

Acciones antropogénicas y su incidencia sobre el declive de poblaciones de polinizadores (abejas nativas) en agroecosistemas cafeteros

Anthropogenic Actions and Their Impact on the Decline of Pollinator Populations (Native Bees) in Coffee Agroecosystems

 Arsened Vargas-Guarin ^{1*}  Manuel Francisco Polanco-Puerta ²

¹ Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Neiva, Colombia.

² Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.

*Autor de correspondencia: Arsened Vargas-Guarin. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Huila, Colombia. arsened.vargas@unad.edu.co

Recibido: 17 de mayo de 2022

Aprobado: 15 de abril de 2023

Publicado: 14 de septiembre de 2023

Editor temático: John Díaz Montaña,
(Corporación Colombiana de
Investigación Agropecuaria
[AGROSAVIA]), Antioquia, Colombia.

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

Resumen: La reducción de biodiversidad y de poblaciones de polinizadores es un fenómeno multifactorial que incluye la actividad agrícola, a pesar de reconocerse a las abejas nativas como actores en la producción de alimentos, a partir de la polinización. El objetivo de esta investigación fue evaluar la incidencia de las acciones antropogénicas inherentes a las actividades productivas en agroecosistemas cafeteros sobre poblaciones de abejas nativas. Para su desarrollo, se seleccionaron tres fincas con tecnología convencional (TC) y tecnología mixta (TM), localizadas en las veredas Vega Platanares, Fátima y Los Pinos, del municipio Garzón, Huila, donde se efectuaron capturas directas de abejas en arbustos de café y posteriormente se realizó la clasificación taxonómica, se estimó la diversidad y la abundancia a partir del índice de Shannon y Simpson. Adicionalmente, se analizaron posibles factores relacionados con la diversidad de abejas silvestres en agroecosistemas cafeteros TC y TM, mediante una encuesta dirigida a 36 productores cafeteros, constatando la utilización de ingredientes activos clorpirifos (11,43 %), glifosato (14,29 %) y fipronil (5,71 %). Registros del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) exhibió altas precipitaciones en los últimos cinco años, reduciendo la inflorescencia de cafetales de fuente forrajera apícola. El desconocimiento de la importancia de las abejas silvestres en las comunidades se relaciona con la escasa divulgación de su protección, su biología y su influencia en la producción agrícola. Adicionalmente, alarma el desarrollo de la actividad agrícola asociada a deforestación de bosques nativos y remanentes boscosos para la ampliación de la frontera agrícola, básicamente en monocultivo con un manejo a base de productos agroquímicos y ausencia de sombrero.

Palabras clave: agricultura, biodiversidad, conservación, ecosistema, entomofauna, servidumbre ecológica.

Abstract: The reduction of biodiversity and pollinator populations is a multifactorial phenomenon that includes human actions in agricultural activity despite recognizing that native bees are fundamental actors in food production based on services such as pollination. This research aimed to evaluate the incidence of anthropogenic actions inherent in productive activities in coffee agroecosystems on populations of wild bees. For its development, three farms with Conventional Technology TC and Mixed Technology TM were selected, located in the villages of Vega Platanares, Fátima, and Los Pinos, municipality of Garzón - Huila, where direct captures of bees in coffee bushes were made and subsequent taxonomic classification was estimated. diversity and abundance from the Shannon and Simpson index. Possible factors related to the diversity of wild bees in TC and TM coffee agroecosystems were analyzed through a survey of 36 coffee producers, verifying the use of active ingredients chlorpyrifos 11.43%, glyphosate 14.29% and fipronil 5.71%. Records of the Institute of Hydrology, Meteorology, and Environmental Studies (IDEAM) showed increased rainfall during the last five years, reducing the inflorescence of coffee plantations as a source of beekeeping fodder. Ignorance of the importance of wild bees in communities is related to poor disclosure of their protection, biology, and influence on agricultural production. It is alarming the development of agricultural activity associated with the felling of native forests and forest remnants to expand the conventional agricultural frontier, basically, monoculture with management based on agrochemical products and the absence of shade.

Keywords: agriculture, biodiversity, conservation, ecosystem, entomofauna, ecological easement.



Introducción

Se define agroecosistema (AGES) a los sistemas de producción primaria o un sistema natural que es intervenido por el hombre para su aprovechamiento mediante la adaptación, la modificación y la interacción con los recursos naturales en la producción de alimentos y servicios que requieren la sociedad (Platas-Rosado et al., 2017). Entre tanto, el término ecosistema hace referencia a la unidad funcional compleja e interdependiente de poblaciones vegetales y animales que viven en una zona geográfica determinada y que presenta, generalmente, condiciones naturales uniformes (Unesco, s. f.). En cuanto a agroecosistemas cafeteros, Colombia cuenta con 23 departamentos productores de café (*Coffea arabica*) con 840.111,8 hectáreas concentradas en 542.906 productores y 688.961,4 predios, con una producción de 12,6 millones de sacos, consolidándose como la gran apuesta productiva de Colombia con exportaciones a diferentes países (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2021) como Estados Unidos y Alemania. Por su parte, Japón es uno de los países que más importaron en el año 2020, con un total de 1023 sacos de café, y en menor proporción lo hicieron Canadá, Bélgica, Corea del Sur, España, Reino Unido, Italia y Finlandia. En este sentido, se consolida el café como un gran motor de la economía nacional y del 74 % de la población rural del departamento del Huila, donde alrededor de 82.969 familias cuentan con 144.895 hectáreas de café arábico (Farfán-Valencia, 2021).

Las plantas y los polinizadores tienen una relación simbiótica (Haón Ramírez, 2022), como lo es el café y las abejas y, por tanto, a nivel mundial existe una preocupación por la reducción de polinizadores y de la población de abejas sobre las áreas de producción cafetera, lo que puede atender a la postura de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2014), la cual indica que en los últimos 20 años y en todos los continentes (excepto en la Antártica), se ha documentado la disminución de poblaciones y especies de abejas en los agroecosistemas y áreas naturales, y en el caso de algunas especies de *Bombus* en Norteamérica, se estima que han disminuido hasta en un 96 %. Asimismo, preocupa que se produzcan nuevas disminuciones en las poblaciones de abejas silvestres debido a continuas transformaciones de los paisajes naturales o seminaturales en monocultivos (St. Clair et al., 2022).

En Colombia, el ecosistema cafetero mantiene altos niveles de heterogeneidad a pesar de ser intervenido. Se estima que la zona cafetera posee diversidad de especies y, dentro de ellas, 30 de abejas (González & Serna-Giraldo, 2018). Las abejas silvestres son vitales dentro de los agroecosistemas, dado que mejoran la fructificación de los cultivos, sin embargo, persisten acciones de manejo convencional del cultivo que ocasionan la fragmentación de hábitats, la remoción del suelo y el uso de insecticidas que limitan la capacidad de anidación de las abejas, alteran el patrón de forrajeo y los procesos de aprendizaje de estas (Martínez-Martínez, 2018). Los agroecosistemas cafetaleros constituyen hábitats y refugios para algunas especies, favoreciendo la biodiversidad (Huaman Pilco et al., 2020). Adicionalmente, la producción de frutos de café está estrechamente ligada con la diversidad de abejas y esta depende de factores asociados al cultivo, como la cobertura forestal del sistema de producción, la cercanía de bosques remanentes, la incidencia de luz y las técnicas agronómicas de manejo (Aliaga-Barrena, 2019). Además de la drástica transformación de hábitats asociada a las prácticas agrícolas, el uso de

plaguicidas se considera como una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad en los ambientes agrarios, siendo los insectos polinizadores muy susceptibles a la acción de ciertos compuestos fitosanitarios (Botías & Sánchez-Bayo, 2018); aunado a ello, gran parte de los agricultores y de la sociedad en general desconoce aún el valor de la polinización animal, la necesidad de conservar las poblaciones de insectos silvestres y el modo de promover el servicio ecosistémico de polinización (Miñarro-Prado et al., 2018).

