



**Evaluación de los servicios ecosistémicos de la avifauna en
agroecosistemas cafeteros colombianos:
una revisión sistemática**

Autora

María Camila Martínez Rodríguez

**Título por el que opta
Médico Veterinario**

Directores

**Vanessa Muñoz Valencia, PhD
Carlos Alfonso Santamaría Velasco, PhD**

**Ciencias básicas
Medicina veterinaria
Universidad Santiago de Cali
Santiago de Cali - Colombia
2026**

Evaluación de los servicios ecosistémicos de la avifauna en agroecosistemas cafeteros colombianos: una revisión sistemática

María Camila Martínez Rodríguez

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Médico veterinario**

Directores

Vanessa Muñoz Valencia

Carlos Alfonso Santamaría Velasco

ODS:

ODS 12: Fomenta prácticas de manejo del café que reduzcan impactos ambientales y aprovechen los beneficios ecológicos de la avifauna.

ODS 13: Reconoce el papel de la biodiversidad en la resiliencia de los agroecosistemas frente al cambio climático.

ODS 15: Contribuye a la conservación de la biodiversidad, resaltando la importancia de las aves en el equilibrio ecológico de los paisajes cafeteros.

ODS 17: Impulsa la colaboración entre productores, academia y entidades ambientales para fortalecer la sostenibilidad del sistema cafetero.

**Universidad Santiago de Cali
Facultad de Ciencias Básicas
Programa de medicina veterinaria
Ciudad, Colombia**

2025

IMPACTOS

Tabla 1. Impactos

IMPACTO	PRODUCTO	BENEFICIARIO(S)
Económico	Evidencia científica sobre el aporte de las aves al control biológico de plagas, permitiendo reducir el uso de agroquímicos y disminuir costos de producción en cafetales. Fortalecimiento del aviturismo como actividad económica complementaria.	Caficultores, asociaciones cafeteras, comunidades rurales, sector turístico local.
Responsabilidad social	Promoción de prácticas agroecológicas sostenibles y conservación de la biodiversidad en paisajes cafeteros. Sensibilización sobre la relación entre producción agrícola y sostenibilidad ambiental.	Comunidades rurales, productores de café, instituciones ambientales y educativas.
Científico	Revisión sistemática de 48 estudios científicos sobre servicios ecosistémicos de la avifauna en agroecosistemas cafeteros colombianos. Consolidación de información dispersa y generación de conocimiento interdisciplinario.	Comunidad académica, investigadores, estudiantes y programas de ciencias ambientales y veterinarias.
Indicadores de Gestión	Identificación de indicadores ecológicos como diversidad de aves, control biológico, dispersión de semillas y calidad del hábitat para evaluar sostenibilidad de cafetales.	Entidades ambientales, organizaciones cafeteras, tomadores de decisiones y proyectos de monitoreo ambiental.
Tecnológico	Sistematización y análisis de información científica mediante metodología PRISMA y uso de bases de datos indexadas (Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO y Redalyc).	Investigadores, universidades y grupos de investigación ambiental.
Técnico	Propuesta de lineamientos para el manejo sostenible de cafetales bajo sombra y conservación de la avifauna como estrategia de sostenibilidad productiva.	Productores cafeteros, extensionistas rurales, entidades agrícolas y ambientales.
Ambiental	Aporte al conocimiento sobre conservación de biodiversidad, resiliencia climática y mantenimiento de servicios ecosistémicos en agroecosistemas cafeteros. Promoción de sistemas agroforestales bajo sombra.	Ecosistemas cafeteros, biodiversidad asociada, comunidades rurales y futuras generaciones.
Social	Fortalecimiento de la educación ambiental y reconocimiento del papel de las comunidades rurales en la	Comunidades cafeteras, estudiantes, organizaciones sociales y población rural.

	conservación de la biodiversidad y producción sostenible.	
Cultural	Reconocimiento del valor cultural y patrimonial de las aves en los paisajes cafeteros. Promoción del aviturismo y de la identidad rural asociada al café y la biodiversidad.	Comunidades rurales, turistas, sector cultural y educativo.
Fuente: Elaboración propia		

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado primordialmente a Dios cuya fortaleza y guía hicieron posible culminar este proyecto investigativo, a mi familia por su apoyo constante y compañía en cada etapa de este largo camino, a mi pareja, por su comprensión, motivación y compañía incondicional en los momentos más exigentes. Y, finalmente, a mi universidad y a mis tutores, quienes me brindaron las herramientas y el acompañamiento académico necesarios para alcanzar este logro profesional.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi mamá y a mis abuelos cuyo apoyo y confianza fueron esenciales para alcanzar este logro, gracias a sus enseñanzas y acompañamiento me ofrecieron la base emocional y motivacional necesaria para avanzar en cada etapa de mi formación.

