Apidae: Euglossini). *Neotrop. Entomol.* 41(6):442-449. doi: <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0069-1>
- Prada CFQ, Duran JT, Salamanca G, Del Lama MA. 2009. Population genetics of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) from Colombia. *J. Apicult. Res.* 48(1):3-10. doi: <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.48.1.02>
- Ramírez SR, Hernández C, Link A, López-Urbe MM. 2015. Seasonal cycles, phylogenetic assembly, and functional diversity of orchid bee communities. *Ecol. Evol.* 5(9):1896-1907. doi: <https://doi.org/10.1002/ece3.1466>
- Ramos-Fabiel MA, Pérez-García EA, González EJ, Yáñez-Ordoñez O, Meave JA. 2018. Successional dynamics of the bee community in a tropical dry forest: Insights from taxonomy and functional ecology. *Biotropica.* 51(1):1-13. doi: <https://doi.org/10.1111/btp.12619>
- Resolución 1057 (2010). c2010. Ministerio de la Protección Social, Colombia. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano. 23 de marzo de 2010; [Revisada en: 27 dic 2021].
- Riño D, Cure JR. 2016. Acute lethal effect of the commercial formulation of the insecticides Imidacloprid, Spinosad y Thio-cyclam hidrogenoxalate in *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) workers. *Rev. Biol. Trop.* 64(4): 1737-1745. doi: <https://doi.org/10.15517/RBT.V64I4.21521>
- Riño-Jiménez D, Guerrero M, Alárcon P, Cure JR. 2020. Effects of climate variability on queen production and pollen preferences of neotropical bumblebee *Bombus atratus* in a high Andean suburban condition. *Neotrop. Entomol.* 49(4):586-594. doi: <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00758-6>
- Salamanca-Grosso G. 2009. Genetic variability in mitochondrial DNA of honeybee populations of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in Colombia. *Zootecnia Trop.* 27(4):373-382.
- Salt G. 1929. A contribution to the ethology of the meliponinae. *Trans.R. Entomol. Soc. Lond.* 77(2):432-470. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1929.tb00693.x>
- Sánchez LJ. 1939. El valor del veneno de abeja (*Apis mellifera*) en la terapéutica de ciertos síndromes neuro-mentales. *Revista de la Facultad de Medicina* 7(7):353-370.
- Sánchez-Bayo F, Wyckhuys KAG. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biol. Conserv.* 232: 8-27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Satizabal-E MC, García-N JM, Bernal-B G, Escobar-G JA. 1986. Caracterización de la apicultura en el valle del cauca y su futuro desarrollo. *Acta Agronómica* 36(1):98-117.
- Seligman MEP. c2013. Flourish studio. [Revisada en: 14 sep 2021].
- Smith-Pardo AH. 2003. A preliminary account of the bees of Colombia (Hymenoptera: Apoidea): Present knowledge and future directions. *J. Kans. Entomol. Soc.* 76(2):335-341.
- Smith-Pardo A, Gonzales VH. 2007. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) estados sucesionales del bosque húmedo tropical. *Acta biol. Colomb.* 12:43-56.
- Tibatá VM, Arias E, Corona M, Ariza-Botero F, Figueroa-Ramírez J, Junca H. 2018. Determination of the Africanized mitotypes in populations of honeybees (*Apis mellifera* L.) of Colombia. *J. Apicult. Res.* 57(2):219-227. doi: <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1409065>
- Torres-Carranza J.E. 2012. Evaluación de la respuesta inmunológica del *Apis mellifera* homeopatizada en cultivos de células mononucleares en sangre periférica. [Tesis]. [Bogotá]: Universidad Nacional de Colombia.
- Vásquez-Romero RE, Camargo-Sánchez ER, Ortega-Flórez NC, Maldonado-Martínez WD, editores. 2015. *Implementación de buenas prácticas apícolas y mejoramiento genético para la producción de miel y polen*. Bogotá: Corpoica.
- Vélez-Ruiz RI. 2011. Recuento sobre las publicaciones de las abejas silvestres de Colombia. *Boletín del Museo Entomológico Francisco Luís Gallego* 3(3):15-29.
- Williams NM, Crone EE, T'ai HR, Minckley RL, Packer L, Potts SG. 2010. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation* 143(10): 2280-2291. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.024>
- Zattara EE, Aizen MA. 2021. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth* 4(1):114-123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005>