Para la seguridad alimentaria mundial, definida como “el derecho de toda persona a tener acceso a alimentos sanos y nutritivos, en consonancia con el derecho a una alimentación apropiada y con el derecho fundamental de toda persona a no padecer hambre” (Pastorino, 2020), se necesita casi duplicar la producción de alimentos en las próximas décadas; por lo tanto, la agricultura convencional es el enfoque principal para lograr este objetivo, pero aunque ha tenido un fuerte impacto negativo sobre el medioambiente y el entorno social (Botías & Sánchez-Bayo, 2018; Waldron et al., 2017), incluido el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, la integridad del ecosistema, la degradación de la tierra, la inseguridad del agua y la alteración de los sistemas sociales (Maxwell et al., 2016). Además, se ha documentado que granjas gestionadas de manera más intensa, con respecto a la heterogeneidad del paisaje, experimentan servicios de polinización reducidos (Manson et al., 2022), por ello es importante revisar estas interacciones en cultivos de alta demanda como el café, toda vez que los estudios muestran que las comunidades de aves y abejas proporcionan servicios de control de plagas y polinización que mejoran la cantidad y la calidad del café, beneficiando a los caficultores, cuyos medios de vida dependen de este cultivo (Cadena-Guadarrama et al., 2019).

En revisiones previas, González-Chaves et al. (2020) indican que “la proximidad de los cultivos de café a fragmentos de bosque pueden afectar la abundancia y la riqueza de abejas visitando las flores del café y así facilitar la prestación de servicios de polinización”, es así como la asociación positiva entre la proximidad forestal refuerza la importancia de la vegetación natural en la mejora de la diversidad y la prestación de servicios de polinización. Según Husni et al. (2019), el sistema de agricultura ecológica de café ha jugado un papel importante en el mantenimiento de la biodiversidad, manifestándose en la mayor proporción de especies frente a la menor diversidad hallada en sistemas de plantaciones convencionales.

En cuanto al conjunto de frutas de café arábica, se ha demostrado que aumenta en un 10-30 % en plantaciones con una alta riqueza de especies de abejas, posiblemente influenciadas por la disponibilidad del hábitat forestal circundante (Moreaux et al., 2022). En este sentido, los cultivos asociados con la diversidad de especies arbóreas que proporcionan sombra y con tecnología mixta que incluye arreglos agroforestales de café que propician sombra y fijación de nitrógeno, también se beneficia a las comunidades de abejas tropicales (Galbraith et al., 2020). Las colonias de abejas se enfrentan a muchos desafíos que influyen en su crecimiento, reproducción y sostenibilidad, en particular al cambio climático, los pesticidas, el uso de la tierra y la fuerza de manejo, importantes factores a considerar en aras de una polinización rentable y sostenible (Khalifa et al., 2021). Estudios en cultivos con manejo convencional realizados por Brühl et al. (2021) observaron “la disminución de la biomasa de insectos en áreas de conservación de la naturaleza en paisajes agrícolas, uno de los principales factores causales discutidos fue el uso de pesticidas sintéticos en la agricultura convencional”.

Por otra parte, se desconoce aún el valor de la polinización animal y la necesidad de conservar las poblaciones de insectos silvestres, como también el potencial económico derivado de su dinámica en las comunidades (Miñarro-Prado et al., 2018). Este trabajo aporta a la investigación en sus desafíos de identificación de relaciones antropogénicas y ambientales que afectan las poblaciones de visitantes florales, generando conocimiento referente a acciones en torno a mitigar la problemática de estudio (declive de poblaciones de abejas nativas), de una manera más efectiva en entornos determinados y con características muy particulares, como agroecosistemas cafeteros en una zona de amplia vocación agrícola. Por tanto, el objetivo principal fue evaluar la incidencia de las acciones antropogénicas inherentes: las actividades productivas en agroecosistemas cafeteros sobre poblaciones de abejas nativas, y partió de diagnosticar los principales factores sociales, técnicos y ambientales asociados al declive de poblaciones de polinizadores en los sistemas de producción cafetera y determinar la abundancia y la diversidad de polinizadores (abejas nativas).

Las acciones antropogénicas asociadas al modelo de producción cafetera con tecnología convencional afectan directamente las poblaciones de polinizadores (abejas silvestres), aunque las variaciones en los sistemas de producción y las especies de forrajes presentes en los agroecosistemas cafeteros y las labores agrícolas en agroecosistemas aledaños pueden presentar respuestas distintas. De esta manera, se pretende aportar información relevante para abrir las puertas a futuras investigaciones que procuren el conocimiento del potencial ecosistémico y económico de las abejas nativas con un enfoque zootécnico en las regiones.

Materiales y métodos

Esta es una investigación con alcance descriptivo que se desarrolló durante seis meses en el periodo mayo a noviembre del 2021 en las veredas Los Pinos, Fátima y Vega de Platanares, ubicadas sobre el oriente del municipio de Garzón, Huila, altitud que oscila entre los 1478 y los 1570 m s.n.m. con dos periodos marcados de mayor precipitación: abril, mayo y junio y octubre, noviembre y diciembre (figura 2), además de tener una actividad económica principal: la caficultura. Además, por su importancia en la producción cafetera, esta área corresponde a zonas reconocidas. Según datos de Coocentral (Cooperativa Central de Caficultores del Centro del Departamento del Huila), la zona de estudio cuenta con una base de datos de 242 productores que concentran 258 predios, convirtiéndola en una zona de economía cafetera. Para este estudio, se aplicó una encuesta a 36 productores cafeteros en torno a la obtención de información sobre variables inmersas a factores sociales, técnicas y ambientales que se relacionan directamente con las actividades productivas asociadas a los agroecosistemas cafeteros de la región.

Tabla 1. Variables evaluadas en el trabajo de investigación

Factor	Variabes
Social	Edad (años)
	Género (femenino o masculino)
	Escolaridad (grado de escolaridad)
	Composición del núcleo familiar (número de integrantes del grupo familiar)
	Propiedad del predio (tipo de tenencia)
Técnico	Conocimiento sobre los servicios que ofrecen las abejas a la producción agropecuaria y al medio ambiente (%)
	Asistencia técnica frente al tema de polinizadores (%)
	Percepción sobre disminución o no de poblaciones de abejas (%)
Ambiental	Uso de agroquímicos (ingredientes activos utilizados)
	Presencia de bosques y rastrojos o remanentes boscosos en predios cafeteros (%)
	Comportamiento de las precipitaciones durante el año (mm)
	Diversidad y abundancia de abejas visitando floración de café (índices de Shannon y Simpson)

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el tamaño de la muestra para aplicar la encuesta se tuvo en cuenta la siguiente fórmula, con un nivel de confianza del 95 % y un error del 12,5 %:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

n : tamaño de la muestra inicial q : 0,5

N : 242

e : 125 %

p : 0,5

Z : 1,645

Así, se obtuvo una muestra de $n = 36$ productores cafeteros.

Por último, para la evaluación, la interpretación de datos y el análisis del contenido, se utilizaron tablas de Excel y el programa estadístico InfoStat versión 2020. La asistencia técnica frente al tema de polinizadores y la percepción de disminución de poblaciones de abejas se determinó a partir de la aplicación de la encuesta a los productores.

