

**ESTADO DE CONOCIMIENTO DE ESTUDIOS EN ABEJAS
(HYMENOPTERA: APOIDEA) EN COLOMBIA, CON ÉNFASIS EN SU
ECOLOGÍA FUNCIONAL**

AUTOR

GABRIEL IGNACIO RICO ARISTIZÁL

DIRECTORA DEL TRABAJO

ANGELA MARIA CORTES GOMEZ



**Pontificia Universidad
JAVERIANA**
Colombia

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES

CARRERA DE ECOLOGÍA

BOGOTA D.C.

2021

AGRADECIMIENTOS

- Le agradezco a mis padres José Ignacio Rico y Blanca Flor Aristizábal por el apoyo incondicional y la motivación que me brindaron a lo largo de este proceso.
- A mi tía y tío Alexandra Gudiño y Pedro Balsero por llenarme de amor, cariño y ser mi apoyo cuando más lo necesite.
- A mi mejor amigo Nicolas Rodríguez Calderón por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.
- Al profesor Nicolas Urbina que con su presentación en el lanzamiento del libro “La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones” motivo en mi el interés por la ecología funcional.
- A la profesora Ángela Rocío Amarillo Suárez por inspirar en mi el amor y pasión que siento hacia los insectos, por ser un ejemplo a seguir como persona y como profesional y por todas las enseñanzas que me brindo durante la mitad de mi carrera.
- A mi directora de tesis Ángela María Cortés Gómez por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para este trabajo y por su increíble paciencia, comprensión y dedicación.
- A la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales por todo su apoyo y conocimientos brindados a lo largo de mi carrera.
- Y por último a mis compañeros de GEEA – Entomoceno por su compañía, apoyo, motivación y conocimientos brindados durante el tiempo que pertencí al semillero, especialmente a Mariana Camacho, Francisco Villazón, Andrés Márquez y Santiago Sarmiento.

TABLA DE CONTENIDO

AGRECIAMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo general.....	7
2.2. Objetivos específicos.....	8
3. METODOLOGÍA.....	8
3.1. Método de búsqueda.....	8
3.2. Registro de la información en la base de datos.....	8
3.3. Selección de temas.....	9
3.4. Listado de rasgos funcionales.....	10
4. RESULTADOS.....	10
4.1. Estudios de abejas en Colombia en las bases de datos.....	10
4.2. Estudios de abejas en Colombia a través de los años.....	11
4.3. Estudios de abejas en Colombia por afiliación institucional de los autores.....	12
4.4. Estudios de abejas en Colombia por departamento.....	12
4.5. Estudios de abejas en Colombia por temática.....	13
4.6. Estudios de abejas en Colombia por géneros.....	14
5. DISCUSIÓN.....	14
5.1. Estudios de abejas en Colombia a través de los años.....	14
5.2. Distribución de las investigaciones en abejas por departamentos de Colombia.....	15
5.3. Temas de investigación en abejas de Colombia.....	16
5.3.1. Apicultura.....	16
5.3.2. Taxonomía.....	16
5.3.3. Biología.....	17
5.3.4. Genética.....	18
5.3.5. Ecología.....	18
5.3.6. Ecología del paisaje.....	18
5.3.7. Ecología funcional.....	19
5.3.8. Biogeografía.....	19
5.3.9. Veneno.....	19
5.3.10. Pesticidas.....	20
5.3.11. Bioprospección.....	20
5.3.12. Otros.....	20
5.4. Estudios de abejas en Colombia por géneros.....	21
5.5. Ecología funcional en Colombia.....	21
5.6. Rasgos funcionales para medir en abejas.....	23
6. CONCLUSIONES.....	23
7. BIBLIOGRAFIA.....	25

FIGURAS

Tabla 1. Cantidad de estudios encontrados y seleccionados en cada base de datos revisada.....	11
Figura 1. Cantidad de estudios de abejas en Colombia publicados por año entre 1929 y 2020.....	12
Figura 2. Mapa de la cantidad de artículos de abejas en Colombia por departamento.....	13
Figura 3. Cantidad de estudios publicados en cada tema.....	14

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos de los estudios de abejas publicados en Colombia.	
Anexo 2. Listado de rasgos funcionales que pueden ser medidos en abejas.	

RESUMEN

Actualmente el estudio de los insectos es reconocido por su efectividad para comprender dinámicas y cambios ambientales, dentro de estos, las abejas juegan un papel de importancias debido a su aporte en la polinización de plantas. Sin embargo, como en muchos insectos todavía faltan muchas especies por identificar, generando vacíos de información en el análisis del estado y cambio de los ecosistemas, siendo la ecología funcional una gran herramienta para el estudio del estado y cambio de los ecosistemas a partir de los atributos de los rasgos funcionales de los individuos separándolos por morfo especies cuando su identificación no es posible. Este estudio se realizó con el objetivo de hacer una revisión bibliográfica que evidencie el conocimiento que se tiene actualmente de abejas en Colombia en diferentes áreas de estudio e identificar los estudios enfocados en ecología funcional (rasgos funcionales) de abejas, que permita conocer que rasgos se usan y proponer o resaltar algunos de importancia que sirvan de guía para diferentes estudios en los ecosistemas de Colombia. Se revisaron nueve bases de datos diferentes y se registraron las publicaciones de abejas realizadas en Colombia en una base de datos, con base en esta base de datos realizada se clasificó y analizó la información obtenida. Se encontró que la base de datos con mayor cantidad de publicaciones es Scopus con un total de 106 estudios seleccionados, el año en que se han publicado la mayor cantidad de estudios es 2016 con 24 estudios, la mayoría de los artículos fueron publicados por investigadores afiliados a la Universidad Nacional de Colombia con un total de 130 estudios publicados, el departamento en el que se han realizado la mayor cantidad de estudios es Cundinamarca con un total de 76 publicaciones y en los que menos se han publicado son Córdoba y Guainía con solo un estudio publicado por departamento, la mayoría de los estudios se han enfocado en los temas de taxonomía con 73 publicaciones y apicultura con 64 estudios, los temas menos estudiados en Colombia son biogeografía y ecología funcional con dos publicaciones por cada tema, los estudios de abejas en Colombia se han enfocado principalmente en *Apis mellifera*. También se propone una lista de rasgos funcionales que pueden ser medidos en abejas. Se evidencia un vacío de información en el estudio de abejas diferentes a la familia Apidae, especialmente en los departamentos que no son Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Magdalena y Santander, por último, también se evidencia la necesidad de hacer estudios que aborden la biogeografía y ecología funcional de las abejas en Colombia puesto que todavía no se han publicado suficientes artículos sobre estos temas.

1. INTRODUCCIÓN

Los insectos son el grupo taxonómico más diverso entre plantas y animales con alrededor de un millón de especies descritas mundialmente (Stork, 1988; Weisser & Siemann, 2004; Stork, 2007), siendo considerados el grupo con mayor éxito evolutivo (Purvis & Hector, 2000). Gracias a su basta abundancia y riqueza tienen una fuerte influencia en los ecosistemas actuando como herbívoros, polinizadores, dispersores de semillas, predadores, parásitos, detritívoros o ingenieros del ecosistema; por otro lado, el interés en su importancia económica, ecológica y cultural ha incrementado volviéndolos un grupo de importancia para proyectos de conservación y restauración de los ecosistemas (Guzmán-Mendoza et al., 2016). Lamentablemente se ha demostrado que las poblaciones de insectos se están enfrentando a un declive poblacional debido en gran parte

a la pérdida de hábitat, contaminación y cambio climático (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Las abejas como los otros insectos también están enfrentando un declive poblacional, aunque todavía no se conoce el estado exacto en el que se encuentran, se reportó que entre el 2006 y el 2015 se recolectaron y registraron 25% menos de especies de abejas mundialmente (Zattara & Aizen, 2021), resaltando la importancia de conocer la diversidad y buscar soluciones para su preservación y conservación.

Los artrópodos terrestres han sido usados como indicadores del cambio en el uso del suelo, entre estos las abejas debido a su importancia ambiental y económica como los mayores polinizadores de las regiones tropicales (Renner & Feil, 1993; Lawton et al., 1998; Michener, 2007; Hendrickx et al., 2007; Ramos-Fabiel et al., 2018; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019), de las abejas se resalta su eficiencia en la búsqueda e identificación específica de las especies de plantas de las que se quieren alimentar, además de la constancia con que lo hacen, permitiéndoles encontrar flores escasas o raras, esto las convierte en polinizadoras por excelencia (Matias et al., 2017). La mayoría de los estudios se han centrado en el estudio de la abeja de la miel (*Apis mellifera*) debido a que es considerada el polinizador económicamente más importante (Southwick & Southwick, 1992; Morse & Calderone, 2000; Allsopp et al., 2008; Garibaldi et al., 2013). Por otro lado, los estudios de otras abejas silvestres son de importancia que ya esas abejas se encargan de polinizar flores tanto generalistas como especialistas como es el caso de las abejas Euglosinas que son mega polinizadores de muchas plantas y muchas especies de orquídeas tropicales dependen específicamente de estas abejas para su reproducción (Michener, 2007).

Aunque el estudio de artrópodos es útil para determinar condiciones de los ecosistemas, debido a la basta riqueza de especies de insectos y pocos estudios realizados en zonas tropicales, existen bastantes especímenes que no pueden ser clasificados a especies, generando limitaciones para el análisis de procesos ecosistémicos (Medina & González, 2014; Ramos-Fabiel et al., 2018). Las perturbaciones o cambios del hábitat tienen fuertes implicaciones en la distribución de las especies (Murcia, 1995), siendo algunas especies de insectos beneficiadas en términos de riqueza y/o abundancia (Chacoff & Aizen, 2006; Cornelissen, 2014; Olson & Andow, 2008; Langhans & Tockner, 2014). Sin embargo, se ha demostrado que la redundancia y diversidad funcional en los ecosistemas se ven fuertemente afectadas por las perturbaciones antrópicas, incluso en mayor medida que la diversidad o riqueza taxonómica de especies (Salgado-Negret, 2015; Kratschmer et al., 2019).

Mundialmente la polinización es considerada un servicio de vital importancia, razón por la que actualmente existen distintas iniciativas en todos los continentes con el objetivo de evaluar el estado de los polinizadores nativos, sus interacciones con plantas y también determinar el valor de los servicios ecosistémicos prestados por las abejas y sobre todo el grado de dependencia del hombre a estos servicios (Nates-Parra, 2016), las abejas a parte de la polinización también brindan servicios de medicina por las cualidades anti-inflamatorias y anti-virales del veneno producido por *Apis mellifera* y sustento económico a partir de los productos que se extraen de ellas como el polen, la

miel y el propóleo (Matias et al., 2017). En Colombia se publicó en el año 2016 el libro “Iniciativa colombiana de polinizadores: abejas” en el que se habla de las familias de abejas presentes en Colombia y se brinda información para conocer su biología y ecología (Nates-Parra, 2016), estas publicaciones brindan un gran valor a la investigación en Colombia ya que aportan estrategias y conocimiento relevantes para la conservación de las abejas, además de la relevancia que ocupan en un país mega diverso como Colombia.

Varios autores afirman que el estudio de los rasgos funcionales de los individuos de las especies puede proporcionar más información que solo la diversidad taxonómica, separando a los individuos por morfo especies cuando su identificación no es posible (Arnold, 1983; Lawton et al., 1998; Steffan-Dewenter & Tschardt, 2000; McGill et al., 2006; Vandewalle et al., 2010; Moretti et al., 2017; Ramos-Fabiell et al., 2018), razón por la que el estudio de los rasgos funcionales de abejas puede proporcionar una buena información de la transformación y deterioro de los ecosistemas, debido a que las abejas son consideradas el mayor agente polinizador de las plantas con flores (Kevan & Baker, 1983; Michener, 2007; Galletto et al., 2007; Vélez-Ruiz, 2011) e influyen en procesos como la reproducción de plantas de bosques y producción de frutos en cultivos. A pesar de que Colombia cuenta con una buena diversidad de abejas, la gran mayoría se encuentra en colecciones entomológicas sin identificar, esto genera vacíos de información al estudiar la transformación y estado de los ecosistemas en Colombia (Gonzalez, 2014). Emplear un protocolo de medición de rasgos funcionales de abejas podría ser útil no solo para evaluar el estado actual de los ecosistemas sino también para comparar la diversidad y redundancia funcional de diferentes épocas, tanto en trabajos de campo, como haciendo uso de colecciones entomológicas. Para un país como Colombia las revisiones bibliográficas aportan en estado del conocimiento actual, visibilizan vacíos de información y pueden aportar en varias investigaciones futuras. Razón por la que este estudio se enfoca en realizar una búsqueda y análisis de las investigaciones en abejas realizadas en Colombia enfocándose en los estudios de ecología funcional en abejas.

2. OBJETIVOS

Este trabajo tiene el propósito hacer una revisión bibliográfica que evidencie el conocimiento que se tiene actualmente de abejas en Colombia en diferentes áreas de estudio e identificar los estudios enfocados en ecología funcional (rasgos funcionales) de abejas, que permita conocer que rasgos se usan y proponer o resaltar algunos de importancia que sirvan de guía para diferentes estudios en los ecosistemas de Colombia. Por esta razón se plantean los objetivos a continuación.

2.1. Objetivo General

Determinar el estado de conocimiento de las abejas en Colombia con énfasis en ecología funcional, con la finalidad de identificar vacíos de información y resaltar futuras líneas de investigación.

2.2. Objetivos Específicos

1. Analizar el estado de investigación actual de las abejas en Colombia.
2. Identificar vacíos de información en ecología funcional en abejas, para resaltar futuras líneas de investigación en Colombia.
3. Generar un listado de rasgos funcionales de abejas con base en información complementaria.

3. METODOLOGÍA

Se realizó búsqueda de información en las bases de datos Scopus, Web of Science, Redalyc, Scielo, Dialnet, REDIB, Repositorio Universidad Militar, Repositorio Universidad Javeriana y Repositorio Universidad Nacional; también se añadieron algunas investigaciones conocidas que no se encontraron en ninguna de las bases de datos revisadas. De todos los estudios en abejas encontrados en las bases de datos se seleccionaron aquellos que fueron realizados en Colombia.

3.1. Método de Búsqueda

Para cada base de datos se empleó un algoritmo de búsqueda diferente como se presenta a continuación:

- *Scopus*: se utilizó el algoritmo booleano de búsqueda “bee OR bees OR apoidea AND Colombia”.
- *Web of Science*: se utilizó el algoritmo booleano de búsqueda “AB = (bee OR bees 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”.
- *Repositorio Institucional Universidad Nacional*: se buscó la palabra clave “abejas”.
- *Repositorio Institucional Universidad Militar*: se buscó la palabra clave “abejas”.