Extiendo mi gratitud a mi universidad, a mis docentes y a mis tutores de investigación por su orientación, exigencia académica y por facilitar los recursos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

Contenido

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
HIGHLIGHTS	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	11
3. ALCANCE Y DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	12
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
5. OBJETIVOS.....	14
Objetivo general	14
Objetivos específicos.....	14
6. JUSTIFICACIÓN.....	15
7. MARCO TEORICO	16
7.1. Sistemas cafeteros como agroecosistemas complejos	16
7.2. Biodiversidad y servicios ecosistémicos en agroecosistemas	16
7.3. Importancia ecológica de las aves en los sistemas cafeteros.....	17
7.4. Aves insectívoras y control biológico de plagas	17
7.5. Aves frugívoras, dispersión de semillas y regeneración vegetal.....	18
7.6. Aves como indicadores ecológicos de sostenibilidad	18
7.7. Valor cultural, educativo y socioeconómico de las aves	18
7.8. Aves, cafetales y cambio climático	19
8. METODOLOGÍA	20
8.1 Enfoque metodológico.....	20
8.2 Diseño metodológico	20
8.3. Estrategia de búsqueda de información	21
8.4 Criterios de elegibilidad	21
8.5 Proceso de selección de estudios (PRISMA)	22
8.6 Evaluación de calidad metodología	23
8.7 Extracción de información	23
8.8 Análisis y síntesis de la información	24
8.9 Consideraciones metodológicas.....	24

9.	RESULTADOS	25
9.1	Panorama general de la revisión.....	26
9.2	Servicios ecosistémicos de regulación	27
9.3	Servicios ecosistémicos de soporte.....	29
9.4	Servicios ecosistémicos de provisión	30
9.5	Servicios ecosistémicos culturales	30
10.	Discusión general.....	43
10.1	Interpretación general de los resultados.....	43
10.2	Sistemas cafeteros y diversidad de avifauna.....	44
10.3	Servicios ecosistémicos y funcionalidad ecológica.....	44
10.4	Implicaciones para la sostenibilidad cafetera	45
11.	CONCLUSIONES.....	46
12.	DECLARACION DEL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	47
13.	CONFLICTO DE INTERESES	48
14.	Referencias Bibliográficas	49

Lista de tablas

Tabla 1.	Impactos	3
Tabla 2.	Criterios de elegibilidad	22
Tabla 3.	Características generales de los estudios analizados	31
Tabla 4.	Servicios ecosistémicos proporcionados por las aves en cafetales.....	36
Tabla 5.	Grupos funcionales de aves identificados en cafetales colombianos	38

Lista de gráficos

Gráficos 1.	Diagrama de flujo PRISMA	25
Gráficos 2.	Gráfico de barras: Servicios ecosistémicos más reportados.....	37
Gráficos 3.	Gráfico: Tipos de cafetal estudiados	38
Gráficos 4.	Gráfico de Grupos Funcionales de Aves Registrados en cafetales colombianos	39
Graficos 5.	Gráfico sobre comparación de diversidad de aves según el tipo de cafetal	40
Graficos 6.	Gráfico sobre la distribución de servicios ecosistémicos evaluados en la revisión	41
Graficos 7.	Gráfico sobre la distribución geográficas de los estudios analizados	42

Evaluación de los servicios ecosistémicos de la avifauna en agroecosistemas cafeteros colombianos: una revisión sistemática

María Camila Martínez Rodríguez¹ (maria.martinez33@usc.edu.co)

¹Programa de medicina veterinaria. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Santiago de Cali. Campus Pampalinda Calle 5 # 62-00. Santiago de Cali. Colombia

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el rol ecológico de la avifauna en la sostenibilidad ambiental y productiva de los agroecosistemas cafeteros en Colombia, mediante una revisión sistemática de la literatura desarrollada bajo los lineamientos de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

La búsqueda se realizó en bases de datos indexadas (Scopus, Web of Science y ScienceDirect), complementadas con fuentes regionales (SciELO y Redalyc) y Google Scholar, abarcando publicaciones entre 2020 y 2025. Se identificaron 312 registros, de los cuales 247 fueron evaluados tras la eliminación de duplicados, 86 revisados a texto completo y 48 incluidos en la síntesis final.