Determinación de abundancia y diversidad

Aparte de la encuesta aplicada a los 36 productores, se visitaron tres predios dentro de las zonas de estudio, es decir, un predio por cada una de las veredas: dos predios con tecnología convencional (TC) monocultivo sin sombrero, manejo fitosanitario con prevalencia de

agroquímicos y un predio con tecnología mixta (TM), correspondiente a un cultivo establecido con arreglos tipo policultivo con asociación de café, frutales, forestales y un manejo agronómico con el uso principal de productos químicos y orgánicos, en los cuales se efectuaron muestreos quincenales de poblaciones de abejas nativas que visitaban los cafetales. Dentro de cada parcela se seleccionaron al azar de 15 a 20 arbustos de café (aproximadamente a cinco metros de distancia) y con una red entomológica se realizó la captura directa de visitantes florales, conservando cada individuo en etanol al 70 %, los cuales fueron introducidos en envases debidamente rotulados para su posterior determinación taxonómica en el laboratorio por método de comparación.

Fórmula para cálculo de índice de diversidad de Shannon:

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \times \log_2 P_i \text{ (Ecuacion 2)}$$

i = cada especie

s = n.º total de especies

pi = abundancia relativa de cada especie en la comunidad y n.º individuos de la especie i/ N.º total de individuos

Índice de diversidad de Simpson:

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)} \text{ (Ecuación 3)}$$

Nomenclatura

D = índice de Simpson

n = número total de organismos de una especie

N = número total de organismos de todas las especies

S - número de especies

Pi = proporción de individuos de cada especie respecto al total: ni/N

ni = número de individuos de la especie i

N = número de individuos de todas las especies

H' = resultado de la ecuación que normalmente varía entre 0,5 y 5. Menor a 2 es bajo y superior a 3 es alto en relación con la biodiversidad.

Las abundancias relativas se calcularon como la suma de las abundancias parciales de cada colecta. Se categorizaron cada una de las especies de visitantes como “muy común” cuando su número sobrepasaron los ocho individuos por colecta; “común” cuando las especies presentaron abundancias entre cinco y ocho individuos en cada colecta y “raras” cuando las especies presentaron entre uno y cuatro individuos.

Resultados y discusión

Factores sociales

Caracterización social

De acuerdo con la tabla 2, se encontró que el género masculino cuenta con la mayor participación en la actividad productiva de café (66,7 %), aunque cabe destacar la importante representación del género femenino, que corresponde al 33,3 % de la población involucrada en la actividad cafetera en la zona de estudio. Por otro lado, se observa que la edad de la población fluctúa, pero tiene un promedio de 52 años (variación entre 22 y 78 años) y en la escolaridad predomina el bachillerato (38,9 %), mientras que la población sin escolaridad representa el 13,9 %, esto es comparable con la información del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2020, indicando que una persona en área rural estudia en promedio seis años.

En términos de tenencia de tierra, el 72,2 % es propietario y el 100 % de la población impactada posee servicios básicos domiciliarios, la conformación de las familias en número de integrantes es 4 (varía entre 2 y 9 miembros familiares), permitiendo evidenciar que, aunque la actividad agrícola es la base económica y cultural de la región, se observa un envejecimiento de la población y una posible pérdida de las tradiciones a largo plazo, lo que influye en una mayor apropiación de las tecnologías convencionales.

Tabla 2. Caracterización social productores cafeteros del área de estudio n = 36

Género	%	Escolaridad	%	Tenencia del predio	%
Femenino	33,3	Sin escolaridad	13,9	Propio	72,2
Masculino	66,7	Primaria	30,5	Familiar	19,4
Edad	Años	Bachillerato	38,9	Otro	8,4
Mediana (rango)	52 (22-78)	Técnico o tecnólogo	2,8	Núcleo familiar	N.º de integrantes
		Profesional con o sin posgrado	13,9	Número de integrantes (rango)	4 (2-9)

Fuente: Elaboración propia

Asistencia técnica frente al tema de polinizadores y percepción de disminución de poblaciones de abejas

El conocimiento sobre los servicios de las abejas silvestres es limitado a la polinización según el 75 % de los encuestados, tampoco existe una estrecha relación del extensionista o el comercializador de insumos que promueva el uso responsable, aunque el 27,8 % de los encuestados manifiesta que, en la asistencia técnica e incluso en los sitios donde se adquieren los

agroinsumos, reciben indicaciones de proteger a los polinizadores, incluyendo las abejas, pero el 19 % no aplican los productos recomendados ni acatan las orientaciones recibidas.

Preocupa la alta percepción (91,7 %) sobre el declive de abejas nativas durante los últimos diez años, sumado esto al desconocimiento de los servicios de las especies, de sus cuidados y su potencial económico, tal como manifiestan Wood et al. (2020), quienes indican que la conservación de las abejas silvestres se ve obstaculizada por un gran déficit en el conocimiento sobre las tendencias y el estado de las especies individuales, principalmente debido a su gran diversidad y variación en las historias de vida de los productores. Sobre la percepción de la disminución de la presencia de abejas silvestres, su cantidad y su diversidad, los productores dijeron causas que podrían suscitar su declive (figura 1), destacando las aspersiones con agroquímicos a cultivos de lulo (*Solanum quitoense* L.). Así, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (2021) y la ANLA consideraron necesario requerir a los titulares de registro de los productos formulados que contengan como ingrediente activo fipronil y que procedieran al ajuste de la etiqueta, para modificar los usos aprobados en los cultivos aguacate, café, cítricos y pasifloras, considerando que la ubicuidad de los polinizadores de abejas en los paisajes agrícolas con frecuencia resulta en su exposición a los agroquímicos y que estos son los que rodean los episodios de muerte de abejas, lo que se ha asociado con su disminución (Botina et al., 2020).

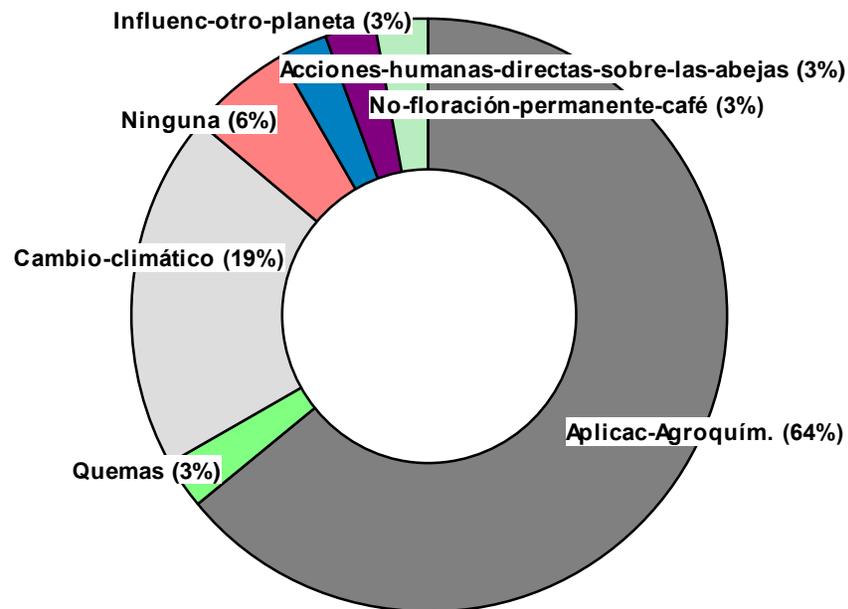


Figura 1. Percepción sobre factores de declive de abejas silvestres según productores encuestados

Fuente: Elaboración propia

Sobre la percepción del declive de las abejas y los polinizadores en general, en la zona de estudio los productores abordados sugirieron el cambio climático (19 %) como un factor asociado que ya está afectando la abundancia y la distribución de insectos, lo que podría causar desajustes geográficos entre los cultivos y sus polinizadores (Carrasco et al., 2020) y sumado al uso de la tierra (quemadas, aplicaciones de agroquímicos), todo ello representa un grave riesgo para la conservación de las abejas sin aguijón y sus servicios de polinización (Lima & Marchioro, 2021).