3.2. Registro de la información en la base de datos

Cada publicación fue revisada y la información y datos de interés que ayudaran a identificar las tendencias en el estudio de abejas en Colombia fue registrada en una base de datos que contiene los siguientes campos: autor, título (título del estudio), año (año de publicación del artículo), objetivo (cuál fue el objetivo del estudio), conclusión (cuál fue la conclusión general del estudio), si usan rasgos funcionales, si usan rasgos morfológicos, que rasgos registran, como se miden (método y métrica usada para la medición), país, departamento, municipio, localidad (en que sitio específico se realizó el estudio), tema (según los criterios seleccionados, se explica más abajo), subtema (separación de enfoques de las

temáticas), familia, género, especie, recurso (libro, revista o tesis de grado), nombre del recurso (nombre de la editorial, revista o universidad), ID de recurso (volumen, número y páginas del artículo) y base de datos (nombre de la base de datos consultada) (ver Anexo 1).

3.3. Selección de Temas

Los artículos seleccionados fueron separados en 12 temas diferentes, estos temas se identificaron y se proponen luego de la revisión de todas las publicaciones, como una manera de agruparlas y determinar el interés de los investigadores en abejas colombianas. Estos temas fueron: (i) apicultura, (ii) taxonomía, (iii) biología, (iv) genética, (v) ecología, (vi) ecología del paisaje, (vii) ecología funcional, (viii) biogeografía, (ix) veneno, (x) pesticidas, (xi) bioprospección y (xii) otros (Anexo 1). A partir de la definición de cada tema, se establecieron algunos criterios específicos para su clasificación, los cuales se presentan a continuación:

- *Apicultura*: ciencia que se dedica al cultivo de abejas, tradición milenaria que consiste en cuidar un enjambre de abejas dentro de colmenas, obteniendo de ellas un excedente, la miel y otros productos naturales como propóleo, polen, jalea real y medicinas (Contreras-Hernández, 2017). Para este estudio en esta categoría se seleccionaron los artículos cuyo enfoque son aspectos relacionados con miel, propóleo, polen u otros derivados provenientes de las abejas (tanto nativas como *Apis mellifera*), así mismo como estudios en torno al manejo de colmenas.
- *Taxonomía*: ciencia que se encarga de describir, identificar y clasificar a los organismos en un sistema jerarquizado e inclusivo (Arija, 2012). Para este estudio se clasificaron en esta categoría los artículos enfocados en la descripción o registro de una o varias especies de abejas.
- *Biología*: ciencia que estudia a los seres vivos y busca comprender las funciones y estructuras de los seres vivos (Jiménez et al., 2006). En este estudio se incluyeron en esta categoría los artículos que describen o informan sobre los aspectos biológicos de las abejas como metabolismo, comportamiento, reproducción, estructura, composición y termorregulación de nidos.
- *Genética*: ciencia que estudia la transmisión de la información hereditaria de una generación a la siguiente, su objeto de estudio son los genes, los cuales pueden abordarse desde perspectivas molecular, orgánica, bioquímica, celular, familiar, poblacional o evolutiva (Rodríguez-Arnaiz et al., 2004). En esta categoría se incluyeron los artículos enfocados en la caracterización genética de especies o el estudio de las relaciones genéticas entre abejas.
- *Ecología*: estudio de las interacciones de los organismos entre sí y con su ambiente, o el estudio de la relación entre los organismos y su medio ambiente físico y biológico (Sánchez-Cañete & Ponte-Pedrajas, 2010). En esta categoría se incluyeron los artículos que se enfocan en las relaciones inter e intraespecíficas de las abejas, o de estas en el ambiente.
- *Ecología del Paisaje*: ciencia interdisciplinaria que se encarga de estudiar la estructura, composición, funcionalidad y cambio del paisaje (Forman & Gordon, 1986; Vila-Subirós et al., 2006). Para esta categoría se seleccionaron los artículos enfocados en el estudio de la influencia de la estructura y composición del paisaje sobre las abejas.

- *Ecología Funcional*: estudio de la diversidad funcional, definida como el grado de diferencias de rasgos funcionales entre y dentro de las especies (Mason & de Bello, 2013). En esta categoría se incluyeron los artículos enfocados en el estudio de la diversidad funcional o de rasgos funcionales de las abejas.
- *Biogeografía*: disciplina de la biología comparada que se encarga de estudiar los procesos causales históricos y ecológicos que determinan la distribución espacial de los organismos (Sanmartín, 2012). Para esta categoría se tuvieron en cuenta los artículos enfocados en el estudio de la distribución geográfica de las abejas.
- *Veneno*: sustancia producida por algunas abejas (especialmente *Apis mellifera*) la cual se compone de varios compuestos orgánicos de bajo y alto peso molecular (Valderrama-Hernández, 2003). En este estudio se clasificaron en esta categoría los artículos enfocados en el estudio de las toxinas del veneno de abejas y su potencial uso para tratamiento de enfermedades.
- *Pesticidas*: sustancias destinadas a combatir plagas o pestes, suelen ser sustancias químicas, orgánicas, inorgánicas o microbiológicas, líquidas o sólidas que producen efectos tóxicos sobre ciertos organismos vivos (Bedmar, 2011). Para esta categoría se incluyeron los artículos enfocados en el efecto de los pesticidas (insecticidas, herbicidas, etc.) sobre las abejas.
- *Bioprospección*: disciplina que realiza una búsqueda sistemática de componentes naturales y organismos completos de la biodiversidad con el fin de otorgarles un valor comercial para el desarrollo de productos (Gómez-Madrugal et al., 2014). En esta categoría se seleccionaron los artículos donde se investiga como las colmenas, miel, polen, entre otros producidos por abejas, sirven para el desarrollo de otros productos o tecnologías.
- *Otros*: en esta categoría se incluyeron los 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, metodologías de estudio y análisis de información, conocimiento sobre abejas de tribus indígenas, entre otros.

3.4. Listado de Rasgos Funcionales

Con base en los artículos encontrados y artículos complementarios de otros países se propone una lista de rasgos funcionales que puedan ser medidos en abejas tropicales con su respectiva metodología de medición, relación ecológica y herramientas estadísticas que puedan ayudar al análisis de información.

4. RESULTADOS

4.1. Estudios de abejas en Colombia en las bases de datos

Dentro de las bases de datos seleccionadas, se encontró un total de 277 estudios de abejas realizados en Colombia de los cuales algunos se encontraron simultáneamente en varias bases de datos, por lo tanto, se incluyeron una única vez en la base de datos del Anexo 1, pero teniendo en cuenta las bases de datos en las que se encontraba. El total de estudios encontrados en las bases de datos fue de 266 y 11 en otros recursos (Tabla 1).

Scopus fue la base de datos en la que se encontró la mayor cantidad de artículos con un total de 163 estudios y también fue la base de datos en la que se

seleccionaron la mayor cantidad de artículos con 106, que cumplían con los criterios de búsqueda (abejas y Colombia), la base de datos en la que se encontraron menos artículos fue Dialnet con 36 estudios, sin embargo, la base de datos en la que se seleccionaron menos artículos fue el Repositorio Institucional de la Universidad Militar con 5 estudios seleccionados.

BASE DE DATOS	ENCONTRADOS	SELECCIONADOS
Scopus	163	106
Web of Science	135	76
Redalyc	128	33
Scielo	108	59
RIUN	122	67
RIUM	58	5
Dialnet	36	17
REDIB	61	46
RIUJ	69	7
Literatura	11	11

Tabla 1. Cantidad de estudios encontrados y seleccionados en cada base de datos revisada.

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

El primer estudio de abejas en Colombia fue realizado en el año 1929 (Salt, 1929), entre los años de 1930 y 1947, se observa una baja cantidad de estudios con un total de 3 publicaciones (Figura 1). Sin embargo, en el periodo comprendido entre 1948 y 1982, no se encontraron registros de investigaciones. Es entre los años 1980 a 1990 que incrementa la cantidad de estudios publicados a un total de 12 pero sigue siendo una cantidad muy baja, entre los años 1990 a 2010 los estudios publicados siguen aumentando a un total de 97 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 277 (Figura 1). Los años en los que se publicaron la mayor cantidad de estudios fueron 2019 con 20 estudios publicados, 2012 con 23 publicaciones y 2016 con 24 artículos publicados. A continuación, se muestra un gráfico de la cantidad de estudios de abejas publicados en Colombia por año (Figura 1) y un gráfico de la curva acumulativa de publicaciones en el transcurso de los años entre 1929 y 2020 (Figura 1). Estas publicaciones en Colombia han sido en su mayoría artículos de revistas con 217 artículos, le siguen las publicaciones que son tesis de grado con 56 publicaciones y por último libros con cuatro publicaciones.

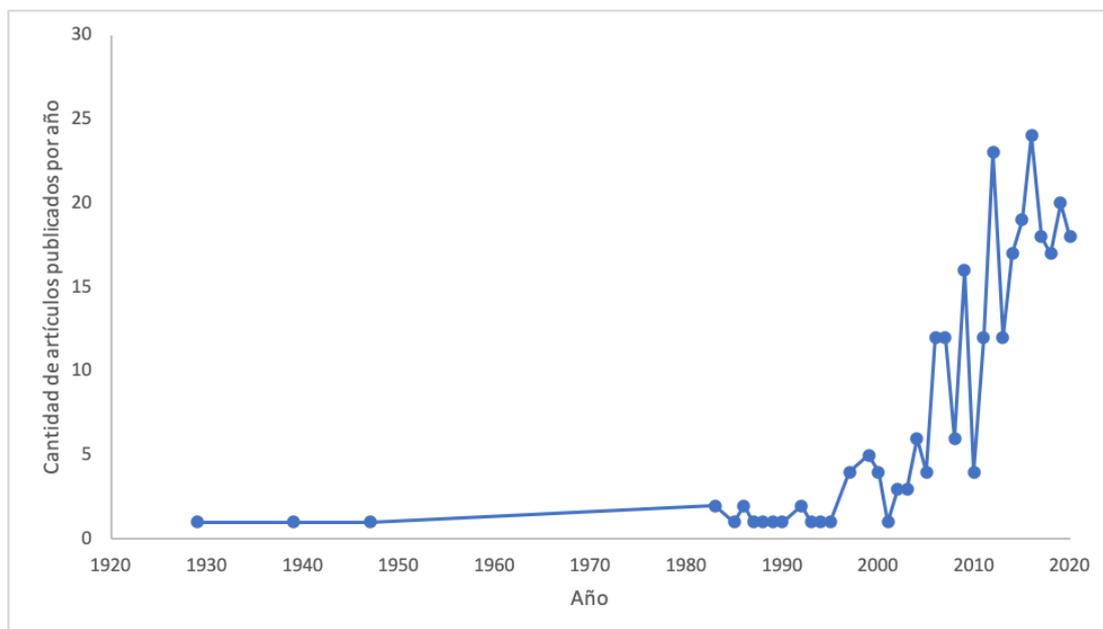


Figura 1. Cantidad de estudios de abejas en Colombia publicados por año entre 1929 y 2020.

4.3. Estudios de abejas en Colombia por afiliación institucional de los autores

Los resultados mostraron que de los estudios de abejas publicados en Colombia han sido en su mayoría realizados por autores afiliados a la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá con un total de 130 artículos publicados, seguida por la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín con 35 estudios publicados, le sigue la Universidad de Kansas con 26 estudios, la Universidad Militar Nueva Granada con 14 artículos y la Pontificia Universidad Javeriana con 12 estudios publicados, el resto de las instituciones han publicado nueve o menos estudios. Se encontró que 52 instituciones han publicado solo un estudio, 14 instituciones han publicado de a dos estudios y diez instituciones han publicado de a tres estudios. De las instituciones que han realizado publicaciones en Colombia, la mayoría son universidades con un total 68, instituciones publicas y privadas con un total de 25 y por último museos con un total de tres.

4.4. Estudios de abejas en Colombia por departamento

El conteo de estudios en abejas por departamento en Colombia mostró que en todos los 32 departamentos de Colombia se han realizado al menos un estudio en torno a las abejas (Figura 2).

Para cada departamento de Colombia, se realizó el conteo de estudios en abejas, de los resultados obtenidos se encontró 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, 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 5 o menos publicaciones por departamento (Figura 2).

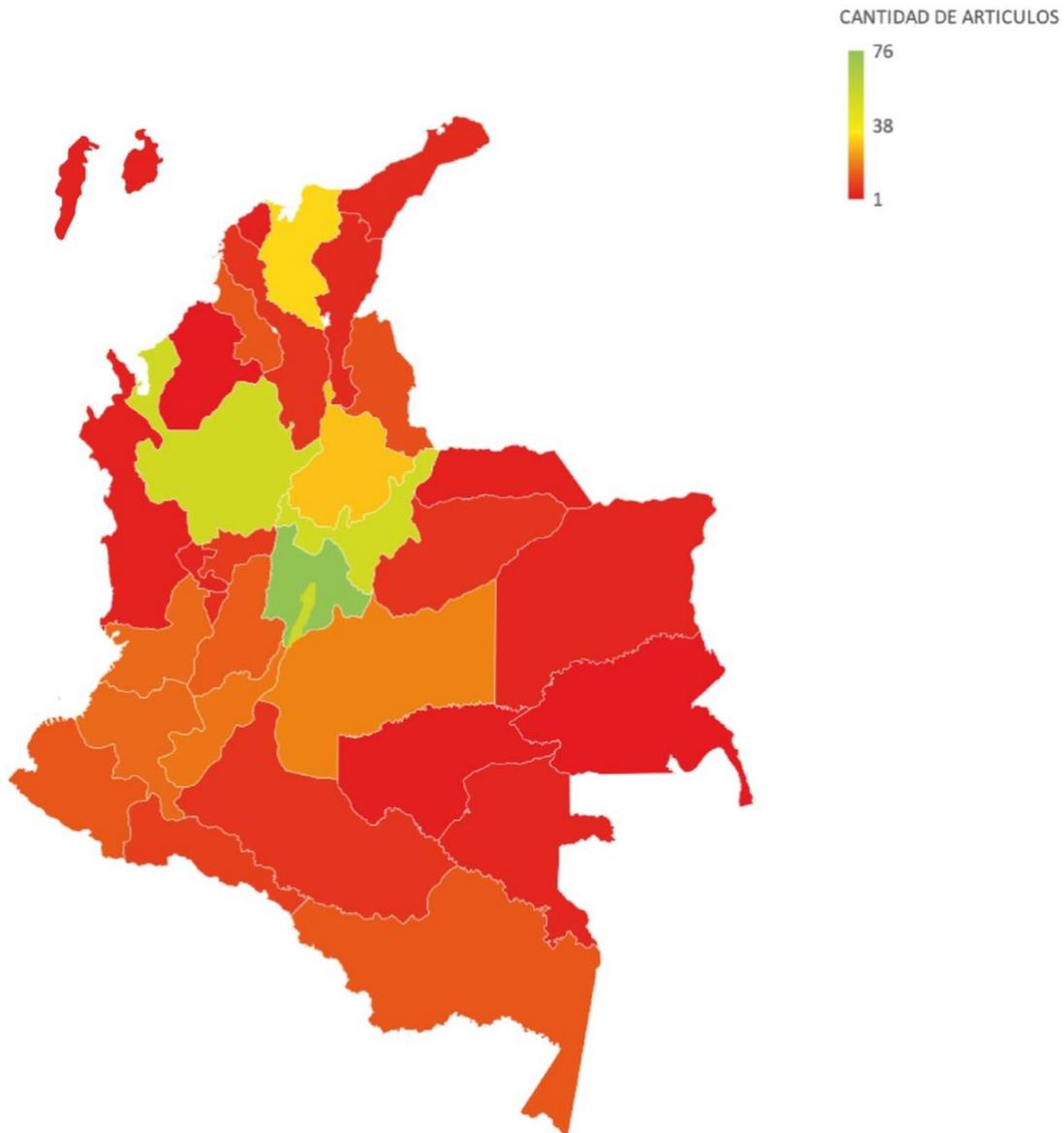


Figura 2. Mapa de la cantidad de artículos de abejas en Colombia por departamento.