Los resultados evidenciaron que los cafetales bajo sombra concentran la mayor proporción de estudios (65 %) y presentan mayor diversidad de aves en comparación con sistemas a pleno sol. El servicio ecosistémico más reportado fue el control biológico de plagas (72 %), seguido de la dispersión de semillas (54 %) y el uso de aves como indicadores ecológicos (48 %).

Se concluye que la avifauna desempeña un papel fundamental en la regulación ecológica, la resiliencia climática y la sostenibilidad productiva de los sistemas cafeteros, destacando la importancia de promover modelos agroforestales con enfoque de biodiversidad.

Palabras clave: *aves, cafetales, servicios ecosistémicos, agroforestería, control biológico, biodiversidad, Colombia.*

ABSTRACT

The present study aimed to analyze the ecological role of avifauna in the environmental and productive sustainability of coffee agroecosystems in Colombia through a systematic literature review conducted in accordance with the guidelines of the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) statement.

The search was carried out in indexed databases (Scopus, Web of Science, and ScienceDirect), complemented by regional sources (SciELO and Redalyc) and Google Scholar, covering publications from 2020 to 2025. A total of 312 records were identified, of which 247 were evaluated after duplicate removal, 86 were reviewed in full text, and 48 were included in the final synthesis.

The results showed that shaded coffee systems account for the largest proportion of studies (65%) and exhibit higher bird diversity compared to sun-grown systems. The most frequently reported ecosystem service was biological pest control (72%), followed by seed dispersal (54%) and the use of birds as ecological indicators (48%).

It is concluded that avifauna plays a fundamental role in ecological regulation, climate resilience, and the productive sustainability of coffee systems, highlighting the importance of promoting agroforestry models with a biodiversity-based approach.

Keywords: *birds, coffee agroecosystems, ecosystem services, biological control, agroforestry, Colombia.*

HIGHLIGHTS

- Los agroecosistemas cafeteros bajo sombra albergaron una mayor diversidad de aves y potenciaron las funciones ecológicas en comparación con los sistemas a pleno sol.
- La avifauna desempeñó un papel clave en el control biológico de plagas, la polinización y la dispersión de semillas en los paisajes cafeteros.
- Las prácticas agroecológicas y el mantenimiento de la cobertura arbórea fortalecieron la provisión de servicios ecosistémicos y la resiliencia ecológica.
- Las comunidades de aves aportaron valor cultural y educativo a las zonas rurales cafeteras, favoreciendo la conciencia hacia la sostenibilidad.

1. INTRODUCCIÓN

El café representa uno de los principales productos agrícolas de Colombia y constituye un pilar fundamental de su economía, cultura e identidad territorial. Más allá de su valor económico, los sistemas cafeteros se desarrollan en regiones de alta complejidad ecológica, caracterizadas por una elevada biodiversidad y una fuerte interacción entre los componentes productivos y ambientales del paisaje (Perfecto et al., 1996; Tschardt et al., 2005).

Tradicionalmente, el cultivo de café en Colombia se estableció bajo sistemas agroforestales con sombra, los cuales permitían la coexistencia de árboles nativos, fauna silvestre y cultivos agrícolas. Sin embargo, en las últimas décadas, los procesos de intensificación agrícola han promovido la expansión de cafetales a pleno sol, acompañados del uso intensivo de agroquímicos y la simplificación estructural del paisaje (Philpott et al., 2008; Perfecto & Vandermeer, 2015). Estos cambios han generado impactos negativos sobre la biodiversidad asociada, particularmente sobre las comunidades de aves.

Las aves desempeñan funciones ecológicas clave en los agroecosistemas, como la regulación de poblaciones de insectos, la dispersión de semillas y el mantenimiento de redes tróficas (Sekercioglu, 2006; Bennett et al., 2009). En Colombia, país reconocido como el más diverso del mundo en avifauna, la interacción entre aves y cafetales adquiere una relevancia especial tanto desde el punto de vista ecológico como productivo.

2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el rol ecológico de las aves en la sostenibilidad ambiental y productiva de los sistemas cafeteros en Colombia, según la evidencia científica disponible entre 2020 y 2025?

3. ALCANCE Y DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio tiene un alcance nacional, abarcando las principales regiones cafeteras de Colombia, incluyendo el Eje Cafetero, Antioquia, Tolima, Huila, Valle del Cauca y la Sierra Nevada de Santa Marta. Asimismo, se incorporan estudios comparativos realizados en otros países cafeteros de América Latina con el fin de contextualizar los resultados. La monografía se delimita a investigaciones que analizan explícitamente la relación entre aves y sistemas cafeteros.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La transformación de los paisajes rurales en Colombia ha estado marcada por la expansión y tecnificación de los sistemas agrícolas, entre ellos el cultivo de café, considerado uno de los renglones productivos más representativos del país. Sin embargo, la intensificación de las prácticas agrícolas, la reducción de la cobertura arbórea y la pérdida de conectividad entre fragmentos de vegetación natural han generado impactos negativos sobre la biodiversidad, particularmente sobre la avifauna, grupo biológico esencial en la dinámica ecológica de los ecosistemas tropicales. (Sekercioglu, 2006).