Tabla 3. Asistencia técnica y percepción de reducción de la presencia de poblaciones de abejas

Pregunta	%
¿Ha recibido indicaciones por parte del asistente, el extensionista o la casa comercial sobre la importancia de proteger a los polinizadores?	27,8
¿Le han explicado sobre el uso responsable de los plaguicidas?	36,1
Percepción sobre la disminución de poblaciones de abejas nativas	91,7

Fuente: Elaboración propia

Factores ambientales

Bosques

El 50 % de los entrevistados manifestaron que la evidencia de tala de bosques nativos en la zona de estudio es una gran preocupación, además de la escasa presencia de remanentes boscosos o rastrojos. En el 41,7 % de los predios de la zona, los bosques, los rastrojos y los parches forestales en paisajes agrícolas mantienen altos niveles de riqueza de especies de abejas (Carneiro et al., 2022) y la tala de bosques nativos para el establecimiento de cultivos es un detonante para la supervivencia de la fauna y la entomofauna, haciéndose aún más preocupante que recientemente se demostró que el cambio en el uso de la tierra incrementa la cantidad de metales tóxicos y metaloides siendo bioacumulados por *Tetragonisca angostula* (de Matos Barbosa et al., 2021).

Además de la drástica transformación de hábitats asociada a las prácticas agrícolas, el 30,5 % exhibieron una actividad agrícola convencional mediante el arraigo al uso de agroquímicos, pero además de este grupo de productores, el 36,11 % de ellos se inclinan por un manejo fitosanitario mixto que infiere el uso en algún grado de agroquímicos, a pesar de que el uso de plaguicidas se considera como una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad en los ambientes agrarios. Concretamente, los insectos polinizadores son muy susceptibles a la acción de ciertos compuestos fitosanitarios (Woodcock et al., 2017).

En la distribución de área de los predios, en promedio 1,0 ha corresponde a bosques o rastrojos frente al cultivo de café (*Coffea arabica*) de las variedades *Catimor*, *Castillo*, *Bourbon* y *Caturra* con áreas que oscilan entre 0,5 y 13 hectáreas.

Tabla 4. Bosques y rastrojos o remanentes boscosos en predios cafeteros

Aspectos técnicos	Ítem	%
Establecimientos cafetaleros con y sin sombrío	Sombrío	69,4
	Sin sombrío	30,6
Tipo de manejo fitosanitario que se ofrece al cultivo de café	Químico	30,55
	Orgánico	11,11
	Mixto	36,11
	Solo labores culturales	22,3
Predios con bosques o rastrojos	No	38,9
	Menos de media hectárea	41,7
	Media a una hectárea	13,9
	Más de una hectárea	5,6
¿Ha evidenciado tala de bosques nativos en la comunidad durante los últimos cinco años?	Sí	50
	No	41,7
	No responde	8,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Distribución del área en los predios (ha)

Variable	n	Media	DE	Mín.	Máx.	Mediana
Área del café	36	2,77	2,65	0,5	13	2
Área de bosques o rastrojos	36	0,89	0,85	0	3	1
Área del predio	36	3,55	3,77	0,5	20	2

Fuente: Elaboración propia

Precipitación

Para descifrar uno de los factores del clima, para este caso de eventos de precipitación se tomó el histórico de 10 años de la estación La Pita del Ideam, con influencia en el área de estudio, cuyos eventos de mayor intensidad corresponden a los promedios arrojados para los años 2011, 2018 y 2019 con picos muy elevados (337, 360 y 396 mm mes), pero, curiosamente, en los años 2019 y 2021 se reflejan constantes precipitaciones sin extremas variaciones y mantuvieron promedios superiores respecto a los últimos cinco años.

Así, el 100 % los encuestados manifestó su preocupación por el rigor y los largos periodos de lluvias que redujeron hasta un 50 % las producciones de café durante el año 2021 y lo consideran un factor de dificultad para que insectos (especialmente las abejas) ejerzan sus visitas a los cultivos, esto concuerda con información de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2021), indicando que la baja presentada en la cosecha cafetera 2021/2022 fue atribuida a dificultades climáticas que enfrentan los cultivadores, precisamente por el incremento de las precipitaciones en las diferentes regiones productoras de café, lo que redujo la floración de los arbustos (Arias, 2021), situación que presume una reducción de las visitas de polinizadores y abejas, principalmente, asociado a la escasa oferta floral del cultivo, especialmente en predios con manejo convencional. Los eventos climáticos extremos (ECE) plantean desafíos adicionales para las comunidades de polinizadores que ya se encuentran comprometidas debido a factores ambientales estresantes (Erenler et al., 2020).

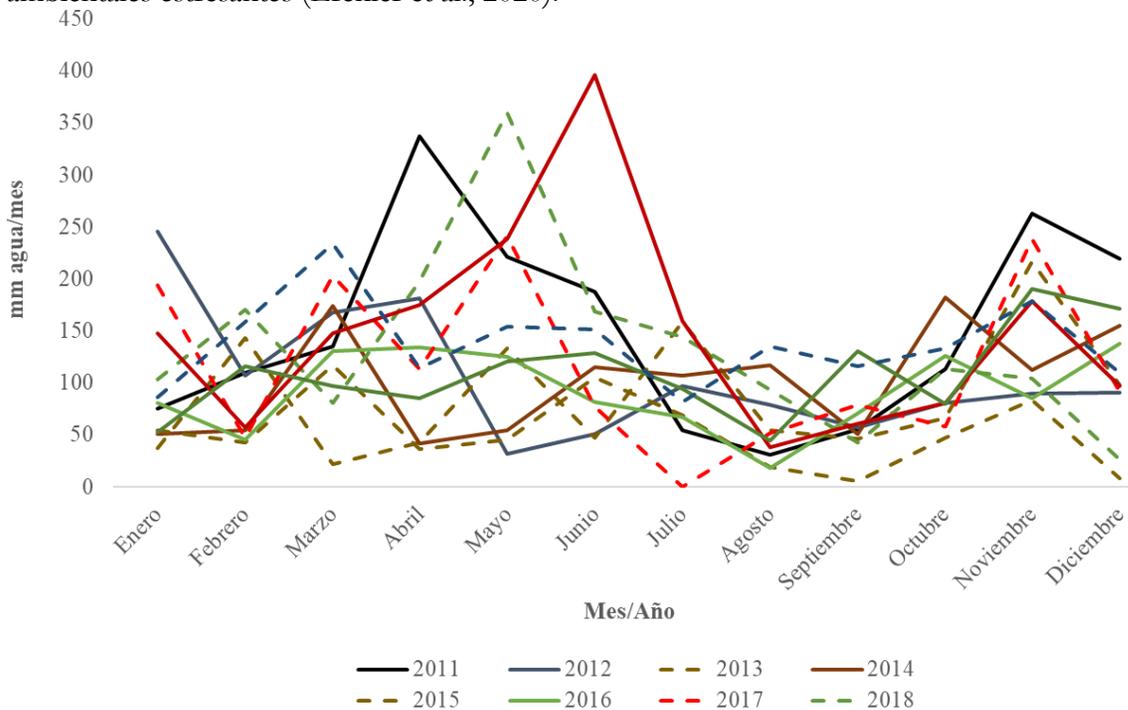


Figura 2. Promedio mensual de precipitaciones del 2011 al 2021, en la estación La Pita - Garzón (H)

Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)

Agroquímicos (los más usados)

El primer ingrediente activo más utilizado corresponde al glifosato, utilizado ampliamente en el control de arvenses, que en contraste con metaanálisis realizado por Battisti et al. (2021), los autores concluyeron que este compuesto químico se considera tóxico para las abejas e identificaron que los trabajos que evalúan la toxicidad del glifosato para las abejas aún son escasos, tanto para efectos letales como subletales, principalmente para especies de abejas sin aguijón y solitarias. En cuanto al clorpirifos como el segundo ingrediente activo (DiBartolomeis et al., 2019) mediante análisis de detección, se demuestra un aumento en la carga de toxicidad por pesticidas en los últimos 26 años, lo que potencialmente amenaza la salud de las abejas melíferas y otros polinizadores y puede contribuir a la disminución de poblaciones de insectos beneficiosos y otras especies. Además, preocupa que a pesar de la restricción para uso en café de insecticidas con base fipronil, según la Resolución n.º 092101 (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2021), en mayo de 2013, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria etiquetó como de “alto riesgo agudo” para las abejas en la zona de estudio e identificó que el 5,72 % de la población entrevistada lo aplica en dicho cultivo como primer ingrediente activo más utilizado, además de los tratamientos con el metalaxil, el cual tiene un efecto inmediato en la mortalidad de algunas especies de abejas, y los tratamientos con glifosato, clorotalonil y oxifluorfen que tienen un efecto en la mortalidad a largo plazo (DiBartolomeis et al., 2019), además, productos con base química de glifosato inciden de manera importante en la disponibilidad de alimento de las abejas (Folguera, 2021).

Es fundamental considerar cómo los plaguicidas representan una seria amenaza para la supervivencia de las abejas sin aguijón, ya que actualmente existe una robusta evidencia científica que demuestra los efectos toxicológicos de los pesticidas en las especies de la tribu Meliponini (Lima et al., 2016; Tomé et al., 2017). En el grupo de los agroquímicos más usados, se destacan fungicidas con los ingredientes activos: metalaxil y mancozeb. En investigaciones recientes, se han demostrado los efectos toxicológicos, ocasionados por fungicidas contra las abejas sin aguijón, provocando alteraciones en el intestino medio y signos morfológicos de muerte celular, así como una reducción de la tasa de supervivencia (Toledo-Hernández et al., 2022), aunque las formulaciones son generalmente más tóxicas que los ingredientes activos, particularmente los fungicidas, e incluso pueden llegar a ser hasta 26.000 veces más tóxicas según la literatura publicada (Mullin, 2015).

Diversidad y abundancia de abejas visitando la floración de café

En el café, las abejas actúan para apoyar una polinización, reflejándose en el número de frutos cosechados (Tarno et al., 2017). Se registró un total de 84 abejas ejerciendo la visita sobre la flor de café en las tres fincas visitadas, donde el índice de diversidad de Simpson refiere que el predio Fátima TM es el que mayor diversidad representa 0,2889, ya que se trata de un agroecosistema cafetero con sombrío maderable en su contorno y especies frutales dentro del cultivo, con un transecto de 230 metros que se comunica con un bosque nativo (cafetales multiestratos tradicionales), lo que puede explicar una posibilidad de un entorno favorable para nidificación y el forrajeo.

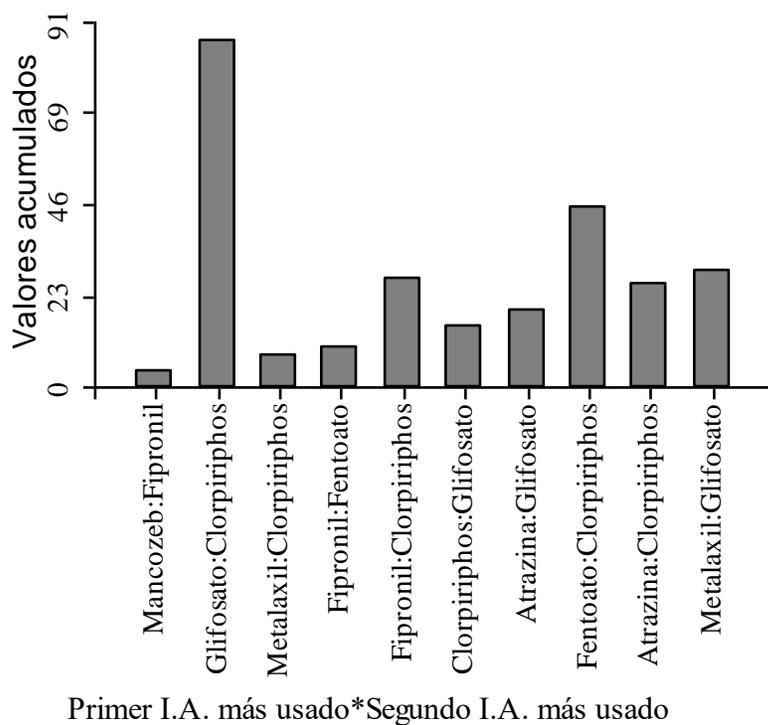


Figura 3. Ingredientes activos más usados en la producción cafetera en la zona de estudio
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el predio Los Pinos TC, de monocultivo cafetero carente de sombrío y de diversidad florística, evidencia una menor diversidad: 0,4592. El índice de Shannon deduce que el predio Fátima TM presentó una mayor diversidad: 1,3573, frente a los otros dos predios, siendo aún escasa. Se comprende entonces la intensificación agrícola como una causa de baja población, debido a la reducción de áreas naturales que contienen recursos florales y de nidificación crítica (Morrison et al., 2021), provocada por la intensificación de cultivos en la región como monocultivo, en ausencia o limitado sombrío y con barreras vivas con amplio control de arvenses que ocasionan la limitación del recurso florístico y habitacional, si se tiene en cuenta que la diversidad de abejas en agroecosistemas parece estar relacionada con la cercanía de cada cultivo a fragmentos de bosque (Morales-Alba et al., 2021). Por tanto, el establecimiento de sombríos, así como mantener una amplia gama de plantas con flores, no es perjudicial para las visitas de polinizadores y abejas a las flores de café y en su lugar pueden facilitar los servicios de polinización, al tiempo que proporcionan un hábitat para otros animales (Prado et al., 2021).