4.5. Estudios de abejas en Colombia por temática

Dentro de los temas seleccionados, los que mostraron una mayor cantidad de artículos publicados fueron taxonomía con 73 estudios, seguida por apicultura con 64 artículos, ecología con 45 estudios, bioprospección con 29 y biología con 27. Las categorías con menor cantidad de artículos publicados fueron biogeografía y ecología funcional con 2 artículos cada una, otros temas de investigación como veneno, genética y pesticidas tienen 5 o menos artículos publicados (Figura 3).



Figura 3. Cantidad de estudios publicados en cada tema.

4.6. Estudios de abejas en Colombia por géneros

De los 277 artículos analizados, 44 se enfocan en 6 o más géneros, se realizó un conteo de la cantidad de estudios por género teniendo en cuenta los artículos que se enfocaban en 5 o menos géneros. El género más estudiado en Colombia ha sido *Apis*, específicamente la especie *Apis mellifera*, le siguen *Euglossa* con 21 estudios, *Bombus* con 17, *Melipona* con 15, *Tetragonisca* con 14 y *Eulaema* con 12. Los géneros que cuentan con menos de 10 estudios son: *Trigona*, *Exaerete*, *Eufriesea*, *Centris*, *Xylocopa*, *Nannotrigona*, *Aglae*, *Scaptotrigona*, *Paratrigona*, *Lestrimelitta*, *Lasioglossum*, *Thygater*, *Tapinotaspoides*, *Leioproctus*, *Megachile*, *Heriades*, *Geotrigona*, *Chlerogas*, *Chilicola* y *Anthophora*, los géneros que cuentan con solo un estudio son: *Zanysson*, *Stelis*, *Paratrigonoides*, *Oxytrigona*, *Neocrynura*, *Microstigmus*, *Lophothygater*, *Leurotrigona*, *Ischnomelissa*, *Ceratina*, *Caenohalictus*, *Augochloropsis* y *Agapostemon*.

5. DISCUSIÓN

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

La investigación sobre abejas en Colombia, según los registros obtenidos, lleva aproximadamente 92 años, iniciando en el año 1929 con la publicación de George Salt, quien reporta 16 especies de abejas sin aguijón en Santa Marta, departamento del Magdalena (Salt, 1929). Luego en los años 1939 y 1947, que se publican dos artículos, uno enfocado en el valor del veneno de *Apis 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). Luego de más de 30 años sin publicaciones (entre 1948 y 1982), en la década de los 80's nuevamente se presentan estudios de abejas en el país y se observa un incremento en la cantidad de estudios publicados (Figura 1). La mayoría realizados por o con la colaboración de la autora Guiomar Nates Parra, profesora e investigadora de la Universidad Nacional de Colombia, 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 & Nates-Parra, 1985; Vergara-B et al., 1986; Ospina et al., 1987;

Roubik & Nates-Parra, 1989), en esta década también se destacan estudios enfocados en la diversidad fauna de abejas en regiones como el Valle de Aburra y el Valle del Cauca (Cardona & Arango, 1983; Satizabal-E. et al., 1986). Durante la década de los 90's se publican 15 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)" 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 la fecha en 1992 (Nates-Parra & Fernández, 1992). En la década de los 2000's, se incrementan considerablemente la cantidad de estudios con 67 artículos publicados, durante esta década se evidencia que se mantiene el interés en las abejas sin aguijón, incrementan los estudios sobre abejas de orquídeas y *Apis mellifera*, también se publican artículos enfocados en el género *Bombus* (por ejemplo: Botero-Garcés & Morales-Soto, 2000; González-B. & Ospina-Torres, 2000, Nates-Parra, 2001; Ospina-Torres et al., 2006; Nates-Parra et al., 2006a; Parra-H. et al., 2006; López-Urbe et al., 2007; Prada et al., 2009; Pedro & Camargo, 2009, entre otros (ver Anexo 1)). 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). Durante la década de 2010, se observa un notable aumento en la cantidad de artículos publicados con 184 estudios entre los años 2010 y 2020, en esta década 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 *Apis mellifera*, se mantiene el interés de describir y registrar nuevas especies, así como el interés en las abejas Euglosinas y sin aguijón (Por ejemplo: Fernández et al., 2010; Hinojosa-Díaz et al., 2012; Velásquez-Giraldo et al., 2013; Nates-Parra et al., 2013; Montoya-Pfeiffer et al., 2014; Cardona et al., 2019; Martínez-L. & Otero-O., 2019; Guevara et al., 2020, entre otros). También se encuentra la publicación de "Recuento sobre las publicaciones de las abejas silvestres de Colombia" en el que se realizó una revisión bibliográfica de los estudios que registraban especies de abejas en Colombia y realizan un análisis de los estudios por familia, concluyendo que hasta el año 2011 las familias más estudiadas son Apidae y Halictidae. Sin embargo, aunque Halictidae fue la segunda mejor estudiada afirman que aún falta más investigación sobre esta y enfatizan en la importancia de generar estudios enfocados en otras familias de abejas, especialmente Colletidae, Andrenidae y Megachilidae puesto que todavía existen muchos vacíos de información en el registro, ecología y biología de estas familias (Vélez-Ruiz, 2011). Así mismo, de esta última década se destaca el libro de "Iniciativa colombiana de polinizadores: Abejas" el cual presenta información general de las abejas de Colombia y plantea información, prácticas y acciones para promover a la conservación de abejas y los servicios que estas brindan a los habitantes de Colombia (Nates-Parra, 2016) y

5.2. Distribución de las investigaciones en abejas por departamentos en Colombia

Los departamentos en los que se han publicado una mayor cantidad de estudios son Cundinamarca, Bogotá, Antioquia y Boyacá, esto puede deberse a que la mayoría de las publicaciones han sido realizadas por autores afiliados a la

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá y la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín y los autores realizan los estudios dentro de sus cercanías posibles. La poca cantidad de estudios en varios departamentos de Colombia demuestra que todavía falta mucha investigación en abejas colombianas, en temas principales como diversidad, ecología y biología. Existen muchos vacíos de información sobre la diversidad de abejas presentes en los departamentos de Córdoba, Guainía, Guaviare, San Andrés y Providencia, Arauca, Atlántico, Chocó, Risaralda, Vaupés, Vichada, Cesar y La Guajira, limitando la información disponible para una adecuada conservación de las abejas y los servicios ecosistémicos que brindan.

5.3. Temas de investigación en abejas de Colombia

5.3.1. Apicultura

En cuanto a los artículos enfocados en apicultura, la mayoría trata de la calidad y características fisicoquímicas, térmicas y microbianas de la miel producida por *Apis mellifera* (por ejemplo: Talero-Urrego, 2014; Montoya-Pfeiffer et al., 2014; Mesa-Valencia, 2015; Grosso et al., 2015; Andrade et al., 2016; Urrego-Ramírez, 2017, entre otros). Luego le siguen los artículos enfocados en melisopalínología, ciencia que estudia el origen de los granos de polen en la miel de abejas (Barajas et al., 2012; Velásquez-Giraldo et al., 2013; Nates-Parra et al., 2013; Chamorro-García et al., 2013; Zambrano et al., 2013; Valencia-Cardona, L.O. & Velásquez-Ruíz, 2014). En menor cantidad se han realizado estudios enfocados en el estudio de la calidad y características fisicoquímicas, térmicas y microbianas del polen y propóleo producidos por *Apis mellifera*, así mismo, en áreas como patógenos, técnicas o procesos, manejo de colmenas y características fisicoquímicas de la jalea real (Satizabal-E. et al., 1986; García-García et al., 2006; Silva-Rojas et al., 2016; Zamudio-S. et al., 2017; Graciano-Villa, 2018; Duran et al., 2019; Zuluaga-Domínguez & Quicazan, 2019; Cardona et al., 2019; Rodríguez et al., 2020). Aunque se han realizado muchos esfuerzos para estudiar la miel, el propóleo y el polen de las abejas de la miel (*Apis mellifera*), existen todavía muchos vacíos de información sobre el origen, calidad y características de la miel producida por las abejas sin aguijón, puede que produzcan miel en una menor cantidad que *Apis mellifera*, pero el manejo de abejas sin aguijón es una potencial actividad sustentable con una gran posibilidad de descubrir nuevos productos con características únicas debido a su origen natural y además se estima que pueden haber alrededor de 900 especies nativas en Colombia (Fuenmayor et al., 2013). En apicultura se destacan los esfuerzos realizados por la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá que ha publicado la mayor cantidad de estudios sobre este tema en Colombia.

5.3.2. Taxonomía

En taxonomía predominan los estudios enfocados en hacer revisiones bibliográficas de abejas ya sea en familias, tribus o géneros y revisiones a los individuos presentes en colecciones entomológicas, en estos estudios el interés se ha enfocado en mayoría hacia las abejas sin aguijón (Salt, 1929; Nates-Parra, 1983; Roubik & Nates-Parra, 1989; Nates-Parra, 1990; Nates-Parra et al., 1999; Nates-Parra, 2001; Gonzalez & Nates-Parra, 2004; Camargo & Roubik, 2005; Nates-Parra et al., 2006a; Hernandez et al., 2007; Pedro & Camargo, 2009;

Gonzalez et al., 2009; Nates-Parra & Rosso-Londoño, 2013; Jaramillo et al., 2019; Engel et al., 2019; Guevara et al., 2020), En menor cantidad se han publicado estudios enfocados en la descripción de nuevas especies de abejas para Colombia especialmente especies de abejas Euglosinas y del género *Centris* (Nates-Parra & Bonilla-Gómez, 1992; Ospina-Torres, 1997; Ramírez et al., 2002; Ramírez, 2005; Ospina-Torres et al., 2006; Parra-H. et al., 2006; Gonzalez & Sepúlveda, 2007; Hinojosa-Díaz & Engel, 2007; Vélez-Velandia, 2012; Vélez & Vivallo, 2012; Hinojosa-Díaz et al., 2012; Vivallo et al., 2013; Vivallo & Vélez, 2016; Vivallo et al., 2016; Sanchez-Marroquin, 2017; Vélez & Vivallo, 2018; Tellez-Farfán, 2019), el resto de los estudios se enfocan en menor medida en el registro o reporte de es especies de abejas ya conocidas en el mundo pero que no habían sido reportadas en Colombia (Engel, 1997; Gonzalez, 2006; Gonzalez et al., 2009; Gonzalez & Griswold, 2011; Gonzalez & Florez, 2011; Gonzalez & Engel, 2012; Gonzalez et al., 2012; Gonzalez & Griswold, 2012). Se evidencia un gran esfuerzo en el conocimiento de la diversidad de las abejas sin aguijón, las abejas Euglosinas y las abejas del género *Centris*. Sin embargo, todas estas pertenecen la familia Apidae, dejando un gran vacío de información en todas las demás familias. Al igual que en los resultados de (Vélez-Ruiz, 2011) se evidencia que la segunda familia de abejas mejor estudiada en Colombia es Halictidae con 20 estudios publicados, resaltando una gran diferencia con Apidae que cuenta con 246 artículos publicados. Se evidencia un gran vacío de información en las familias Anthophoridae, Cabronidae y Sphecidae ya que cada una sólo cuenta con un artículo publicado. En taxonomía de nuevo de resaltan los esfuerzos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá por ser la institución con mayor cantidad de estudios publicados en este tema.

5.3.3. Biología

De biología, la mayoría de los estudios se encuentran enfocados en el estudio del forraje de las abejas y su capacidad de aprendizaje y memoria (Osorno-Mesa, 1947; Villa, 1988; Otero et al., 2008; Parra-H. & Nates-Parra, 2009; Nates-Parra & Rodríguez, 2011; Tovar-Casallas, 2012; Amaya-Marquez et al., 2017; Graciano-Villa et al., 2018; Amaya-Marquez et al., 2019; Velásquez-Díaz, 2020), les siguen por una pequeña diferencia los artículos que tratan sobre la arquitectura y construcción de nidos, metabolismo interno y comportamiento de la abejas (Morales-Soto et al., 1999; Torres et al., 2007; Fernández et al., 2010; Rojas-Prieto & Cure, 2012; Gamboa et al., 2015; Castañeda-Murcia, 2015; Pinilla-Gallego et al., 2016; Vergara-Amado et al., 2020), en menor medida se han publicado estudios en torno a la reproducción, comportamiento defensivo y termorregulación de las abejas (Moreno-Galarza, 2012; Pinilla-Gallego & Aguilar, 2016; Portillo-Carrascal, 2016; Restrepo-García et al., 2019; Riveros et al., 2020). Aunque se han publicado varios estudios sobre la nidificación de las abejas, la mayoría se han enfocado en nidos de abejas sin aguijón dejando un vacío de información en la nidificación de otras especies de abejas especialmente de aquellas con un comportamiento solitario. Por otro lado, aunque se han realizado muchos estudios sobre las abejas Euglosinas, existe un gran vacío de información sobre las hembras de esta tribu debido a que son difíciles de ver y capturar manualmente y no se ven atraídas a las trampas de aromas como si lo hacen los machos de esta tribu, razón por la que existen

muchas especies de abejas de las orquídeas que solo se tienen registros de machos (Nates-Parra, 2016).

5.3.4. Genética

Sobre el tema de genética se abordan en la misma cantidad estudios sobre el ADN mitocondrial de las abejas y sobre el estudio de las expresiones genéticas en un grupo de abejas (López-Uribe et al., 2007; Prada et al., 2009; Grosso, 2010; Nates-Parra, 2011; Tibatá et al., 2018; Manzi et al., 2020). En este tema se evidencia un vacío de información en casi todas las especies de Colombia debido a que la mayoría de los estudios fueron realizados en *Apis mellifera* y solo uno enfocado en abejas Euglosina. Es necesario realizar estudios de genética enfocados en abejas sin aguijón y otras abejas nativas.