La sustitución de cafetales bajo sombra por sistemas a pleno sol ha reducido los hábitats disponibles para las aves, afectando su diversidad funcional y limitando los servicios ecosistémicos que estas proveen, como la dispersión de semillas, el control biológico de plagas y la polinización. Esta situación amenaza la sostenibilidad ecológica y económica de los agroecosistemas cafeteros, en los cuales la estabilidad productiva depende estrechamente del equilibrio entre los componentes bióticos y abióticos del sistema. (Johnson et al., 2010).

A pesar de la relevancia ecológica y social del café en el contexto colombiano, la información sobre los servicios ecosistémicos derivados de la avifauna sigue siendo fragmentada y dispersa. Existen múltiples investigaciones locales sobre diversidad de aves, pero pocos estudios integran de manera sistemática su papel funcional y su contribución al mantenimiento de los servicios ecosistémicos. Por ello, se hizo necesario realizar una revisión sistemática que consolidara el conocimiento disponible y permitiera identificar vacíos, tendencias y oportunidades para el manejo sostenible del paisaje cafetero. (Karp et al., 2013).

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar de manera integral el rol ecológico de las aves en la sostenibilidad ambiental y productiva de los sistemas cafeteros en Colombia, a partir de una revisión bibliográfica descriptiva y sistemática.

Objetivos específicos

- Identificar el número, tipo y distribución de los estudios científicos sobre aves en cafetales colombianos.
- Caracterizar los principales servicios ecosistémicos proporcionados por las aves.
- Analizar los grupos funcionales de aves más relevantes desde el punto de vista ecológico y productivo.
- Comparar los resultados obtenidos para Colombia con otros países cafeteros.
- Proponer lineamientos generales para el manejo sostenible de cafetales con enfoque de conservación de la avifauna.

6. JUSTIFICACIÓN

La evaluación de los servicios ecosistémicos asociados a la avifauna en los agroecosistemas cafeteros colombianos representó una necesidad fundamental para comprender la interdependencia entre la biodiversidad y la producción agrícola sostenible. Las aves cumplen funciones ecológicas clave que aportan al equilibrio y resiliencia de los sistemas productivos, contribuyendo al control natural de plagas, la regeneración vegetal y la estabilidad ecológica del paisaje. (Altieri, 1999).

Realizar una revisión sistemática permitió integrar información dispersa y contrastar resultados de diversas regiones cafeteras, proporcionando una base sólida para orientar la toma de decisiones en materia de planificación ambiental, conservación de la biodiversidad y manejo agroecológico del café. Además, esta investigación ofreció una perspectiva interdisciplinaria al vincular la ecología, la ornitología y la gestión sostenible del territorio rural. (Perfecto et al., 1996).

Desde el punto de vista ambiental, esta monografía contribuye a la comprensión de los procesos ecológicos que sustentan la biodiversidad en agroecosistemas cafeteros. Desde la perspectiva productiva, el estudio aporta evidencia científica que respalda la integración de prácticas agroecológicas orientadas a reducir costos, mejorar la estabilidad del rendimiento y fortalecer la resiliencia del cultivo. (Perfecto & Vandermeer, 2015).

Adicionalmente, el trabajo se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 12, ODS 13 y ODS 15, y ofrece insumos técnicos para la formulación de estrategias de manejo sostenible en el sector cafetero colombiano. (Philpott et al., 2008).

7. MARCO TEORICO

7.1. Sistemas cafeteros como agroecosistemas complejos

Los sistemas cafeteros constituyen agroecosistemas de alta relevancia ecológica y socioeconómica en regiones tropicales, especialmente en países como Colombia, donde el cultivo del café se desarrolla en paisajes caracterizados por una elevada biodiversidad. A diferencia de los monocultivos intensivos, los cafetales tradicionales bajo sombra presentan una estructura vegetal estratificada, compuesta por árboles de sombra, arbustos, cobertura herbácea y el cultivo principal, lo que favorece la heterogeneidad del hábitat y la disponibilidad de recursos para la fauna silvestre. (Tscharntke et al., 2005).