Tabla 6. Diversidad de abejas en los predios Fátima, Los Pinos, Vega de Platanares municipio Garzón, Huila

Visitante	Predio Fátima TM (var. Bourbon y Caturra)				Predio Los Pinos TC (var. Bourbon, Caturra y Castillo)				Predio Vega de Platanares TM (var. Bourbon, Caturra y Castillo)			
	N.º de individuos	Pi	Pi*LnPi	Pi²	N.º de individuos	Pi	Pi*LnPi	Pi²	N.º de individuos	Pi	Pi*LnPi	Pi²
	N				N				N			
<i>Apis mellifera</i>	11	0,3793	-0,3677	0,1439	8	0,5714	-0,3198	0,3265	18	0,439	-0,3614	0,1927
<i>Tetragonisca</i> sp.	9	0,3103	-0,3631	0,0963	1	0,0714	-0,1885	0,0051	0	0		
<i>Nannotrigona</i> sp.	6	0,2069	-0,326	0,0428	5	0,3571	-0,3677	0,1276	12	0,2927	-0,3596	0,0857
<i>Xylocopa frontalis</i>	2	0,069	-0,1844	0,0048	0	0		0	0	0		
<i>Trigona</i> sp.	1	0,0345	-0,1161	0,0012	0	0		0	8	0,1951	-0,3189	0,0381
Apidae	0				0	0		0	3	0,0732	-0,1913	0,0054
Sumatoria	29		-1,3573	0,2889	14		-0,876	0,4592	41		-1,2312	0,3218
H (Shannon)	1,3573				0,876				1,2312			
D (Simpson)	0,2889				0,4592				0,3218			

Notas aclaratorias: Pi: Proporción de individuos de cada especie respecto al total, N: número de individuos de todas las especies, D: índice de Simpson, el cual normalmente varía entre 0,5 y 5; H: índice de Shannon: el cual cuando es menor a 2 es bajo y superior a 3 es alto en relación con la biodiversidad, D: índice de Simpson entre 0 y 1: de 0 a 0,5 es alta diversidad y cuando el valor se acerca a 1 es baja diversidad.

Fuente: Elaboración propia

La abundancia de abejas visitantes en el café durante el periodo de monitoreo fue menor en el predio Los Pinos TC, con tres especies para la mayoría de los visitantes (mediana y baja abundancia). El predio Fátima TM presentó la mayor abundancia, prevaleciendo *Apis mellifera* y *Tetragonisca* sp., de la cual se halló nidificación a 10 metros del cafetal, muy similar al caso del tercer predio en Vega de Platanares que se destacan con cuatro especies, entre ellas *Apis mellifera* y *Nannotrigona* sp. como las más frecuentes y abundantes.

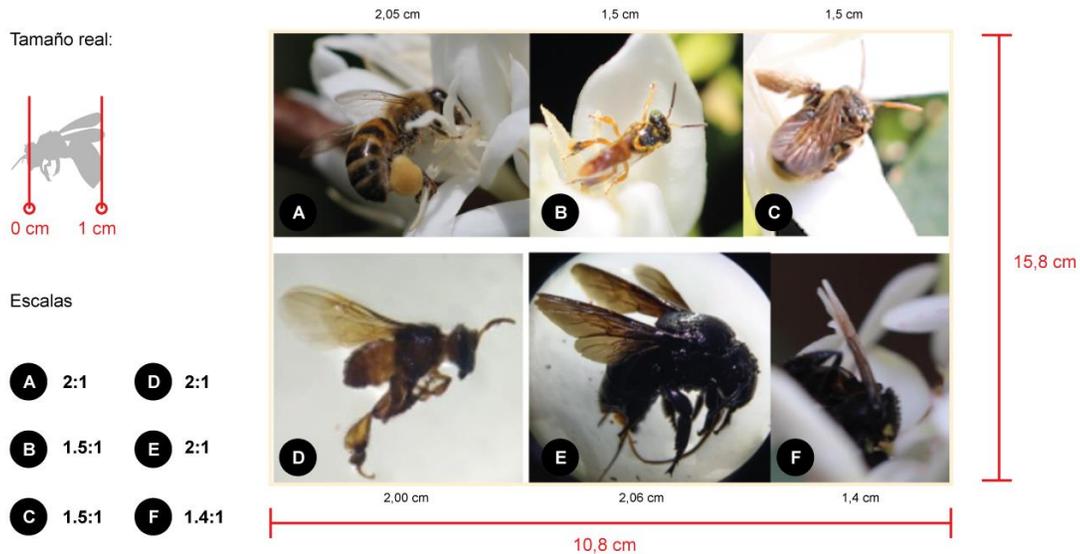


Figura 4. Diversidad de abejas encontradas en los sistemas cafeteros TM y TC en la zona de estudio. a. *Apis mellifera*, b. *Tetragonisca* sp., c. *Nannotrigona* sp., d. *Trigona* sp. y e. *Xylocopa frontalis*. f. *Apidae*.

Fuente: Elaboración propia

En los predios TM, aunque arrojaron baja diversidad y mediana abundancia frente al predio con TC con índices muy pobres, se demuestra cómo afecta la oferta floral restringida solo al cultivo y a sus periodos de floración, en este sentido, la conservación de los recursos florales y una riqueza de hábitats en sistemas de producción extensiva promueven el sostener comunidades diversas de polinizadores en los agroecosistemas (Cavigliasso, 2020), como también se traduce en el impacto del manejo de agroquímicos que le impide el desarrollo de especímenes en áreas de cultivo específicas.

Tabla 7. Abundancia de abejas encontradas en los sistemas cafeteros TM y TC en la zona de estudio

Nº	Individuo visitante	Fátima TM	Abundancia Vega de Platanares TM	Los Pinos TC
1	<i>Apis mellifera</i>	***	***	**
2	<i>Tetragonisca</i> sp.	***	0	*
3	<i>Nannotrigona</i> sp.	**	***	**
4	<i>Xylocopa frontalis</i>	*	0	0
5	<i>Trigona</i> sp.	*	*	0
6	<i>Apidae</i>	0	*	0

Notas aclaratorias: las abundancias indicadas son: *** muy común, ** común, * raro y ausentes “0”.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

La incidencia de las acciones antropogénicas inherentes a las actividades productivas en agroecosistemas cafeteros TM y TC sobre poblaciones de abejas silvestres como *Apis mellifera* acusan de la escasa aceptación sobre la responsabilidad intrínseca del productor sobre el manejo de los cultivos de café, lo que se amalgama con la débil información que reciben el productor y el trabajador sobre el manejo y el uso responsable de agroquímicos, requiriéndose entonces de todos los actores (asistencia técnica, servicios de extensión, casas comerciales, investigadores y academia) una constante cohesión que permita contar con los datos ecotoxicológicos utilizados en las evaluaciones de riesgos y que se socialicen a las comunidades de productores y profesionales del agro, lo que ayudaría a fomentar la confianza del consumidor respecto a acatar recomendaciones de uso responsable, no solo de los agroquímicos, sino también de los productos biológicos y orgánicos frente a la protección a los polinizadores. Estas acciones, en torno a fortalecer el conocimiento sobre los servicios ecosistémicos de las abejas nativas, fomentan su protección y el aprovechamiento del potencial económico inmerso de las especies halladas en la zona (polinización, miel y protección de bosques).

La tala o el derribe del bosque nativo detonan una amenaza para la dinámica de especies silvestres y dentro de ellas están las abejas, reduciendo sus sitios de nidificación y la oferta forrajera, principalmente. Además, el establecimiento de nuevas áreas de cultivo con tecnología convencional TC afecta directamente la diversidad y la abundancia de abejas silvestres y *Apis mellifera* en predios TM.

Los sistemas cafeteros TM con mayor riqueza y diversidad florística, entre ellos los policultivos y los cultivos con sombríos o rondas y remanentes boscosos, son importantes productores de biomasa *in situ* que promueven un ambiente natural, unos microclimas especiales que pueden determinar acciones de mitigación de las perturbaciones ambientales favorecedores de una intensa dinámica poblacional de himenópteros y otros insectos que son atraídos por la oferta forrajera y los recintos de nidificación constante, incluyendo condiciones para la vida de especímenes subterráneos.