5.3.5. Ecología

En ecología la mayoría de los artículos se enfocan en la polinización brindada por las abejas y el efecto de está en la calidad de los frutos y las preferencias florales de las abejas al momento de polinizar (Cardona & Arango, 1983; Smith-Pardo, 1999; Gonzales et al., 2002; Aguilar-Sierra & Smith-Pardo, 2008; Gonzalez & Ospina, 2008; Amaya-Marquez, 2009; Aguilar-Sierra & Smith-Pardo, 2009; Obregón-Corredor, 2011; Jaramillo-Delgado, 2012; Sepúlveda-Cano, 2013; Obregón et al., 2013; Rodríguez-Calderón, 2014; Bravo-Monroy et al., 2015; Pinilla-Gallego & Nates-Parra, 2015; Calderón-Acero, 2017; Gutiérrez-Chacón et al., 2018a; Jaramillo-Silva, 2019; Florez-Gomez et al., 2020), en menor cantidad se han realizado estudios enfocados en conservación, métodos de captura, parásitos, parasitoides y disminución poblacional de las abejas (Nates-Parra & González-B., 2000; Vázquez et al., 2006; Avellaneda-Barbosa, 2009; Montoya-Pfeiffer, 2011; Chauta-Mellizo et al., 2012; Grosso et al., 2017; Peña-Mojica, 2017). Aunque la mayoría de los estudios se han enfocado en la polinización prestada por las abejas, gran parte de estos se centran en la polinización prestada por *Apis mellifera*, dejando un vacío de información en la polinización prestada por otras abejas, abejas nativas, que pueden tener una polinización más eficiente que *Apis mellifera* como como se ha demostrado con la especie *Bombus hortulanus* (Sarmiento-Puentes, 2019).

5.3.6. Ecología del Paisaje

En ecología del paisaje la mayoría de los estudios se han enfocado en estudiar la diversidad de abejas en diferentes paisajes o coberturas, estos estudios se han enfocado en su mayoría en las abejas de orquídeas y sin aguijón, el resto trabajan con abejas silvestres en general y solo uno estudia la variación de características morfométricas de *Apis mellifera* en 4 estaciones a lo largo de un gradiente altitudinal (Sandino, 2004; Nates-Parra et al., 2006b; Palacios-Morillo, 2006; Parra-H. & Nates-Parra, 2007; Smith-Pardo & Gonzalez, 2007; Nates-Parra et al., 2008; Otero & Sandino, 2003; Sepúlveda-Cano et al., 2017; Orjuela-Parrado, 2018; Gutiérrez-Chacón et al., 2018b; Cely-Santo & Philpott, 2019; Prado-Gutiérrez, 2020). En este tema todavía existe un vacío de información en general sobre como influencia la estructura y composición del paisaje sobre las abejas en Colombia, aunque la mayoría de los estudios de este tema se enfocan en abejas euglosinas y abejas sin aguijón no superan la cantidad de diez estudios publicados, además se evidencia en Colombia un vacío de información sobre la influencia de la ecología del paisaje sobre las abejas de las familias

Anthophoridae, Cabronidae, Sphecidae, Andrenidae, Colletidae, Megachilidae y Halictidae. La transformación del paisaje genera un proceso de fragmentación el cual incrementa el aislamiento, reduce el tamaño de los fragmentos e incrementa la proporción de hábitat de borde (Merriam & Wegner, 1992; Laurance et al., 2000; Galván-Guevara et al., 2015). Estos estudios son de importancia en la actualidad debido a que el efecto de borde tiene fuertes implicaciones en la distribución de las especies (Murcia, 1995), siendo algunas especies de insectos beneficiadas en términos de riqueza y/o abundancia (Chacoff & Aizen, 2006; Cornelissen, 2014; Olson & Andow, 2008; Langhans & Tockner, 2014). Sin embargo, se ha demostrado que la redundancia y diversidad funcional del hábitat se ven fuertemente afectadas por el efecto de borde (Kratschmer et al., 2019).

5.3.7. Ecología Funcional

Solo se encontraron dos artículos que estudian la diversidad funcional de abejas. En uno se estudia el cambio de la diversidad funcional de abejas Euglosinas a lo largo del tiempo en relación con las variables climáticas estacionales (Ramírez et al., 2015) y el otro busca evaluar el valor del hábitat para las abejas en cuatro corredores biológicos analizando la composición de la comunidad y la diversidad funcional de abejas pertenecientes a las familias Apidae, Colletidae, Halictidae y Megachilidae (Gutiérrez-Chacón et al., 2020). En este tema todavía existen muchos vacíos de información especialmente debido a que todavía se sigue investigando que rasgos funcionales de las abejas son relevantes para estudiar por su relación con las diferentes condiciones ambientales, hasta el momento los rasgos que más se han estudiado son tamaño corporal por medio de la medición del espacio intertegular y longitud de la lengua midiendo el prementum y la glosa (Harder, 1982; Roubik et al., 1995; Michener, 2007; Cariveau et al., 2016; Gutiérrez-Chacón et al., 2020).

5.3.8. Biogeografía

En biogeografía se encontraron dos estudios se enfocan en la distribución geográfica de abejas, uno con abejas de orquídeas y el otro con abejas sin aguijón (Gonzalez, 2007; Parra-H, A. & Nates-Parra, 2012), uno realizado en los departamentos de Amazonas, Cundinamarca, Nariño, Putumayo, Meta y Magdalena y el otro fue realizado en Bogotá analizando individuos de colecciones entomológicas, el primero tiene el objetivo de contribuir al conocimiento sobre la distribución geográfica de las abejas sociales sin aguijón en Colombia (Gonzalez, 2007) y el objetivo del segundo es 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, A. & Nates-Parra, 2012). Como en otros temas, en biogeografía se evidencia un vacío de información en abejas nativas que no sean euglosinas o sin aguijón, por otro lado, estos estudios fueron realizados en los departamentos de Amazonas, Cundinamarca, Nariño, Putumayo, Meta y Magdalena dejando un vacío de información de la biogeografía de las abejas en los demás departamentos de Colombia.

5.3.9. Veneno

En el tema de veneno los estudios se han enfocado en el estudio del veneno de abejas para uso médico y el análisis de los componentes presentes en el veneno de abeja (Sánchez, 1939; Valderrama-Hernández, 2003; Pineda-Guerra et al.,

2016; Jagua-Gualdrón et al., 2020). En este tema no se han publicado muchos estudios, pero pueden iniciar como una base para el estudio del veneno de abejas y su uso medicinal, actualmente esto podría ser de gran relevancia puesto que algunos autores afirman que la terapia médica con veneno de abejas puede ser una gran estrategia para combatir la pandemia de coronavirus en el mundo (Iceland-Kasozi et al., 2020). Razón por la que es necesario realizar estudios del comportamiento del veneno de las abejas en el cuerpo humano a nivel celular.

5.3.10. Pesticidas

En pesticidas la mayoría de los artículos se han enfocado en medir la contaminación de pesticidas o plaguicidas en las abejas mientras que solo en uno se han estudiado metodologías para medir plaguicidas en la miel de abejas (Rodríguez-López, 2011; Rodríguez-López et al., 2014; Jiménez & Cure, 2016; Zamudio-Sánchez, 2017; Martín-Culma & Arenas-Suárez, 2018). Se evidencia un vacío de información en cuanto a la afectación de agroquímicos en las abejas nativas en Colombia, puesto que la mayoría de los estudios en este tema se enfocaron en *Apis mellifera* y solo uno en *Bombus atratus*, dejando de lado las demás especies de abejas nativas de Colombia.

5.3.11. Bioprospección

De bioprospección la mayoría de los estudios tratan sobre las características fisicoquímicas y el uso de productos extraídos de las abejas como miel, propóleo y polen para mejorar la fermentación de productos lácteos (Gómez et al., 1997; Palomino-García et al., 2009; Fuenmayor-Bobadilla, 2009; Palomino-García et al., 2010; Barajas et al., 2011; Ferreira-Bastos et al., 2011; Torres-Carranza, 2012; Jagua-Gualdrón, 2012; Gutiérrez-Cortés & Suarez-Mahecha, 2014; Zuluaga-Domínguez et al., 2014; Cuenca-Quicazan, 2015; Zuluaga et al., 2015; Salazar-Gonzalez & Diaz-Moreno, 2016; Zuluaga et al., 2016). Otros temas en los que se han realizado estudios de bioprospección son aquellos que estudian el polen para pan de abejas, cera de abejas para alimentar crías de *Galleria mellonella* (Lepidoptera) debido a que se está investigando este lepidóptero para la biodegradación de plástico (Bombeli et al., 2017), actividad microbiana de miel y propóleos, características nutricionales del polen de abeja e información general de los productos provenientes de la miel, propóleo, polen y veneno producidos por las abejas y que pueden ser empleados para beneficio de los humanos. (Pardo-Puentes & Nates-Parra, 1994; Botero-Garcés & Morales-Soto, 2000; Barreto, 2004; Torres et al., 2004; Gonzalez et al., 2006; Gamboa-Abril & Figueroa-Ramírez, 2009; Amado-Sarmiento, 2013; Monserrate-Rojas, 2015; Blanco-Paz, 2016; Correa et al., 2017; Benavides-Guevara et al., 2017; Zuluaga-Domínguez et al., 2019; Correa-González et al., 2019; Monguí-Rojas, 2020; Espinosa et al., 2020).

5.3.12. Otros

En este tema mayoría de estudios de enfocan en metodologías para el estudio y conservación de las abejas o métodos multiresiduo para determinar plaguicidas en la miel de las abejas (Cabrera-Becerra & Nates-Parra, 1999; Nates-Parra, 2016; Hetherington-Rauth & Ramírez, 2016). Y en menor cantidad se han hecho estudios de parasitoides y de coevolución de abejas con plantas, en esta última se evidencia un vacío de información puesto que solo se cuenta con un estudio de este tipo (Velez, 2005).

5.4. Estudios de abejas en Colombia por géneros

Los resultados obtenidos evidencian que la mayoría de los estudios han estado enfocados en *Apis mellifera* y en menor cantidad en los géneros *Euglossa*, *Bombus*, *Melipona*, *Tetragonisca* y *Eulaema*, del resto de estudios gran parte de ellos se enfocan en otros géneros de abejas sin aguijón como *Scaptotrigona*, *Paratrigona* y *Geotrigona*. Se evidencia un vacío de información en los géneros de abejas pertenecientes a familias diferentes a *Apidae*, puesto que todos los géneros mencionados anteriormente pertenecen a esta familia. Según bibliografía Colombia cuenta con cinco familias de abejas que son *Colletidae*, *Andrenidae*, *Halictidae*, *Megachilidae* y *Apidae* (Smith-Pardo, 2003). Sin embargo, en este estudio se encontraron artículos enfocados en 8 familias que son: *Apidae* con 246 estudios, *Andrenidae* con tres estudios, *Anthophoridae* con un estudio, *Cabronidae* con un estudio, *Colletidae* con 12 estudios, *Halictidae* con 20, *Megachilidae* con 15 y *Sphecidae* con un estudio.

5.5. Ecología funcional en Colombia

De los dos artículos enfocados en ecología funcional, el primero realizó un estudio del ensamblaje filogenético y la diversidad funcional de abejas Euglosinas en relación con las condiciones climáticas estacionales en el Valle del Magdalena, con el objetivo de comparar la diversidad taxonómica y funcional a través de los cambios climáticos, encontraron que la diversidad, uniformidad y divergencia de rasgos funcionales permanecieron constantes durante todas las estaciones en todas las comunidades; sin embargo, la riqueza de rasgos funcionales fluctuó marcadamente con la lluvia en todos los sitios, en este estudio se tuvieron en cuenta los rasgos funcionales de longitud del cuerpo, ancho del cuerpo (distancia entre las tégulas en la base de las alas), masa corporal (estimada a través del peso seco) y longitud de la lengua (longitud del prementum), sus resultados indican que es probable que la diversidad y abundancia relativa de los rasgos funcionales de las abejas tengan un efecto en las comunidades de plantas (Ramírez et al., 2015).

El segundo artículo tuvo como objetivo evaluar el valor del hábitat para las abejas de cuatro corredores biológicos comparando la riqueza de especies, la composición de la comunidad y la diversidad funcional entre los corredores (bosque ribereño, bosque restaurado, parches de bosque conectados por pasillos y pastos circundantes), encontraron que la diversidad funcional fue similar entre todos los tipos de uso de tierra, lo que sugiere una mayor redundancia de especies en los corredores forestales y ribereños, dada la mayor riqueza de especies, en comparación con los pastizales. Los autores afirman que los corredores ribereños albergan especies asociadas a los bosques que no podrían sobrevivir en los pastizales y dada la mayor redundancia, pueden contribuir significativamente al mantenimiento de los servicios de polinización en paisajes fragmentados. En este estudio se emplearon los rasgos funcionales de tamaño corporal (espacio inter tegular), ubicación de nido (por debajo o por encima del suelo), método de construcción de nido (“renta” para las especies que anidan en agujeros o cavidades existentes, ya sea por encima o por debajo del suelo, “construir” para las especies que construyen el exterior del nido

utilizando materiales recolectados y “excavar” para las especies que perforan el túnel o cavidad en la que se construyen las celdas de cría) siguiendo indicaciones de un estudio previo (Williams et al., 2010) y sociabilidad (sociales o solitarias) debido a que se han empleados en estudios anteriores y se sabe que responden a perturbaciones, sensibilidad a la extinción e interacciones ecológicas (Bommarco et al., 2010; Williams et al., 2010; Jauker et al., 2013). Por ultimo los autores afirman que incluir el estudio de rasgos funcionales de comportamiento e historia de vida pueden ser relevantes para la conservación de las abejas y su rol como polinizadores especialmente por el poco conocimiento que se tiene de estos rasgos en bibliografía (Gutiérrez-Chacón et al., 2020).