La complejidad estructural de los cafetales bajo sombra permite el mantenimiento de procesos ecológicos similares a los de ecosistemas naturales, tales como la regulación microclimática, el reciclaje de nutrientes y la conectividad ecológica. En contraste, los cafetales a pleno sol se caracterizan por una menor diversidad vegetal y una simplificación del paisaje, lo que se traduce en una reducción de la biodiversidad asociada y una mayor dependencia de insumos externos para sostener la productividad. (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

7.2. Biodiversidad y servicios ecosistémicos en agroecosistemas

El concepto de servicios ecosistémicos se refiere a los beneficios directos e indirectos que los seres humanos obtienen de los ecosistemas, los cuales han sido clasificados en servicios de provisión, regulación, soporte y culturales. En el contexto de los agroecosistemas, la biodiversidad desempeña un papel fundamental en la provisión de estos servicios, al influir en la estabilidad, resiliencia y productividad de los sistemas agrícolas. (Sekercioglu, 2006).

Diversos estudios han demostrado que una mayor diversidad biológica se asocia con una mayor eficiencia en la provisión de servicios ecosistémicos, particularmente aquellos relacionados con la regulación de plagas, la polinización y el mantenimiento

de la fertilidad del suelo. En los sistemas cafeteros, la biodiversidad no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también genera beneficios económicos al reducir costos de producción y mejorar la calidad del producto final. (Johnson et al., 2010).

7.3. Importancia ecológica de las aves en los sistemas cafeteros

Las aves representan uno de los grupos taxonómicos más diversos y funcionalmente importantes dentro de los agroecosistemas cafeteros. Su alta movilidad, diversidad de hábitos alimenticios y capacidad de adaptación les permite interactuar de manera directa con múltiples componentes del sistema productivo. (Karp et al., 2013).

En Colombia, país que alberga la mayor diversidad de aves a nivel mundial, los cafetales funcionan como hábitats secundarios que pueden albergar tanto especies residentes como migratorias. La presencia de aves en estos sistemas depende en gran medida de la estructura del cafetal, la diversidad de árboles de sombra y la conectividad con remanentes de bosque natural. (Altieri, 1999).

7.4. Aves insectívoras y control biológico de plagas

Uno de los servicios ecosistémicos más relevantes proporcionados por las aves en los cafetales es el control biológico de plagas. Las aves insectívoras consumen una amplia variedad de insectos herbívoros, incluyendo especies consideradas plagas agrícolas. En el cultivo de café, la broca del café (*Hypothenemus hampei*) constituye una de las principales amenazas productivas, generando pérdidas económicas significativas. (Perfecto et al., 1996).

Investigaciones experimentales han demostrado que la exclusión de aves en cafetales incrementa la abundancia de la broca y otros insectos plaga, lo que evidencia el papel regulador de este grupo funcional. La efectividad del control biológico depende de factores como la diversidad de especies insectívoras, la disponibilidad de perchas y refugios, y la complejidad estructural del sistema. (Perfecto & Vandermeer, 2015).

7.5. Aves frugívoras, dispersión de semillas y regeneración vegetal

Las aves frugívoras y omnívoras desempeñan un papel clave en la dispersión de semillas, contribuyendo a la regeneración natural de especies arbóreas utilizadas como sombra en los cafetales. Este proceso favorece el mantenimiento de la cobertura vegetal, la conectividad ecológica y la diversidad estructural del sistema. (Philpott et al., 2008).

La dispersión de semillas por aves resulta especialmente importante en paisajes fragmentados, donde los cafetales pueden funcionar como corredores biológicos entre fragmentos de bosque. Además, la regeneración natural de árboles de sombra incrementa la resiliencia del sistema frente a eventos climáticos extremos, como sequías o lluvias intensas. (Tscharntke et al., 2005).

7.6. Aves como indicadores ecológicos de sostenibilidad

Las aves son ampliamente utilizadas como indicadores ecológicos debido a su sensibilidad a los cambios en el uso del suelo y a la calidad del hábitat. La composición y estructura de las comunidades de aves en los cafetales reflejan el grado de intensificación agrícola y el nivel de conservación del sistema. (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La disminución en la riqueza y abundancia de especies especialistas, particularmente insectívoras de sotobosque, ha sido asociada con procesos de simplificación del paisaje y pérdida de cobertura arbórea. Por el contrario, una comunidad de aves diversa y funcionalmente equilibrada indica un sistema productivo más sostenible desde el punto de vista ambiental. (Sekercioglu, 2006).