Es claro que los agroecosistemas con TC son susceptibles al mayor rigor de intervención antropogénica (aplicación de productos agrotóxicos, control de arvenses, intervención de remanentes boscosos y monocultivo), infiriendo sobre las comunidades de abejas.

Se sugieren futuras investigaciones que permitan explorar los vínculos económicos entre la preservación de los bosques y el cultivo del café, enlazado a una agricultura que implique la protección de la diversidad vegetal dentro de la finca cafetera y el mantenimiento de los ecosistemas adyacentes.

Agradecimientos

Los autores agradecen al ingeniero agrónomo y MSc., Guillermo E. Caicedo Díaz, por el acompañamiento en las actividades de monitoreo en campo y la recolección de la información.

Agradecen también a los revisores pares y a los editores de esta revista por sus comentarios, los cuales ayudaron a mejorar este trabajo.

Contribución de los autores

Arsened Vargas Guarín: registro de información en campo, construcción de bases de datos, análisis de información y elaboración de manuscrito; Manuel Francisco Puerta: análisis de información y apoyo en la identificación taxonómica de especímenes y elaboración de manuscrito.

Implicaciones éticas

El presente artículo fue llevado a cabo teniendo el cuidado con el bienestar animal, habiéndose sacrificado únicamente a los insectos capturados de forma incruenta con previa liberación de especímenes repetidos o que no fueran sujeto de la investigación. También se obtuvo el consentimiento de los colaboradores para usar la información suministrada en la documentación del proceso presentado en el artículo.

Conflicto de interés

Los autores realizaron contribuciones relevantes al documento, están de acuerdo con su publicación y declaran que no existen conflictos de interés en este estudio.

Financiación

Los autores declaran que no se contó con financiación de institución pública o privada para el desarrollo de la metodología y los costos relacionados al proceso de investigación.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Respecto a la aplicación de la encuesta de percepción, se contó con previa autorización por parte de los encuestados para la publicación de sus percepciones, al igual que se contó con el visto bueno del comité de ética de la Universidad de Manizales, programa de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

Referencias

- Aliaga-Barrena, D. A. (2019). *Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) durante la floración de café (Coffea arabica L.) con certificación sostenible, en la finca "Santa Rosa" Villa Rica, Pasco, campaña 2016-17* [Tesis de Licenciatura, Universidad Científica del Sur, El Salvador]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/744>
- Arias, F. (2021, noviembre 10). Cambio climático amenaza producción cafetera en Colombia. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com/negocios/precio-del-cafe-en-colombia-es-alto-pero-preocupa-la-produccion-IE15999717>
- Battisti, L., Potrich, M., Sampaio, A. R., de Castilhos Ghisi, N., Costa-Maia, F. M., Abati, R., dos Reis Martinez, C. B., & Sofia, S. H. (2021). Response to Letter to the Editor "Is glyphosate toxic to bees? A meta-analytical review". *Science of The Total Environment*, 790, 147517. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147517>
- Botías, C., & Sánchez-Bayo, F. (2018). The role of pesticides in pollinator declines. *Ecosistemas*, 27(2), 34-41. <https://doi.org/10.7818/ecos.1314>
- Botina, L. L., Bernardes, R. C., Barbosa, W. F., Lima, M. A., Guedes, R. N., & Martins, G. F. (2020). Toxicological assessments of agrochemical effects on stingless bees (Apidae, Meliponini). *MethodsX*, 7, 100906. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.100906>
- Brühl, C. A., Bakanov, N., Köthe, S., Eichler, L., Sorg, M., Hörren, T., Mühlethaler, R., Meinel, G., & Lehmann, G. U. (2021). Exposición directa a pesticidas de insectos en áreas de conservación de la naturaleza en Alemania. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03366-w>
- Cadena-Guadarrama, A., Martínez-Salinas, A., Aristizábal, N., & Ricketts, T. H. (2019). Servicios ecosistémicos de aves y abejas al café en un clima cambiante: Una revisión del control y la polinización del barrenador de la baya del café. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 280, 53-67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.011>
- Carrasco, L., Papeş, M., Lochner, E. N., Ruiz, B. C., Williams, A. G., & Wiggins, G. J. (2020). Posibles disminuciones regionales en la riqueza de especies de polinizadores de tomate en América del Norte bajo el cambio climático. *Ecological Applications*, 31(3). <https://doi.org/10.1002/eap.2259>
- Cavigliasso, P. (2020). Servicios ecosistémicos de polinización en sistemas productivos con diferentes usos del suelo del espinal entrerriano, Argentina (Disertación doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba). <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/9640>
- de Matos Barbosa, M., Coelho Fernandes, A. C., Cruz Alves, R. S., Araujo Alves, D., Barbosa Junior, F., Lemos Batista, B., Ribeiro, M. C., & Hornos Carneiro, M. F. (2021). Effects of native forest and human-modified land covers on the accumulation of toxic metals and metalloids in the tropical bee *Tetragonisca angustula*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 215, 112147. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112147>
- da Silva Carneiro, L., Frantini-Silva, W., de Aguiar, W. M., Melo, G. A., Ribeiro, M. C., Sofia, S. H. y Gaglianone, M. C. (2022). La cubierta de café que rodea los parches de bosque afecta negativamente a las comunidades de abejas Euglossini. *Apidologie*, 53(4). <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00952-3>
- DiBartolomeis, M., Kegley, S., Mineau, P., Radford, R., & Klein, K. (2019). Una evaluación de la carga de toxicidad aguda de insecticidas (AITL) de pesticidas químicos utilizados en

- tierras agrícolas en los Estados Unidos. *PloS uno*, 14(8), e0220029. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220029>
- Erenler, H. E., Gillman, M. P. y Ollerton, J. (2020). Impacto de los eventos extremos en los ensamblajes de polinizadores. *Current Opinion in Insect Science*, 38, 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.01.007>
- Farfán-Valencia, F. (2021). La caficultura bajo sombra para el departamento de Huila. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (editores), *Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila*, 2 (2015-2021) (pp. 96-123). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0008_4
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2021). *Producción de café de Colombia cierra 2021 en 12,6 millones de sacos*. <https://federaciondecafeteros.org>
- Folguera, G. (2021). Un problema no es sólo un problema. Posiciones, hermenéuticas y políticas públicas relativas a la salud de las abejas. *Revista CUHSO*, 31(1), 496-521. <https://doi.org/10.7770/cuhso.v31i1.2058>
- Galbraith, S. M., Griswold, T., Price, W. J., & Bosque-Pérez, N. A. (2020). La biodiversidad y la composición comunitaria de las poblaciones de abejas nativas varían entre los usos de la tierra dominados por el hombre dentro de los trópicos estacionalmente secos. *Journal of Insect Conservation*, 24(6), 1045-1059. <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00274-8>
- González, M., & Serna-Giraldo, C. A. (2018). Servicios ecosistémicos potenciales en el sector cafetero colombiano. *Cenicafé - Revista del Centro Nacional de Investigaciones del Café*, 69(2), 35-46. <https://www.cenicafe.org/es/publications/Revista69%282%29-Web1.pdf#page=34>
- González-Chaves, A., Jaffé, R., Metzger, J. P., & Kleinert, A. de M. P. (2020). Forest proximity rather than local forest cover affects bee diversity and coffee pollination services. *Landscape Ecology*, 35(8), 1841-1855. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01061-1>
- Haón Ramírez, J. D. (2022). *Evaluación de efectos letales de insumos agrícolas en abejas melíferas (Apis mellifera)* (Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador). <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6660>
- Huaman Pilco, A. F., Leiva Espinoza, S. T., Oliva Cruz, S. M., & Hernández May, M. A. (2020). Insectos asociados al agroecosistema de café bajo sombra en Milpuc, Amazonas, Perú. *Cuadernos de Investigación UNED*, 12(2), 543-555. <https://doi.org/10.22458/urj.v12i2.3144>
- Husni, M., Jauharlina, J., & Saifullah, I. (2019). Composición y estructura de la comunidad de artrópodos en la plantación de café arábica orgánico y convencional. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 260(1), 012158. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/260/1/012158>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2021). *Resolución N.º 092101. "Por medio de la cual se suspende temporalmente el registro de los productos formulados que contengan como ingrediente activo Fipronil y que dentro de los usos aprobados estén los cultivos de aguacate, café, cítricos y/o pasifloras"*. Instituto Colombiano Agropecuario. <https://www.ica.gov.co/getattachment/6a3ce116-697d-413b-a07c-b5e478363a84/2021R92101.aspx>
- Khalifa, S. A., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., AlAjmi, M. F., Zhao, C., Masry, S. H., Abdel-Daim, M. M., Halabi, M. F., Kai, G., Al Naggat, Y., Bishr, M., Diab, M. A., & El-Seedi, H. R. (2021). Visión general de la polinización de las abejas y su valor económico para la producción de cultivos. *Insectos*, 12(8), 688. <https://doi.org/10.3390/insects12080688>