De los 277 estudios, 14 hacen uso de rasgos morfológicos (mediciones métricas de los atributos o partes), los rasgos más usados son aquellos relacionados con el tamaño corporal como longitud corporal, ancho corporal, longitud alar, ancho alar, longitud de la cabeza, ancho de la cabeza, longitud de ojos, ancho de ojos, longitud de lengua, entre otros (Nates-Parra, 1993; Morales-Soto et al., 1999; Sandino, 2004; Parra-H. et al., 2006; Hinojosa-Díaz & Engel, 2007; Parra-H. & Nates-Parra, 2012; Nates-Parra & Rosso-Londoño, 2013; Orjuela-Parrado, 2018; Amaya-Marquez et al., 2019 Cely-Santo & Philpott, 2019), estas mediciones son de importancia porque aunque no hacen referencia a rasgos funcionales específicamente, son datos que pueden ser usados como medidas proxis de rasgos en estudios de ecología funcional, cuando no se tiene más información de las especies, para así poder relacionarlos con variables ambientales. Por ejemplo, la longitud y ancho corporal se ven influenciados por condiciones ambientales como temperatura, humedad o tipo de cobertura vegetal, influenciando la cantidad y composición de los recursos usados (Britt, 1953; Johnston & Cunjak, 1999; Laparie et al., 2010; Douglass & Wcislo, 2010; Moretti et al., 2016), la longitud de lengua influencia la cantidad y velocidad de recolección de néctar influenciando en la plantas que pueden o no ser polinizadas por un tipo de abeja (Harder, 1982; Roubik et al., 1995; Michener, 2007; Cariveau et al., 2016) y las medidas de la morfología ocular se relacionan con el tiempo de actividad, dieta, identificación de presas o recursos, evasión de predadores, movimiento y habilidad de vuelo (Prokopy & Owens, 1983; Labhart & Nilsson, 1995; Moser et al., 2004; Stevens, 2007; Merry et al., 2011; Narendra et al., 2013; Moretti et al., 2016).

Los resultados obtenidos evidencian que todavía existe un gran vacío de información sobre la ecología funcional de las abejas en Colombia y como se ven influenciados sus rasgos funcionales por las diferentes condiciones ambientales, estos estudios pueden ser de gran utilidad puesto que en Colombia se necesitan estudios que aborden la biodiversidad desde diferentes perspectivas y la ecología funcional podría ser una gran herramienta para identificar motores de cambio de la diversidad, explicar mecanismos de distribución de las especies, determinar procesos de los ecosistemas, mejorar la toma de decisiones para la priorización de objetos o áreas para la conservación y conocer los componentes de la biodiversidad que determinan la oferta de servicios ecosistémicos, todo esto por medio del estudio de los atributos de los rasgos funcionales de las abejas (Salgado-Negret, 2015).

5.6. Rasgos funcionales para medir en abejas

Con base en los artículos mencionados anteriormente y una búsqueda de literatura sobre rasgos funcionales de abejas, en el Anexo 2 se propone una lista de rasgos funcionales que pueden ser medidos en abejas tropicales, estos rasgos se dividen en 3 tipos: morfológicos (tamaño corporal y morfología ocular), alimentación (gremio alimenticio) y comportamiento (sociabilidad y localización de nido) (Anexo 2).

Para los rasgos morfológicos de tamaño corporal se propone la medición de la longitud, ancho y volumen corporal, los cuales se ven afectados por las condiciones ambientales, influenciando la cantidad y composición de los recursos usados (Britt, 1953; Johnston & Cunjak, 1999; Laparie et al., 2010; Douglass & Wcislo, 2010; Ramírez et al., 2015; Moretti et al., 2016), también se propone la longitud de la lengua debido a que influencia la cantidad y velocidad de recolección de néctar y el espacio intertegular que esta muy correlacionado con la longitud y ancho corporal, además es un indicador de la capacidad de vuelo de las abejas (Harder, 1982; Roubik et al., 1995; Michener, 2007; Cariveau et al., 2016; Gutiérrez-Chacón et al., 2020); en los rasgos de morfología ocular se propone el tamaño de los ojos y se clasifica el tipo de ojos, esto debido a que la morfología ocular se relaciona con el tiempo de actividad, dieta, identificación de presas o recursos, evasión de predadores, movimiento y habilidad de vuelo (Prokopy & Owens, 1983; Labhart & Nilsson, 1995; Moser et al., 2004; Stevens, 2007; Merry et al., 2011; Narendra et al., 2013; Moretti et al., 2016).

En los rasgos funcionales de alimentación se clasifica el gremio alimenticio según el tipo de alimentación puesto que está determinada por los recursos que se encuentren presentes, su riqueza y diversidad (Fernández & Sharkey, 2006; Michener, 2007).

Por último, en los rasgos funcionales de comportamiento se analiza la sociabilidad y el lugar de anidación, estos rasgos influyen las estrategias de reproducción, alimentación y supervivencia (Fernández & Sharkey, 2006; Michener, 2007; Williams et al., 2010; Gutiérrez-Chacón et al., 2020).

6. CONCLUSIONES

De las bases de datos que se revisaron, Scopus es la que cuenta con la mayor cantidad de artículos publicados sobre abejas de Colombia. Se evidencio que las publicaciones de abejas en Colombia incrementaron a partir del año 2000, mostrando un mayor aumento entre los años 2010 y 2020.

Es de vital importancia realizar estudios en los departamentos de Córdoba y Guainía ya que estos departamentos solo cuentan con un estudio publicado por departamento, también se resalta la importancia de incrementar los estudios en los departamentos de Guaviare, San Andrés y Providencia, Arauca, Atlántico, Chocó, Risaralda, Vaupés, Vichada, Cesar, La Guajira, Quindío, Bolívar, Caquetá, Casanare, Caldas y Putumayo puesto que en estos departamentos existe un vacío de información, todos con menos de 10 artículos por región

mientras que los departamentos de Boyacá, Antioquia, Bogotá y Cundinamarca cuentan con más de 50 publicaciones por departamento.

La mayoría de las investigaciones de abejas en Colombia se han enfocado en el estudio de *Apis mellifera*, es de vital importancia realizar más estudios sobre las familias de abejas diferentes a Apidae para poder conocer el verdadero valor de las abejas nativas de Colombia y el servicio de polinización que estas nos prestan, de esta forma se contribuiría de manera significativa a la conservación y cuidado de las abejas en Colombia.

Existen muy pocas publicaciones enfocadas en el estudio de la biogeografía y ecología funcional de las abejas, es necesario investigar más estas temáticas y aprovechar toda la información que pueden brindarnos para proyectos de conservación, especialmente la ecología funcional que puede proporcionar información valiosa de los ecosistemas a partir de los atributos de las abejas.

Colombia es un país que cuenta con una basta diversidad de abejas y el estudio de los rasgos funcionales de estas pueden ser de gran utilidad para comprender las complejas relaciones que tienen con las diversas condiciones ambientales y pueden abordar nuevas perspectivas que pueden no haber sido consideradas antes. Se espera que esta publicación sirva de motivación y guía para el desarrollo de nuevas investigaciones futuras enfocadas en ecología funcional de abejas en Colombia.

7. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar-Sierra, C.I.; Smith-Pardo, A.H. 2008. Bee Visiting *Aspilia tenella* (KUNTH) S.F. Blake (asteraceae): Foraging Behavior and Pollen Loads. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Aguilar-Sierra, C.I.; Smith-Pardo, A.H. 2009. Bees visiting *Mimosa pigra* L. (Mimosaceae): Foraging behavior and pollen loads. *Actualidades Biológicas*, 37(103):143-153.
- Allsopp, M.H.; de Lange, W.J. & Veldtman, R. 2008. Valuing insect pollination services with cost of replacements. *PLoS ONE*, 3:e3128.
- Amado-Sarmiento, O.A. 2013. Sistema de monitoreo del sonido emitido por una colmena de abejas como herramienta para estudios comportamentales. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 13(1):73-81.
- Amaya-Marquez, M. 2009. Floral constancy in bees: a revision of theories and a comparison with other pollinators. *Caldasia*, 27(2):267-270.
- Amaya-Marquez, M.; Abramson, C. & Wells, H. 2017. Use of Flower Color-Cue Memory by Honey Bee Foragers Continues when Rewards No Longer Differ between Flower Colors. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Amaya-Marquez, M.; Tusso, S.; Hernandez, J.; Jimenez, J.D.; Wells, H. & Abramson, C.I. 2019. Olfactory Learning in the Stingless Bee *Melipona eburnea* Friese (Apidae: Meliponini). *Caldasia*, 8(1):111-114.
- Andrade, R.D.; Torres, R. & Pérez, A.M. 2016. Efecto de la adición de jarabes de sacarosa y fructosa en el comportamiento reológico de miel de abejas. *Interciencia*, 37(2):142-147.
- Arija, C.M. 2012. Taxonomy, systematics and nomenclature, essential tools in zoology and veterinary. *Revista electrónica de Veterinaria*, 13(7):1695-7504.
- Arnold, S.J. 1983. Morphology, performance and fitness. *Animal Zool.*, 23:347-361.
- Avellaneda-Barbosa, K.Z., 2009. Estudio del potencial de *Apis mellifera*, como polinizador para la formación de fruto en un cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) tipo exportación. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Barajas, J.; Cortes-Rodríguez, M. & Rodríguez-Sandoval, E. 2012. Effect of temperature on the drying process of bee pollen from two zones of Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 6(2):94-98.
- Barajas, J.; Martínez, T. & Rodríguez-Sandoval, E. 2011. Evaluation of the Effect of Temperature on the Drying of Bee-Pollen From Two Zones of Cundinamarca. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Barreto, M.; Burbano, M.E. & Barreto, P. 2004. The bee mite *Melittiphis alvearius* (Berlese) (Acari: Laelapidae) in Colombia, South America. *Complementary Medicine Research*, 27(3):184-191.
- Bedmar, F. 2011. ¿Qué sin los plaguicidas?. Informe especial sobre plaguicidas agrícolas, 21(122):10-16.
- Benavides-Guevara, R.M.; Quicazan, M.C.; Ramirez-Toro, C. 2017. Digestibility and availability of nutrients in bee pollen applying different pretreatments. *Vitae*, 21(3):237-247.

- Blanco-Paz, A.J. 2016. Modelamiento cinético de la fermentación alcohólica de miel de abejas a diferentes escalas de producción. *Revista de la Facultad de Medicina*, 60(2):2357-3848.
- Bombeli, P.; Howe, C.J. & Bertocchini, F. 2017. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Current Biology Magazine*, 27:R292-R293.
- Bommarco, R.; Biesmeijer, J.C.; Meyer, B; Potts, S.G.; Pöyry, J.; Roberts, S.P.; Steffan-Dewenter, I. & Öckinger, E. 2010. Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to hábitat loss. *Proceedings of the Royal Society B*, 277:2075-2082.
- Botero-Garcés, N. & Morales-Soto, G. 2000. Producción del manzano (*malus sp. cv anna*) en el oriente antioqueño con la abeja melífera, *apis mellifera l.* (hymenoptera: apidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 53(1):849-862.
- Bravo-Monroy, L.; Tzanopoulos, J.; Potts, S.G. 2015. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia. *Journal of Hymenoptera Research*, 17(1):110-115.
- Britt, N.W. 1953. Differences between measurements of living and preserved aquatic nymphs caused by unjury and preservation. *Ecology*, 34:802-803.
- Cabrera-Becerra, G. & Nates-Parra, G. 1999. Uso de las abejas por comunidades indígenas: Los Nukak y las abejas sin aguijón. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Calderón-Acero, L.V. 2017. Análisis de un esquema de pago por conservación del servicio de polinización natural en cultivos de cholupa (*Passiflora maliformis*) de Rivera, Huila. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Camargo, J.M.F. & Roubik, D.W. 2005. Neotropical Meliponini: *Paratrigonoides mayri*, new genus and species from western Colombia (Hymenoptera, Apidae, Apinae) and phylogeny of related genera. *Zootaxa*, 1081:33-45.
- Cardona, J. & Arango, C.I. 1983. Inventario de la fauna apoidea (Insecta: Hymenoptera) del Valle de Aburrá y sus relaciones con la flora. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia.
- Cardona, Y.; Torres, A. & Hoffmann, W. 2019. Colombian stingless bee honeys characterized by multivariate analysis of physicochemical properties. *Apidologie*, 50(6):881-892.
- Cariveau, D.P., Nayak, Geetha, K., Bartomeus, I., Zientek, J., Ascher, J.S., Gibbs, J. & Winfree, R. 2016. The Allometry of Bee Proboscis Length and Its Uses in Ecology. *PLoS ONE* 11(3): e0151482.
- Castañeda-Murcia, H.A. 2015. Historia natural del abejorro nativo *Bombus rubicundus* Smith 1954 (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes: Apidae), una herramienta didáctica en la educación ambiental escolar para el páramo de Cruz Verde Cundinamarca, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 52(2):721-732.
- Cely-Santo, M. & Philpott, S.M. 2019. Local and landscape habitat influences bee diversity in agricultural landscapes in Anolaima, Colombia. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

- Chacoff, N.P. & Aizen, M.A. 2006. Edge effects on flower-visiting insects in graperfruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43:18-27.
- Chamorro-García, F.J.; León-Bonilla, D. & Nates-Parra, G. 2013. Bee pollen as non-wood forest product in the eastern Andean highlands of Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 3(1):19-40.
- Chauta-Mellizo, A.; Campbell, S.A.; Bonilla, M.A.; Thaler, J.S. & Poveda, K. 2012. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 75(2):73-79.
- Contreras-Hernández, J. 2017. Manual de apicultura - La montaña, la abeja y nuestros hermanos: un proceso autóctono y autosuficiente. Misión de Guadalupe La montaña, la abeja y nuestros hermanos 2016-2017.
- Cornelissen, T. 2014. A Meta-Analysis of the Effects of Fragmentation on Herbivorous insects. *Environmentl Entomology*, 43(3):537-545.
- Correa-González, Y.X.; Rojas-Cardozo, M.A. & Mora-Huertas, C.E. 2019. Potentialities of the Colombian propolis in pharmaceuticals and cosmetics: A standpoint from the quality control. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Correa, A.R.; Cuenca, M.M.; Zuluaga, C.M.; Scampicchio, M.M. & Quicazán, M.C. 2017. Validation of honey-bee smelling profile by using a commercial electronic nose. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Cuenca-Quicazan, M.M. 2015. Desarrollo de una herramienta instrumental de gusto artificial aplicable a bebidas alcohólicas a base de miel de abejas. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Douglass, J.K. & Wcislo, W.T. 2010. An inexpensive and portable microvolumeter for rapid evaluation of biological samples. *BioTechniques*, 49:566-572.
- Duran, A.; Quicazán, M.C. & Zuluaga, C.M. 2019. Effect of solar drying process on bioactive compounds and antioxidant activity in vitro of high Andean region bee pollen. *Revista MVZ Córdoba*, 19(1):4003-4014.
- Engel, M.S. 1997. *Ischnomelissa*, a new genus of augochlorine bees (Halictidae) from Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, 11:41-46.
- Engel, M.S.; Rozen, J.G.; Sepúlveda-Cano, P.A.; Smith, C.S.; Thomas, J.C.; Ospina-Torres, R. & Gonzalez, V.H. 2019. Nest Architecture, Immature Stages, and Ethnoentomology of a New Species of *Trigonisca* from Northern Colombia (Hymenoptera: Apidae). Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Espinosa, S.; Figueroa, J.; Kevan, P.G.; Baéz, C.; Solarte, V.; Smagghe, G. & Sánchez, A. 2020. Advances in the implementation of apivectoring technology in Colombia: Strawberry case (*fragaria x ananassa*). *Acta Biologica Colombiana*, 14(2):97-106.
- Fernández, D.C.; Zambrano, G. & Gonzalez, Y.V.H. 2010. Nesting behavior, taxonomic notes and potential distribution of *Paratrigona eutaeniata* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini). *Revista Colombiana de Entomología*, 36(2):225-232.
- Fernández, F. & Nates-Parra, G. 1985. Hábitos de nidificación en abejas carpinteras del género *Xylocopa* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Revista Colombiana de Entomología*, 11(2):36-41.