ANEXO 1. Cadenas de búsqueda para artículos de abejas en Colombia en diferentes bases bibliográficas

- *Scopus*: se utilizó el algoritmo booleano de búsqueda “bee OR bees OR abeja OR apoidea AND Colombia”.
- *Web of Science*: se utilizó el algoritmo booleano de búsqueda “AB = (bee OR bees OR abeja OR apoidea AND Colombia) AND CU = Colombia”.
- *Redalyc*: se buscó la palabra clave “abeja” y se aplicaron los filtros de (i) agrociencias, (ii) biología, (iii) veterinaria, (iv) química, (v) estudios ambientales y (vi) Colombia.
- *Scielo*: se buscó la palabra clave “abejas” OR “bees” y se aplicó el filtro para las publicaciones realizadas en Colombia.
- *Dialnet*: se buscó la palabra clave “abejas” OR “bees” y se aplicó el filtro para las publicaciones realizadas en Colombia.
- *REDIB*: se buscó la palabra clave “abejas” OR “bees” y se aplicó el filtro para las publicaciones realizadas en Colombia.
- *Repositorio Institucional Universidad Javeriana*: se buscó la palabra clave “abejas” ó “bees”.
- *Repositorio Institucional Universidad Nacional*: se buscó la palabra clave “abejas” ó “bees”.
- *Repositorio Institucional Universidad Militar*: se buscó la palabra clave “abejas” ó “bees”.

Anexo 2. Base de datos de artículos sobre abejas de Colombia

Para poder visualizarlo y descargarlo por favor ingresar en el siguiente enlace: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/101252>

Anexo 3. Definición de los temas seleccionados para clasificar los estudios publicados sobre abejas en Colombia

| Tema | Definición |
|-----------------|--|
| Apicultura | Estudios enfocados con la producción de miel, propóleo, polen y otros derivados provenientes de <i>Apis mellifera</i> , en el manejo de sus colmenas, con enfoque comercial. |
| Meliponicultura | Estudios relacionados con miel, propóleo, polen u otros derivados provenientes de las abejas nativas meliponas, así como estudios en torno al manejo de sus colmenas, con enfoque comercial. |
| Taxonomía | Estudios enfocados en la descripción o registro de especies de abejas. |
| Biología | Estudios que describen aspectos biológicos de las abejas como metabolismo, comportamiento, reproducción, estructura, composición y termorregulación de nidos. |
| Genética | Estudios enfocados en la caracterización genética de especies o en el análisis de las relaciones genéticas entre abejas. |
| Ecología | Estudios sobre las interacciones inter e intraespecíficas de las abejas, o de estas con su ambiente físico y biológico. Aquí incluimos estudios en ecología del paisaje, ecología funcional (grado de diferencias de rasgos funcionales entre y dentro de las especies (Mason y de Bello 2013) y biogeografía. |
| Pesticidas | Estudios enfocados en el efecto de los pesticidas (insecticidas, herbicidas, etc.) sobre las abejas. |
| Bioprospección | Estudios donde se investiga como los elementos producidos por las abejas, como: colmenas, miel, polen, entre otros, sirven para el desarrollo de otros productos o tecnologías de valor comercial. |
| Otros | Estudios que no se enfocaban en ninguna de las categorías anteriores pero que no representaban una cantidad considerable para clasificarlos por tema así que se optó por clasificarlos en otros, estos estudios se enfocan en temas como reporte de parásitos de abejas, venenos, metodologías de estudio y análisis de información, conocimiento sobre abejas de tribus indígenas, entre otros. |

Anexo 4. Frecuencia de aparición de familias en las diferentes publicaciones y los temas que se han investigado en abejas en Colombia.