- Lima, M. A., Martins, G. F., Oliveira, E. E. & Guedes, R. N. (2016). Estrés inducido por agroquímicos en abejas sin aguijón: peculiaridades, bases subyacentes y desafíos. *Journal of Comparative Physiology A*, 202(9-10), 733-747. <https://doi.org/10.1007/s00359-016-1110-3>
- Lima, V. P., & Marchioro, C. A. (2021). Las abejas brasileñas sin aguijón están amenazadas por la conversión del hábitat y el cambio climático. *Cambio Ambiental Regional*, 21(1). <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01751-9>
- Manson, S., Nekaris, K. A., Hedger, K., Balestri, M., Ahmad, N., Adinda, E., Budiadi, B., Imron, M. A., Nijman, V., & Campera, M. (2022). El tiempo de visita de las flores y el número de especies de visitantes se reducen por el uso de agroquímicos en los huertos familiares de café. *Agronomía*, 12(2), 509. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020509>
- Martínez-Martínez, C. A. (2018). *Abejas Silvestres en Agroecosistemas de Villamaría en el Departamento de Caldas*. Core. <https://core.ac.uk/display/270126107>
- Maxwell, S. L., Fuller, R. A., Brooks, T. M., & Watson, J. E. (2016). Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. *Nature*, 536(7615), 143-145. <https://doi.org/10.1038/536143a>
- Miñarro-Prado, M., García García, D., & Martínez Sastre, R. (2018). Impact of insect pollinators in agriculture: importance and management of their biodiversity. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90. <https://doi.org/10.7818/ecos.1394>
- Morales-Alba, A. F., Carvajal-Cogollo, J. E. & Morales Castaño, I. T. (2021). Abejas en sistemas agrícolas: revisión de la diversidad taxonómica y funcional, y perspectivas de investigación. *Acta Biológica Colombiana*, 27(2), 282-291. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n2.92192>
- Moreaux, C., Meireles, D. A., Sonne, J., Badano, E. I., Classen, A., González-Chaves, A., Hipólito, J., Klein, A. M., Maruyama, P. K., Metzger, J. P., Philpott, S. M., Rahbek, C., Saturni, F. T., Sritongchuay, T., Tschardt, T., Uno, S., Vergara, C. H., Viana, B. F., Strange, N., & Dalsgaard, B. (2022). El valor de la polinización biótica y el bosque denso para el conjunto de frutas de café Arábica: una evaluación global. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 323, 107680. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107680>
- Morrison, J., Izquierdo, J., Hernández-Plaza, E., & González-Andújar, J. L. (2021). The Attractiveness of Five Common Mediterranean Weeds to Pollinators. *Agronomy*, 11(7), 1314. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071314>
- Mullin, C. A. (2015). Efectos de los ingredientes “inactivos” en las abejas. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 194-200. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.006>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2014). *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe*. <https://www.fao.org/3/i3547s/i3547s.pdf>
- Pastorino, L. F. (2020). La seguridad alimentaria-un concepto pretencioso. *Przegląd Prawa Rolnego*, 2 (27), 183-206. <https://doi.org/10.14746/ppr.2020.27.2.10>
- Platas-Rosado, D. E., Vilaboa-Arroniz, J., González-Reynoso, L., Severino-Lendecky, V. H., López-Romero, G., & Vilaboa-Arroniz, I. (2017). Un análisis teórico para el estudio de los agroecosistemas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(3), 395-399. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=93953814017>
- Prado, S. G., Collazo, J. A., Marand, M. H., & Irwin, R. E. (2021). La influencia de los recursos florales y el microclima en las visitas de polinizadores en un agroecosistema. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 307, 107196. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107196>

- St. Clair, A. L., Zhang, G., Dolezal, A. G., O'Neal, M. E., & Toth, A. L. (2022). Agroecosystem landscape diversity shapes wild bee communities independent of managed honeybee presence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 327, 107826. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107826>
- Tarno, H., Wicaksono, K., & Begliomini, E. (2017). Estimulación floral y comportamiento de insectos polinizadores afectados por piraclostrobina en café arábica. *AGRIVITA, Revista de Ciencias Agrícolas*, 40(1), 161-167. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v40i1.1719>
- Toledo-Hernández, E., Peña-Chora, G., Hernández-Velázquez, V. M., Lormendez, C. C., Toribio-Jiménez, J., Romero-Ramírez, Y., & León-Rodríguez, R. (2022). The stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): a review of the current threats to their survival. *Apidologie*, 53(1). <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00913-w>
- Tomé, H. V., Ramos, G. S., Araújo, M. F., Santana, W. C., Santos, G. R., Guedes, R. N., Maciel, C. D., Newland, P. L., & Oliveira, E. E. (2017). Agrochemical synergism imposes higher risk to Neotropical bees than to honeybees. *Royal Society Open Science*, 4(1), 160866. <https://doi.org/10.1098/rsos.160866>
- Unesco. (s. f.). Citación. En el *Diccionario Tesauro UNESCO*. Consultado mayo 21, 2022, en <http://vocabularies.unesco.org/thesaurus/concept211>
- Waldron, A., Garrity, D., Malhi, Y., Girardin, C., Miller, D. C., & Seddon, N. (2017). Agroforestry Can Enhance Food Security While Meeting Other Sustainable Development Goals. *Tropical Conservation Science*, 10, 194008291772066. <https://doi.org/10.1177/1940082917720667>
- Wood, T. J., Michez, D., Paxton, R. J., Drossart, M., Neumann, P., Gérard, M., Vanderplanck, M., Barraud, A., Martinet, B., Leclercq, N., & Vereecken, N. J. (2020). Managed honey bees as a radar for wild bee decline? *Apidologie*, 51(6), 1100-1116. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00788-9>
- Woodcock, B. A., Bullock, J. M., Shore, R. F., Heard, M. S., Pereira, M. G., Redhead, J., Ridding, L., Dean, H., Sleep, D., Henrys, P., Peyton, J., Hulmes, S., Hulmes, L., Sárospataki, M., Saure, C., Edwards, M., Genersch, E., Knäbe, S., & Pywell, R. F. (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 356(6345), 1393-1395. <https://doi.org/10.1126/science.aaa1190>