- Fernández, F. & Sharkey, M.J. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogota D.C.
- Ferreira-Bastos, E.M.A.; Guzmán, D.; Figueroa, J.; Tello, J. & De Oliveira-Scoaris, D. 2011. Antimicrobial and Physico-Chemical Characterization of Propolis of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) from the Colombian Andes. *Acta Biológica Colombiana*, 16(1):175-183.
- Florez-Gomez, N.A.; Maldonado-Cepeda, J.D. & Ospina-Torres, R. 2020. Bee-Plant Interaction Networks in a Seasonal Dry Tropical Forest of the Colombian Caribbean. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Forman, R.T.T. & Gordon, M. 1986. *Landscape Ecology*. Wiley and Sons. Nueva York.
- Fuenmayor-Bobadilla, C.A. 2009. Aplicación de bioprocesos en polen de abejas para la obtención de un suplemento nutricional proteico. *DYNA-COLOMBIA*, 78(165):48-57.
- Fuenmayor, C.A.; Díaz-Moreno, A.C.; Zuluaga-Domínguez, C.M. & Quicazán, M.C. 2013. Honey of colombian stingless bees: Nutritional characteristics and physicochemical quality indicators. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2):333-340.
- Galleto, L.; Aguilar, R.; Musicante, M.; Astegiano, J.; Ferreras, A.; Jausoro, M.; Torres, C.; Ashworth, L. & Eynard, C. 2007. Fragmentación de hábitat, riqueza de polinizadores, polinización y reproducción de plantas nativas en el Bosque Chaqueño de Córdoba, Argentina. *Ecología Austral*, 17:67-80.
- Galván-Guevara, S., Ballut-Dajud G. & de la Ossa-V. 2015. Determination of the dry forest fragmentation of the Pechelín stream, Montes de María, Caribbean, Colombia. *Biota Colombiana*, 16(2):149-157.
- Gamboa-Abril, M.V. & Figueroa-Ramírez, J. 2009. Antibacterial Power Of Honeys From *Tetragonisca angustula* Assessed By Minimum Inhibitory Concentration. *Acta Biológica Colombiana*, 14(2):97-106.
- Gamboa, V; Ravoet, J.; Brunain, M.; Smagghe, G.; Meeus, I.; Figueroa, J.; Riaño, D. & De Graaf, D.C. 2015. Bee pathogens found in *Bombus atratus* from Colombia: A case study. *Revista de Biología Tropical*, 64(3):1247-1257.
- García-García, D.; Rojas-Mogollón, M.A. & Sánchez-Nieves, J. 2006. Cultured Microbiological Content of the Intestinal Tract and Stored Pollen of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Acta Biológica Colombiana*, 11(1):123-129.
- Garibaldi, L.A.; Steffan-Dewenter, I.; Winfree, R.; Aizen, M.A.; Bonmarco, R.; Cunningham, S.A.; Kremen, C.; Carvalheiro, L.G. et al. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339:1608-1611.
- Gómez-Madrugal, L.S., Morán-Torres, E.F. & Méndez-Rivera, J.A. 2014. Bioprospecting and democracy: a view from the right to biological diversity. *Ciencia Jurídica Universidad de Guanajuato División de Derecho, Política y Gobierno Departamento de Derecho*, 3(5):7-22.

- Gómez, J.A.; Castaño, H.I.; Arias, M. 1997. Estudio cinético de una fermentación alcohólica utilizando miel de abejas como sustrato. *Vitae*, 16(3):388-395.
- Gonzales, V.H.; Brown, B.V. & Ospina, M. 2002. A new species of *Megaselia* (Diptera: Phoridae) associated with brood provisions of nest of *Neocrynura* (Hymenoptera: Halictidae). *Acta Biologica Colombiana*, 14(1):109-120.
- González-B., V.H. & Ospina-Torres, R. 2000. *Eufriesea nigrescens* y *e. pretiosa* (hymenoptera: apidae: euglossini): un caso de oportunismo o simbiosis?. *Caldasia*, 22(2):357-359.
- Gonzalez, V. & Nates-Parra, G. 2004. *Trigona* subgenus *Duckeola* in Colombia (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 73(3):292.
- Gonzalez, V.H. & Engel, M.S. 2012. A new species of *Geotrigona* Moure from the Caribbean coast of Colombia (Hymenoptera, Apidae). *ZooKeys*, 172:77-87.
- Gonzalez, V.H. & Florez, J. 2011. *Leioproctus rosellae* sp. n., the first record of the genus from northern South America (Hymenoptera, Colletidae). *Revista de Biología Tropical*, 31(1):155-158.
- Gonzalez, V.H. & Griswold, T. 2011. *Heriades tayrona* N. Sp., the first Osmiine bee from South America (Hymenoptera: Megachilidae). *Caldasia*, 42(1):17-29.
- Gonzalez, V.H. & Griswold, T.L. 2012. New species and previously unknown males of neotropical cleptobiotic stingless bees (Hymenoptera, Apidae, *Lestrimelitta*). *Caldasia*, 34(1):227-245.
- Gonzalez, V.H. & Ospina, M. 2008. Nest structure, seasonality, and host plants of *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae, Eucerini) in the Andes. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Gonzalez, V.H. & Sepúlveda, P.A.G. 2007. A New Species of *Geotrigona* (Hymenoptera: Apidae, Meliponini), with Comments on the Genus in Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 12:103-107.
- Gonzalez, V.H. 2006. Two new bee species (hymenoptera) from Bogotá city (Colombia). *Transactions of the Entomological Society of London*, 77:432-470.
- Gonzalez, V.H. 2007. Geographic distribution of the fire bees in Colombia (Hymenoptera: Apidae, Meliponini, *Oxytrigona*). *Revista Colombiana de Entomología*, 33(2):188-189.
- Gonzalez, V.H. 2014. Abejas del bosque seco tropical colombiano. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*, 214-227.
- Gonzalez, V.H.; Mantilla, B. & Palacios, E. 2006. Foraging activity of the solitary andean bee, *anthophora walteri* (hymenoptera: Apidae, anthophorini). Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Gonzalez, V.H.; Rasmussen, C. & Velasquez, Y.A. 2009. A new species of *Lestrimelitta* and a change in name in *Lasioglossum* (Hymenoptera: Apidae, Halictidae). *Biota Colombiana*, 3(1):7-118.
- Gonzalez, V.H.; Sepúlveda, P.A. & Griswold, T.L. 2012. Taxonomic notes on American *Heriades* Spinola, 1808 and *Leioproctus* Smith, 1853

- (Hymenoptera: Megachilidae, Colletidae). *Acta Biologica Colombiana*, 11(1):25-35.
- Graciano-Villa, L.A. 2018. Niveles de infestación de *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) en abejas africanizadas (*Apis mellifera scutellata* hib). Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Graciano-Villa, L.A.; Idárraga-Arredondo, J.J.; Uribe-Celis, S. & Idárraga-Arredondo, H. 2018. Reporte de mecanismos de defensa natural de abejas africanizadas contra *Varroa Destructor* (mesostigmata: varroidae). *Journal of Experimental Biology*, 223(10):220103.
- Grosso, G.S. 2010. Genetic variability in mitochondrial DNA of honeybee populations of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) in Colombia. *Journal of Apicultural Research*, 57(2):219-227.
- Grosso, G.S.; Tangarife, M.P.O. & Méndez, L.M.R. 2015. Physicochemical parameters of quality of royal jelly produced by *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), in Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 5(2):65-87.
- Grosso, G.S.; Tangarife, M.P.O. & Méndez, L.M.R. 2017. Physicochemical properties of encenillo monofloral honey from highlands Andean zones in Boyacá, Colombia. Tesis de Grado. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Guevara, D.A.; Gonzalez, V.H. & Ospina, R. 2020. Stingless robber bees of the genus *Lestrimelitta* in Colombia (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Caldasia*, 42(1):17-29.
- Gutiérrez-Chacón, C.; Dormann, C.F.; Klein, A.M. 2018b. Forest-edge associated bees benefit from the proportion of tropical forest regardless of its edge length. *Journal of Insect Conservation*, 23(1):133-146.
- Gutiérrez-Chacón, C.; Fornoff, F.; Ospina-Torres, R. & Klein, A.M. 2018a. Pollination of granadilla (*passiflora ligularis*) benefits from large wild insects. *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 61(2):4576-4587.
- Gutiérrez-Chacón, C.; Valderrama-A., C. & Klein, A.M. 2020. Biological corridors as important habitat structures for maintaining bees in a tropical fragmented landscape. *Journal of Insect Conservation*, 24(1):187-197.
- Gutiérrez-Cortés, C.; Suarez-Mahecha, H. 2014. Antimicrobial activity of propolis and its effect on the physicochemical and sensoral characteristics in susages. *Ingeniería e Investigación*, 36:82-92.
- Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M.D. & Martínez-Yáñez, R. 2016. Insects biological richness: Analysis of their multidimensional importance. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3):370-379.
- Harder, L.D. 1982. Measurement and estimation of functional proboscis length in bumblebees (Hymenoptera: Apidae). *Can J Zool/Rev Can Zool*. 60(5):1073-1079.
- Hendricks, F., Malfait, J.P., van Wingerden, W., Schweiger, O., Speelmans, M., Aviron, S., Augenstein, I., Billeter, R., Bailey, D., Bukacek, R., Burel, F., Diekötter, T., Dirksen, J., Herzog, F., Liira, J., Roubalova, M., Vandomme, V. & Bugter, R. 2007. How landscape structure, land-use intensity and habitat diversity affect components of total arthropod

- diversity in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 44(2), 340-351.
- Hetherington-Rauth, M.C. & Ramírez, S.R. 2016. Evolution and diversity of floral scent chemistry in the euglossine bee-pollinated orchid genus *Gongora*. *Revista Colombiana de Química*, 42(1):10.
- Hinojosa-Díaz, I.A. & Engel, M.S. 2007. A new fossil orchid bee in colombian copal (hymenoptera: Apidae). *American Museum Novitates*, 3589:1-7.
- Hinojosa-Díaz, I.A.; Nemésio, A. & Engel, M.S. 2012. Two new species of *Euglossa* from South America, with notes on their taxonomic affinities (Hymenoptera, Apidae). *ZooKeys*, 221:63-79.
- Huber, J.T., Sharkey, M.J. & Fernández. Estructura y glosario. En Fernández & Sharkey, 2006. *Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia*, 57-97.
- Iceland-Kasozi, K.; Niedbata, G.; Alqarni, M.; Zirintunda, G.; Ssempijja, F.; Musinguzi, S.P.; Usman, I.M.; Matama, K.; Hetta, H.F.; Mbiydzennyuy, N.E.; Batiha, G.; Beshbishy, A.M. & Welburn, S.C. 2020. Bee Venom – A Potential Complementary Medicine Candidate for SARS-CoV-2 Infections. *Frontiers in Public Health*, ISSN:2296-2565.
- Jagua-Gualdrón, A. 2012. Cáncer y terapéutica con productos de la colmena. revisión sistemática de los estudios experimentales. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 48(3):762-788.
- Jagua-Gualdrón, A.; Pena-Latorre, J.A. & Fernández-Bernal, R.E. 2020. Apitherapy for Osteoarthritis: Perspectives from Basic Research. *Revista de la Facultad de Medicina*, 7(7):353-370.
- Jaramillo-Delgado, A. 2012. Efecto de las abejas silvestres en la polinización del café (*coffea arabica*: rubiaceae) en tres sistemas de producción en el departamento de Antioquia. *Revista de Biología Tropical*, 63(3):647-658.
- Jaramillo-Silva, J.C. 2019. Taxonomía, filogenia y distribución geográfica del género *Nannotrigona* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en Colombia. *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*, 9781461449607:337-346.
- Jaramillo, J.; Ospina, R. & Gonzalez, V.H. 2019. Stingless bees of the genus *Nannotrigona* Cockerell (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in Colombia. *Zootaxa*, 4162(1):107-133.
- Jauker, B.; Krauss, J.; Jauker, F. & Steffan-Dewenter, I. 2013. Linking life history traits to pollinator loss in fragmented calcareous grass-lands. *Landscape Ecology*, 28:107-120.
- Jiménez-García, L.F., Ruiz-Gutiérrez, R., Argueta-Villamar, A., Delgadillo-Cárdenas, E.A., Quiroz-Amenta, I., Chacón-López, J., Saldaña-García, M.R, Núñez-Farfán, J. & Hernández-Rodríguez, M.C. 2006. *Conocimientos Fundamentales de Biología*. Vol. 1. Pearson Educación, México.
- Jiménez, D.R. & Cure, J.R. 2016. Acute lethal effect of the commercial formulation of the insecticides imidacloprid, spinosad y thiocyclam hidrogenoxalate in *bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) workers. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Johnston, T.A. & Cunjak, R.A. 1999. Dry-mass length relationships for benthic insects: a review with new data from Catamaran Brook, New Brunswick, Canada. *Freshwater Biology*, 41:653-674.
- Kevan, P.G. & Baker, H.C. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology*, 28:407-453.
- Kratschmer, S., Pachinger, B., Schawantzer, M., Paredes, D., Guzmán, G., Gómez, J.A., Guernion, M., Burel, F., Nicolai, A., Fertil, A., Popescu, D., Macavei, L., Hoble, A., Bunea, C., Kriechbaum, M., Zaller, J.G. & Winter, S. 2019. Response of wild bee diversity, abundance, and functional traits to vineyard inter-row management intensity and landscape diversity across Europe. *Ecology and Evolution*, 1-13.
- Labhart, T. & Nilsson, D.E. 1995. The dorsal eye of the dragonfly *Sympetrum*: specializations for prey detection against the blue sky. *Journal of Comparative Physiology A*, 176:437-453.
- Langhans, S.D. & Tockner, K. 2014. Edge effects are important in supporting beetle biodiversity in a Gravel-Bed river floodplain. *Plos ONE*, 9(12):e114415.
- Laparie, M., Lebouvier, M., Lalouette, L. & Renault, D. 2010. Variation of morphometric traits in populations of an invasive carabid predator (*Merizodus soledadinus*) within sub-Antarctic island. *Biological Invasions*, 12:3405-3417.
- Laurance, W.F., Vasconcelos, H.L. & Lovejoy, T.E. 2000. Forest loss and fragmentation in the Amazon: implications for wildlife conservation. *Oryx*, 34(1):39-45.
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawdsley, N.A., Stork, N.E., Srivastava, D.S. & Watt, A.D. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of hábitat modification in tropical forest. *Nature*, 391:72-76.
- López-Urbe, M.M.; Almanza, M.T. & Ordoñez, M. 2007. Diploid male frequencies in Colombian populations of euglossine bees. *Biotropica*, 39(5):660-662.
- Manzi, C.; Vergara-Amado, J.; Franco, L.M. & Silva, A.X. 2020. The effect of temperature on candidate gene expression in the brain of honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) workers exposed to neonicotinoid imidacloprid. *Journal of Apicultural Research*, 48(1):3-10.
- Martin-Culma, N.Y. & Arenas-Suárez, N.E. 2018. Collateral damage in bees due to pesticide exposure of agricultural use. *Revista de Biología Tropical*, 64(4):1737-1745.
- Martínez-L., S. & Otero-O., J.T. 2019. Pollen collected by *Nannotrigona mellaria* (Apidae: Meliponini) in two urban environments (Valle del Cauca-Colombia). *Boletín Científico del Centro de Museos*, 23(2):146-161.
- Mason, W.H. & de Bello, F. 2013. Functional diversity: a tool for answering challenging ecological questions. *Journal of Vegetation Science*, 24:777-780.
- Matias, D.M.S.; Leventon, J.; Rau, A.L.; Borgemeister, C. & von Wehrden, H. 2017. A review of ecosystem service benefits from wild bees across social contexts. *Ambio*, 46:456-467.