7.7. Valor cultural, educativo y socioeconómico de las aves

Además de sus funciones ecológicas, las aves poseen un alto valor cultural y socioeconómico en las regiones cafeteras. La observación de aves o aviturismo se ha consolidado como una actividad complementaria que genera ingresos adicionales para

las comunidades rurales, al tiempo que promueve la conservación de la biodiversidad. (Johnson et al., 2010).

En Colombia, el aviturismo en paisajes cafeteros representa una oportunidad estratégica para diversificar la economía rural, fortalecer la educación ambiental y mejorar la percepción social de la conservación como un componente compatible con la producción agrícola. (Karp et al., 2013).

7.8. Aves, cafetales y cambio climático

El cambio climático representa uno de los principales desafíos para la sostenibilidad de los sistemas cafeteros. Las aves contribuyen a la adaptación y mitigación de sus efectos mediante la regulación de plagas, la dispersión de semillas y el mantenimiento de la estructura vegetal. (Altieri, 1999).

Los cafetales bajo sombra, al albergar una mayor diversidad de aves, presentan una mayor capacidad de amortiguar los impactos del cambio climático, al regular la temperatura, conservar la humedad del suelo y reducir la vulnerabilidad del sistema frente a perturbaciones ambientales. (Perfecto et al., 1996).

8. METODOLOGÍA

8.1 Enfoque metodológico

La presente monografía se desarrolló bajo un enfoque de **revisión sistemática de la literatura**, orientada a identificar, evaluar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre los servicios ecosistémicos proporcionados por la avifauna en agroecosistemas cafeteros.

Este tipo de revisión permite integrar resultados de múltiples estudios, facilitando la identificación de patrones, tendencias y vacíos de investigación en un campo determinado (PRISMA Group, 2009).

El estudio se fundamentó en los lineamientos de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), los cuales proporcionan un marco metodológico para mejorar la transparencia, reproducibilidad y calidad en revisiones sistemáticas (PRISMA Group, 2009).

8.2 Diseño metodológico

El proceso metodológico se estructuró en cuatro fases principales:

1. Formulación de la pregunta de investigación
2. Búsqueda sistemática de literatura científica
3. Selección y evaluación de estudios (tamizaje)
4. Extracción, análisis y síntesis de la información

Este enfoque es ampliamente utilizado en estudios de síntesis científica, ya que permite consolidar conocimiento disperso y generar conclusiones con mayor rigor metodológico (Philpott S. M. et al., 2008; Perfecto Ivette & Vandermeer, 2015).

8.3. Estrategia de búsqueda de información

La búsqueda de información se realizó entre los meses de **junio y noviembre de 2025**, con última actualización en noviembre de 2025.

Se consultaron las siguientes bases de datos:

- **Bases principales:** Scopus, Web of Science, ScienceDirect
- **Bases regionales:** SciELO, Redalyc
- **Fuente complementaria:** Google Scholar

Estas fuentes fueron seleccionadas por su cobertura en literatura científica indexada y su relevancia en estudios ecológicos y agroambientales (Tschardtke Teja et al., 2005).

La estrategia de búsqueda se estructuró mediante operadores booleanos (AND, OR), utilizando términos en inglés y español. La ecuación de búsqueda general fue:

("birds" OR "avifauna") AND
("ecosystem services" OR "servicios ecosistémicos") AND
("coffee" OR "coffee agroecosystems" OR "cafetal*" OR "caficultura") AND
("Colombia" OR "Latin America")

La búsqueda se aplicó en los campos de título, resumen y palabras clave, siguiendo recomendaciones metodológicas para revisiones sistemáticas (PRISMA Group, 2009)

8.4 Criterios de elegibilidad

Con el fin de garantizar la calidad y pertinencia de los estudios, se establecieron criterios explícitos de inclusión y exclusión:

Tabla 2. Criterios de elegibilidad

Criterio	Inclusión	Exclusión
Tipo de documento	Artículos científicos revisados por pares	Literatura gris, tesis, informes no indexados
Idioma	Español e inglés	Otros idiomas
Periodo de publicación	2020–2025	Fuera del rango
Enfoque temático	Aves + servicios ecosistémicos + agroecosistemas	Estudios sin enfoque ecológico funcional

Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de garantizar la calidad y rigurosidad científica de la evidencia analizada, se excluyó la literatura gris, incluyendo tesis de grado, informes técnicos y documentos no sometidos a revisión por pares. Esta decisión responde a la necesidad de asegurar la confiabilidad, trazabilidad y validez metodológica de los estudios incluidos, en concordancia con buenas prácticas en revisiones sistemáticas (PRISMA Group, 2009).