- McGill, B.J., Enquist, B.J., Weiher, E. & Westoby, M. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution*, 21:178-184.
- Medina, C.A. & González, F.A. 2014. Escarabajos coprófagos de la subfamilia Scarabaeinae. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*, 194-212.
- Merriam, G. & Wegner, J. 1992. Local extinctions, habitat fragmentation and ecotones. Hansen, A.J. & F. di Castri (Eds.). *Landscape Boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows*. Springer Verlag, Berlin, Germany, 100-439.
- Merry, J.W., Kemp, D.J. & Rotowski, R.L. 2011. Variation in compound eye structure: effects of diet and family. *Evolution*, 65:2098-2110.
- Mesa-Valencia, A.F. 2015. Caracterización fisicoquímica y funcional del polen de abejas (*Apis mellifera*) como estrategia para generar valor agregado y parámetros de calidad al producto apícola. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Michener, C.D. 2007. *The bees of the world*. Baltimore, M.D.: John Hopkins University Press.
- Monguí-Rojas, M.J. 2020. Efectos sensoriales, microbiológicos y fisicoquímicos del uso de miel de abejas procedente de plantaciones forestales de Acacia (*Acacia mangium*) en la producción de yogur. *Thermochimica Acta*, 415(1-2):107-113.
- Monserate-Rojas, Y.P. 2015. Valoración in vitro del potencial antimicrobiano de extractos etanólicos de polen de *Apis mellifera* y de *tetragonisca angustula*, en busca de posibles usos terapéuticos. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37(A):10-17.
- Montoya-Pfeiffer, P.M. 2011. Uso de recursos florales poliníferos por *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en apiarios de la Sabana de Bogotá y alrededores. *Neotropical Entomology*, 33(1):107-108.
- Montoya-Pfeiffer, P.M.; León-Bonilla, D. & Nates-Parra, G. 2014. Pollen catalog for *Apis mellifera* honey from coffee regions in the Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(149):364-384.
- Morales-Soto, G.; Botero-Garcés, N.; Garcia-Mejia, I. 1999. Observaciones sobre algunos comportamientos de *trigona (tetragonisca) angustula iliiger* (hym. apidae). *Caldasia*, 22(2):357-359.
- Moreno-Galarza, L.J. 2012. Aislamiento y selección de *Lactobacillus* sp con potencial probiótico a partir de pan de abejas. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 95(3):737-741.
- Moretti, M., Dias, A.T., de Bello, F., Altermatt, F., Chown, S.L., Azcárate, F.M., Bell, J.R., Fournier, B., Hedde, M., Hortal, J., Ibanez, S., Öckinger, E., Sousa, J.P., Ellers, J. & Berg, M.P. 2017. Handbook of protocols for standardized measurement of terrestrial invertebrate functional traits. *Functional Ecology*, 31:558-567.
- Moretti, M., Dias, A.T.C., de Bello, F., Altermatt, F., Chown, S.L., Azcárate, F.M., Bell, J.R., Fournier, B., Hedde, M., Hortal, J., Ibanez, S., Öckinger, E., Sousa, J.P., Ellers, J. & Berg, M.P. 2016. Supporting Information for "Handbook of protocols for standardized measurement of terrestrial invertebrate functional traits. *Functional Ecology*.

- Morse, R.A. & Calderone, N.W. 2000. The value of honey bees as pollinators of U.S. Crops in 2000. *Bee Culture*, 128:1-15.
- Moser, J.C., Reeve, J.D., Bento, J.M.S., Della Lucia, T.M.C., Cameron, R.S. & Heck, N.M. 2004. Eye size and behaviour of day and night-flying leafcutting anta lates. *Journal of Zoology*, 264:69-75.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution.*, 10:58-62.
- Narendra, A., Alkaladi, A., Raderschall, C.A., Robson, S.K. & Ribi, W.A. 2013. Compound eye adaptations for diurnal and nocturnal lifestyle in the intertidal ant, *Polyrhachis sokolova*. *PLoS ONE*, 8, e76015.
- Nates-Parra, G. & Bonilla-Gómez, M.A. 1992. Euglossine bees of Colombia (Hymenoptera: Apidae). I. Illustrated key. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 77(4):584-592.
- Nates-Parra, G. & Fernández, F. 1992. Abejas de Colombia II claves preliminares para las familias, subfamilias y tribus (Hymenoptera: apoidea). *Acta Biológica Colombiana*, 2(7-8):55-89.
- Nates-Parra, G. & Rodríguez, C.A. 2011. Foraging of *Melipona eburnea* (Hymenoptera: Apidae) colonies in the foothills of the western plains (Meta, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 37(1):121-127.
- Nates-Parra, G. & Rosso-Londoño, J.M. 2013. Diversity of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) used in meliponiculture in Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(3):415-426.
- Nates-Parra, G. 1983. Abejas de Colombia: I. Lista preliminar de algunas especies de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). *Revista de Biología Tropical*, 31(1):155-158.
- Nates-Parra, G. 1990. Abejas de Colombia. III. Clave para géneros y subgéneros de Meliponinae (Hymenoptera: Apidae). *Acta Biologica Colombiana*, 18(3):415-426.
- Nates-Parra, G. 1993. Las abejas de Colombia. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(3):205-212.
- Nates-Parra, G. 2001. Las Abejas sin Aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2(3):233-248.
- Nates-Parra, G. 2011. Behavior Genetics: Bees as Model. *Journal of Thermal Biology*, 93:102696.
- Nates-Parra, G. 2016. Iniciativa colombiana de polinizadores: abejas. ICPA, ISBN 978-958-775-866-5, Bogotá, Colombia, 364 pp.
- Nates-Parra, G.; González-B., V.H. & Ospina-Torres, R. 1999. Descripción de los machos y anotaciones sobre la biología de *paratrigona anduzei* y *p. eutaeniata* (hymenoptera: apidae: meliponini) en Colombia. *Zootaxa*, 4093(2):201-216.
- Nates-Parra, G.; Montoya, P.M.; Chamorro, F.J.; Ramírez, N.; Giraldo, C. & Obregón, D. 2013. Geographical and botanical origin of *Apis mellifera* (APIDAE) honey in four Colombian departments. *Acta Biológica Colombiana*, 18(3):427-438.
- Nates-Parra, G.; Palacios, E. & Parra-H, A. 2008. Effect of landscape change on the structure of the stingless bee community (Hymenoptera: Apidae) in Meta, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 56(3):1295-1308.
- Nates-Parra, G.; Parra, A.; Rodríguez, A.; Baquero, P. & Vélez, D. 2006b. Wild bees (hymenoptera: Apoidea) in urban ecosystem: Preliminary survey

- in the city of Bogotá and its surroundings. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Nates-Parra, G.; Rodríguez, C.A. & Vélez, D. 2006a. Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in Oriental Mountains Cemeteries from Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1):25-35.
- Obregón-Corredor, D. 2011. Origen botánico de la miel y el polen provenientes de nidos de *Melipona eburnea* Friese, 1900 y *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), (Apidae: Meliponini) para estimar su potencial polinizador. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Obregón, D.; Rodríguez-C, Á.; Chamorro, F.J. & Nates-Parra, G. 2013. Botanical origin of pot-honey from *tetragonisca angustula latreille* in Colombia. *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*, 9781461449607:337-346.
- Olson, D. & Andow, D. 2008. Patch edges and insect populations. *Oecologia*, 155:549-558.
- Orjuela-Parrado, R.L. 2018. Variación morfométrica de abejas africanizadas en un gradiente altitudinal de la Cordillera Oriental (Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 55(3-4):931-941.
- Osorno-Mesa, H. 1947. Observaciones antecológicas sobre recolección de polen por vibración. *Caldasia*, 4(20):465-467.
- Ospina-Torres, R. 1997. *Eulaema chocona*, nueva especie de abeja euglosina de la costa pacífica colombiana. *American Museum Novitates*, 2019(3942):3942.
- Ospina-Torres, R.; Parra-H., A. & Gonzalez, V.H. 2006. The male gonostylus of the orchid bee genus *Euglossa* (Apidae: Euglossini). *Zootaxa*, 1320:49-55.
- Ospina, R., Liévano, A. & Nates-Parra, G. 1987. Color pattern of the social bumble bee, *Bombus atratus*, Franklin, in Cundinamarca, Colombia: a differential population. *Revista de Biología Tropical*, 35(2):317-324.
- Otero, J.T. & Sandino, J.C. 2003. Capture Rates of Male Euglossine Bees across a Human Intervention Gradient, Chocó Region, Colombia. *Biotropica*, 35(4):520-529.
- Otero, J.T.; Ulloa-Chacón, P.; Silverstone-Sopkin, P. & Giray, T. 2008. Group nesting and individual variation in behavior and physiology in the orchid bee *Euglossa nigropilosa* Moure (Hymenoptera, Apidae). *Insectes Sociaux*, 55(3):320-328.
- Palacios-Morillo, E.P. 2006. Estructura de la comunidad de abejas sin aguijón en tres unidades de paisaje del piedemonte llanero colombiano (Meta, Colombia). Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Palomino-García, L.R.; García-P., C.M.; Gil-G., J.H.; Rojano, B.A. & Durango, D.L. 2009. Determination of Phenolic Content and Evaluation of Antioxidant Activity of Propolis From Antioquia (Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 63(1):5373-5383.
- Palomino-García, L.R.; Martínez-Gálan, J.P.; García-Pajón, C.M.; Gil-González, J.H. & Durango-Restrepo, D.L. 2010. Physicochemical Characterization and Antimicrobial Activity of Propolis from Municipality of La Union (Antioquia, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín*, 63(1):5373-5383.

- Pardo-Puentes, R.H. & Nates-Parra, G. 1994. Aumento de visitas florales de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) en cultivos usando feromona de Nasanov sintética. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Parra-H, A. & Nates-Parra, G. 2007. Variation of the orchid bees community (Hymenoptera: Apidae) in three altered habitats of the Colombian "llano" piedmont. *Revista de Biología Tropical*, 55(3-4):931-941.
- Parra-H, A. & Nates-Parra, G. 2009. The nest architecture of *Euglossa (Euglossa) hemichlora* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2):283-285.
- Parra-H, A. & Nates-Parra, G. 2012. The Ecological Basis for Biogeographic Classification: An Example in Orchid Bees (Apidae: Euglossini). *Neotropical Entomology*, 41(6):442-449.
- Parra-H, A.; Ospina-Torres, R. & Ramírez, S. 2006. *Euglossa natesi* n. sp., a new species of orchid bee from the Chocó region of Colombia and Ecuador (Hymenoptera: Apidae). *Zootaxa*, 1065:51-60.
- Pedro, S.R.M. & Camargo, J.M.F. 2009. Neotropical Meliponini: the genus *Leurotrigona* Moure - two new species (Hymenoptera: Apidae, Apinae). *Zootaxa*, 1983:23-44.
- Peña-Mojica, J.F. 2017. Efecto de la densidad de abejas (*Apis mellifera* L.) sobre la polinización y el cuajado de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *Acta Biologica Colombiana*, 5(1):5-37.
- Pineda-Guerra, Y.; Betancur-Echeverri, J.; Pedroza-Díaz, J.; Delgado-Trejos, E. & Rothlisberger, S. 2016. Proteomic analysis of Africanized bee venom: A comparison of protein extraction methods. *Acta Biologica Colombiana*, 21(3):619-626.
- Pinilla-Gallego, M.S. & Aguilar, M.L. 2016. Effect of the breeding environment on workers longevity and colony development of *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Apicultural Research*, 27(3):141-145.
- Pinilla-Gallego, M.S. & Nates-Parra, G. 2015. Diversity of visitors and approach to the use of trap nest for *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) in a passion fruit production area in Colombia. *Neotropical Entomology*, 49(4):533-544.
- Pinilla-Gallego, M.S.; Fernández, V.N. & Nates-Parra, G. 2016. Pollen resource and seasonal cycle of *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae) in an urban environment (Bogotá-Colombia). *Acta Biologica Colombiana*, 21(1):73-79.
- Portillo-Carrascal, C.Y. 2016. Identificación de levaduras presentes en el proceso de transformación de polen corbicular a pan de abejas por métodos tradicionales y moleculares. *Thermochimica Acta*, 458(1):118-123.
- Prada, C.F.Q.; Duran, J.T.; Salamanca, G.G. & Del Lama, M.A. 2009. Population genetics of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) from Colombia. *Journal of Apicultural Research*, 48(1):3-10.
- Prado-Gutiérrez, M.A. 2020. Influencia de la fragmentación del paisaje en los recursos florales empleados por dos especies de abejas sin aguijón. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1):77-84.
- Prokopy, R.J. & Owens, E.D. 1983. Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 28:337-364.

- Purvis, A. & Hector, A. 2000. Getting the measure of biodiversity. *Nature*, 105:212-219.
- Ramírez, S. 2005. *Euglossa paisa*, a new species of orchid bee from the Colombian Andes (Hymenoptera: Apidae). *Zootaxa*, 1065:51-60.
- Ramírez, S.; Dressler, R.L. & Ospina, M. 2002. Euglossine bees (Hymenoptera: Apidae) from the Neotropical Region: A species checklist with notes on their biology. *Biota Colombiana*, 3(1):7-18.
- Ramírez, S.R.; Hernández, C.; Link, A. & López-Urbe, M.M. 2015. Seasonal cycles, phylogenetic assembly, and functional diversity of orchid bee communities. *Ecology and Evolution*, 5(9):1896-1907.
- Ramos-Fabiell, M.A., Pérez-García, E.A., González, E.J., Yáñez-Ordoñez, O. & Meave, J.A. 2018. Successional dynamics of the bee community in a tropical dry forest: Insights from taxonomy and functional ecology. *Biotropica*, 1-13.
- Renner, S.S. & Feil, J.P. 1993. Pollinators of tropical dioecious angiosperms. *American Journal of Botany*, 80:1100-1107.
- Restrepo-García, A.M.; Arias-Ortega, P.L. & Soto-Giraldo, A. 2019. Effects of different sources of honey in the breed of *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) for the multiplication of entomopathogenic nematodes. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 8(1):28-33.
- Riveros, A.J.; Leonard, A.S.; Gronenberg, W. & Papaj, D.R. 2020. Learning of bimodal versus unimodal signals in restrained bumble bees. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(2):74-83.
- Rodríguez-Arnaiz, R., Castañeda-Sortibrán, A. & Ordáz-Téllez, M.G. 2004. *Conceptos básicos de Genética*. Facultad de Ciencias, UNAM, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez-Calderón, A.T. 2014. Requerimientos y valor económico del servicio de polinización prestado por abejas en dos frutales promisorios colombianos, (*Champa Campomanesia lineatifolia* Ruiz and Pav. y *Cholupa Passiflora maliformis* L.). *Neotropical Entomology*, 43(1):53-60.
- Rodríguez-López, D. 2011. Evaluación de la presencia de residuos de plaguicidas en miel de abejas provenientes de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Magdalena y Santander. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Rodríguez-López, D.; Ahumada, D.A.; Díaz, A.C. & Guerrero, J.A. 2014. Evaluation of pesticide residues in honey from different geographic regions of Colombia. *Food Control*, 37(1):33-40.
- Rodríguez, Y.C.; Torres, A. & Hoffmann, W. 2020. Thermoanalytical investigations of honey produced by *Trigona* species using differential scanning calorimetry (DSC). *Revista Colombiana de Química*, 43(3):24-34.
- Rojas-Prieto, D.L. & Cure, J.R. 2012. Desarrollo de Colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera Apidae) en Cautiverio Durante la Etapa Subsocial. *Insects*, 10(11):412.
- Roubik, D. & Nates-Parra, G. 1989. Sympatry among subspecies of *Melipona favosa* in Colombia and a taxonomic revision. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 63(1):200-203.

- Roubik, D.W., Yanega, D., Aluja, S.M., Buchmann, S.L., Inouye, D.W. 1995. On optimal néctar foraging by some tropical bees (Hymenoptera, Apidae). *Apidologie*, 26:197-211.
- Salazar-Gonzalez, C. & Diaz-Moreno, C. 2016. The nutritional and bioactive aptitude of bee pollen for a solid-state fermentation process. *Journal of Apicultural Research*, 55(2):161-175.
- Salgado-Negret, B. 2015. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 236 pp.
- Salt, G. 1929. A contribution to the ethology of the meliponinae. *Transactions of the Entomological Society of London*, 77:432-470.
- Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K.A.G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers.
- Sánchez-Cañete, F.J. & Pontes-Pedrajas, A. 2010. La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7:270-285.
- Sanchez-Marroquin, H.A. 2017. Diversidad y variación temporal de abejas del género *Centris* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) en el ecosistema de bosque seco Desierto de la Tatacoa (Neiva-Huila). *Acta Biologica Colombiana*, 12:103-107.
- Sánchez, L.J. 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.
- Sandino, J.C. 2004. Are there any agricultural effects on the capture rates of male euglossine bees (Apidae: Euglossini)? *Revista de Biología Tropical*, 52(1):115-118.
- Sanmartín, I. 2012. Biogeografía (Capítulo 45). En el libro *El Árbol de la Vida: Sistemática y Evolución de los seres vivos*, Ed. 1. Pp:457-474.
- Sarmiento-Puentes, S. 2019. Polinización del agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*): frecuencia de visitas de *Bombus hortulanus* y *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Satizabal-E., M.C., García-N., J.M., Bernal-B., G. & Escobar-G., J.A. 1986. Caracterización de la apicultura en el valle del cauca y su futuro desarrollo. *Acta Agronómica*, 36(1):98-117.
- Satizabal-E., M.C.; García-N., J.M.; Bernal-B., G. & Escobar-G., J.A. 1986. Caracterización de la apicultura en el valle del cauca y su futuro desarrollo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1):75-81.
- Sepúlveda-Cano, P.A. 2013. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su efecto en la polinización. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 3(2):21-33.
- Sepúlveda-Cano, P.A.; Smith-Pardo, A.H. & Hoyos-S., R.A. 2017. Effect of the spatial arrangement of agroecosystem on bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity in potato (*Solanum tuberosum*) crops of Antioquia, Colombia. *Biotropical Conservation*, 220:149-160.
- Silva-Rojas, M.; Torres, A. & Hoffmann, W. 2016. Determinación de propiedades fisicoquímicas de propóleos provenientes de cinco especies de abejas

- sin aguijón de Norte de Santander-Colombia. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Smith-Pardo, A.H. 1999. Evaluación de cinco métodos de muestreo para abejas en dos estados sucesionales del área de influencia del embalse porce ii (antioquia). Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Smith-Pardo, A.H. 2003. A preliminary account of the bees of Colombia (Hymenoptera: Apoidea): Present knowledge and future directions. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 76(2):335-341.
- Southwick, E.E. & Southwick, L. 1992. Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 85:621-633.
- Steffan-Dewenter, I. & Tscharntke, T. 2000 Butterfly community structure in fragmented habitats. *Ecol. Lett.*, 3:449-456.
- Stevens, M. 2007. Predator perception and the interrelation between different forms of protective coloration. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274:1457-1464.
- Stork, N.E. 1988. Insect diversity: facts, fiction and speculation. *Biological Journal of the Linnean Society*, 35:321-337.
- Stork, N.E. 2007. Biodiversity – World of insects. *Nature*, 448: 657 – 658.
- Talero-Urrego, C.A. 2014. Actividad anti-gérmenes in vitro de extractos etanólicos de propóleos obtenido de abejas (*Apis mellifera*) en tres áreas geográficas de Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18):61-74.
- Tellez-Farfán, L. 2019. Revisión del subgénero *Glossura* (Hymenoptera: Apidae: Euglossini: Euglossa) y su distribución en Colombia. *Zootaxa*, 1749:53-61.
- Tibatá, V.M.; Arias, E.; Corona, M.; Ariza-Botero, F.; Figueroa-Ramírez, J. & Junca, H. 2018. Determination of the Africanized mitotypes in populations of honey bees (*Apis mellifera* L.) of Colombia. *Acta Biologica Colombiana*, 16(3):213-229.
- Torres-Carranza, J.E. 2012. Evaluación de la respuesta inmunológica del *Apis Mellifera* homeopatizada en cultivos de células mononucleares en sangre periférica. *Ingeniería e Investigación*, 37(3):45-51.
- Torres, A.; Garedew, A.; Schmolz, E. & Lamprecht, I. 2004. Calorimetric investigation of the antimicrobial action and insight into the chemical properties of "angelita" honey - A product of the stingless bee *Tetragonisca angustula* from Colombia. *Thermochimica Acta*, 415(1-2):107-113.
- Torres, A.; Garedew, A.; Schmolz, E. & Lamprecht, I. 2004. Calorimetric investigation of the antimicrobial action and insight into the chemical properties of "angelita" honey - A product of the stingless bee *Tetragonisca angustula* from Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 19(1):115-124.
- Torres, A.; Hoffmann, W. & Lamprecht, I. 2007. Thermal investigations of a nest of the stingless bee *Tetragonisca angustula* Illiger in Colombia. *Thermochimica Acta*, 458(1-2):118-123.
- Tovar-Casallas, D.C. 2012. Efecto de la administración de neurotransmisores sobre el aprendizaje asociativo en la abeja de la miel (*Apis mellifera*). Tesis de Grado. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

- Urrego-Ramírez, J.F. 2017. Caracterización de mieles de abeja *Apis mellifera*, colectadas de diferentes regiones de Antioquia, de acuerdo con los parámetros establecidos por la legislación colombiana y demás criterios que contribuyen a la calidad. *Respuestas*, 20(2):135-144.
- Valderrama-Hernández, R. 2003. Aspectos toxicológicos y biomédicos del veneno de las abejas *Apis Mellifera*. *Iatreia*, 16(3):217-227.
- Valencia-Cardona, L.O. & Velásquez-Ruiz, C.A. 2014. Caracterización palinológica de mieles del apiario del laboratorio de investigaciones melitológicas y apícolas de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1):37-44.
- Vandewalle, M., de Bello, F., Berg, M.P., Bolger, T., Dolédec, S., Dubs, F., Feld, C.K., Harrington, R., Harrison, P.A., Lavorel, S., da Silva, P.M., Moretti, M., Niemelä, J., Santos, P., Sattler, T, Sousa, J.P., Sykes, M.T., Vanbergen, A.J. & Woodcock, B.A. 2010. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodiversity Conservation*, 19:2921-2147.
- Vázquez, R.; Ballesteros, H.; Ortegón, Y. & Castro, U. 2006. Polinización dirigida con *Apis mellifera* en un cultivo comercial de fresa (*Fragaria chiloensis*). *Acta Agronómica*, 55(3):50-53.
- Velásquez-Díaz, L.M. 2020. Aprendizaje asociativo en abejas: Una revisión del uso de estímulos visuales. *Acta Biologica Colombiana*, 11(2):131-136.
- Velásquez-Giraldo, A.M.; Vélez-Acosta, L.M. & Zuluaga-Gallego, R. 2013. Physicochemical and Microbiological Characterization of *Apis mellifera* sp. Honey from Southwest of Antioquia in Colombia. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18):61-74.
- Vélez-Ruiz, R.I. 2011. Recuento sobre las publicaciones de las abejas silvestres de Colombia. *Boletín del Museo Entomológico Francisco Luís Gallego*, 3(3):15-29.
- Vélez-Velandia, E.D. 2012. Revisión del género *Centris fabricius*, 1804 (Hymenoptera: apidae: centridini) en Colombia. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Vélez, D. & Vivallo, F. 2012. A new South American species of *Centris* (*Heterocentris*) Cockerell, 1899 with a key to the species with horn-like projections on the clypeus (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Zootaxa*, 1065:51-60.
- Vélez, D. & Vivallo, F. 2018. Synopsis of the species of the subgenus *Centris* (*Ptilotopus*) (Hymenoptera: Apidae) in Colombia. *Biota Colombiana*, 19(2):46-63.
- Velez, E.D. 2005. A Bee marking technique. *Annals of Botany*, 118(1):134-148.
- Vergara-Amado, J.; Manzi, C.; Franco, L.M.; Contecha, S.C.; Marquez, S.J.; Solano-Iguaran, J.J.; Haro, R.E. & Silva, A.X. 2020. Effects of residual doses of neonicotinoid (imidacloprid) on metabolic rate of queen honey bees *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Insectes Sociaux*, 55(3):320-328.
- Vergara-B., C., Villa-L., A. & Nates-Parra, G. 1986. Nidificación de meliponinos (Hymenoptera: Apidae) de la Región Central de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 34(2):181-184.

- Vila-Subirós, J., Varga-Linde, D., Llausàs-Pascual, A. & Ribas-Palom, A. 2006. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology): Una interpretación desde la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 48:151-166.
- Villa, J.D. 1988. Defensive Behaviour of Africanized and European Honeybees at two Elevations in Colombia. Tesis de Grado. Universidad Militar Nueva Grana. Bogotá, Colombia.
- Vivallo, F. & Vélez, D. 2016. A synopsis of the subgenus *Centris* (*Hemisiella*) *moure*, 1945 (hymenoptera: Apidae: Centridini) in Colombia, with description of a new species. *ZooKeys*, 221:63-79.
- Vivallo, F.; Vélez, D. & Fernández, F. 2013. A new species of *Centris* (*Xanthemisia*) *Moure*, 1945 from South America with a synopsis of the known species of the subgenus in Colombia (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *American Museum Novitates*, 3589:1-7.
- Vivallo, F.; Vélez, D. & Fernández, F. 2016. Two new species of *Centris* (*Aphemisia*) *Ayala*, 2002 from Colombia with a synopsis of the subgenus for the country (Hymenoptera: Apidae: Centridini). *Zootaxa*, 4093(2):201-216.
- Weisser, W., Siemann, E. 2004. Insects and Ecosystem Function. *Ecological Studies*, Vol. 173.
- Williams, N.M.; Crone, E.E.; Minckley, R.L.; Packer, L.; Roulston, T.H. & Potts, S.G. 2010. *Biological Conservation*, 143:2280-2291.
- Zambrano, C.C.; Duarte, F.L. & Reyes, L.C. 2013. Evaluación del efecto de *Beauveria bassiana* en el control biológico de *Varroa destructor*, parásito de la abeja melífera (*Apis mellifera*) en la finca Felisa en el municipio de los Patios, Norte de Santander. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38(149):364-384.
- Zamudio-S., A.M.; Vanoy-V., N.; Díaz-Moreno, C. & Ahumada-F., D.A. 2017. Development and validation of a multiresidue method for pesticide analysis in honey by UFLC-MS. *Zootecnia Tropical*, 30(2):183-195.
- Zamudio-Sánchez, A.M. 2017. Evaluación de residuos de plaguicidas y metales tóxicos en miel de abejas producida en zonas de cultivos de fresa y cítricos. *Entramado*, 14(1):232-240.
- Zattara, E.E. & Aizen, M.A. 2021. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 4(1):114-123.
- Zuluaga-Domínguez, C. & Quicazan, M. 2019. Effect of Fermentation on Structural Characteristics and Bioactive Compounds of Bee-Pollen Based Food. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Zuluaga-Domínguez, C.; Castro-Mercado, L. & Quicazan, M.C. 2019. Effect of enzymatic hydrolysis on structural characteristics and bioactive composition of bee-pollen. *Entomovectoring for Precision Biocontrol and Enhanced Pollination of Crops*, 43(1):201-237.
- Zuluaga-Domínguez, C.M.; Serrato-Bermudez, J.C. & Quiocazán De Cuenca, M.C. 2014. Valorization alternatives of colombian bee-pollen for its use as food resource – a structured review. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Zuluaga, C.; Martínez, A.; Fernández, J.; López-Baldo, J.; Quiles, A.; Rodrigo, D. 2016. Effect of high pressure processing on carotenoid and phenolic

compounds, antioxidant capacity, and microbial counts of bee-pollen paste and bee-pollen-based beverage. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

Zuluaga, C.M.; Serrato, J.C. & Quicazan, M.C. 2015. Bee-pollen structure modification by physical and biotechnological processing: Influence on the availability of nutrients and bioactive compounds. *Chemical Engineering Transactions*, 43:79-84.