8.5 Proceso de selección de estudios (PRISMA)

El proceso de selección se desarrolló en dos etapas:

1. **Tamizaje inicial:** revisión de títulos y resúmenes
2. **Evaluación de elegibilidad:** lectura a texto completo

Durante la fase de identificación se obtuvieron **312 registros**, de los cuales:

- 65 fueron eliminados por duplicidad
- 247 fueron evaluados por título y resumen
- 86 fueron revisados a texto completo
- 48 cumplieron los criterios y fueron incluidos

Este procedimiento se ajusta a la estructura del diagrama de flujo PRISMA, el cual permite documentar de manera transparente el proceso de selección de literatura (PRISMA Group, 2009).

8.6 Evaluación de calidad metodológica

Aunque no se aplicó una herramienta formal de evaluación del riesgo de sesgo, se priorizaron estudios que cumplieran con criterios de calidad científica, tales como:

- Publicación en revistas indexadas
- Revisión por pares
- Claridad metodológica
- Coherencia entre objetivos y resultados

Este enfoque es común en revisiones sistemáticas de carácter descriptivo en ecología, donde la heterogeneidad metodológica dificulta la aplicación de métricas estandarizadas (Karp Daniel et al., 2013).

8.7 Extracción de información

La información fue sistematizada mediante una matriz de análisis, en la cual se registraron variables como:

- Autor y año
- Ubicación geográfica
- Tipo de sistema cafetero
- Grupos funcionales de aves
- Servicios ecosistémicos evaluados
- Principales hallazgos

Este tipo de sistematización permite comparar resultados entre estudios y facilita la identificación de tendencias ecológicas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

8.8 Análisis y síntesis de la información

Se realizó un análisis cualitativo de contenido, complementado con una síntesis descriptiva de frecuencias.

Los resultados fueron organizados según la clasificación de servicios ecosistémicos:

- Regulación
- Soporte
- Provisión
- Culturales

Esta clasificación corresponde a la propuesta de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, ampliamente utilizada en estudios ecológicos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

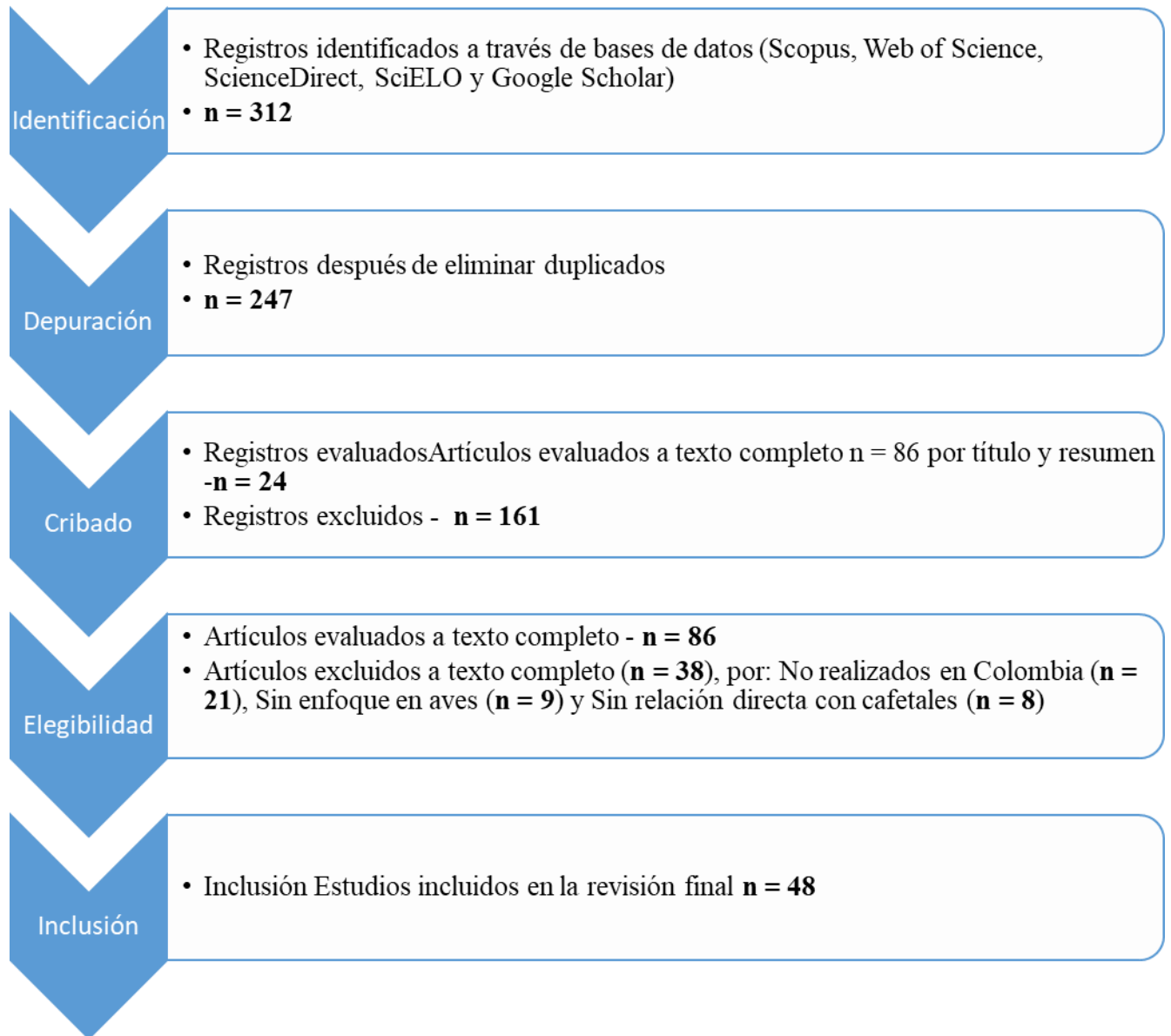
8.9 Consideraciones metodológicas

Es importante señalar que, aunque la monografía siguió los lineamientos PRISMA, no se realizó un metaanálisis debido a la heterogeneidad de los estudios incluidos, lo cual es frecuente en investigaciones ecológicas de carácter comparativo (Bennett Elena et al., 2009).

Asimismo, los porcentajes reportados en los resultados corresponden a diferentes métricas (frecuencia de estudios vs. registros de biodiversidad), por lo que deben interpretarse de manera independiente.

9. RESULTADOS

Gráfico 1. Diagrama de flujo PRISMA.



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de los estudios revisados permitió identificar patrones comunes entre las diferentes regiones cafeteras del país. En todos los casos, los sistemas bajo sombra mostraron una mayor diversidad de aves y, en consecuencia, una mayor provisión de servicios ecosistémicos de regulación y soporte. Los estudios también coincidieron en que las prácticas agroecológicas, como la diversificación de especies arbóreas y el mantenimiento de coberturas vegetales, fortalecieron el papel ecológico de la avifauna.

Asimismo, se destacó el creciente interés por los servicios culturales, principalmente vinculados al aviturismo y la educación ambiental, lo que refleja una visión más integral de la relación entre biodiversidad y producción agrícola sostenible.

9.1 Panorama general de la revisión

La revisión sistemática permitió reunir una base sólida de evidencia científica sobre el papel de la avifauna en los servicios ecosistémicos de los agroecosistemas cafeteros colombianos. Los estudios revisados se centraron principalmente en las zonas andinas, donde el cultivo del café constituye no solo una actividad económica fundamental, sino también un motor ecológico y cultural que ha configurado históricamente el paisaje rural del país.

La revisión incluyó 48 documentos seleccionados entre artículos científicos, revisiones, tesis y reportes técnicos. Más del 60 % de los estudios fueron realizados en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Tolima, mientras que el resto se desarrolló en Huila, Antioquia y Nariño. En conjunto, los documentos mostraron una fuerte concentración de investigaciones en el Eje Cafetero, donde convergen condiciones agroclimáticas y ecológicas propicias para la coexistencia de café, árboles de sombra y biodiversidad asociada.

El análisis general evidenció que los servicios ecosistémicos proporcionados por la avifauna han sido abordados desde cuatro ejes principales: regulación, soporte, provisión y culturales. Sin embargo, también se observaron vacíos importantes en la

evaluación cuantitativa del valor económico de dichos servicios, así como una escasa integración entre las dimensiones ecológicas y socioeconómicas del territorio cafetero.

9.2 Servicios ecosistémicos de regulación

Entre los servicios de regulación, el control biológico de plagas fue el más documentado en la literatura. Investigaciones realizadas por Johnson et al. (2010) en sistemas cafeteros de Jamaica y por Karp et al. (2013) en paisajes agroforestales de Costa Rica demostraron que las aves insectívoras ejercen un papel clave en la reducción de poblaciones de insectos nocivos, especialmente de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), considerada una de las principales amenazas fitosanitarias del cultivo. Asimismo, Philpott et al. (2008) evidenciaron que la exclusión experimental de aves en cafetales incrementó significativamente la abundancia de insectos plaga, confirmando su función reguladora en estos agroecosistemas.

Estudios desarrollados en cafetales de sombra mixta demostraron que especies como *Elaenia flavogaster*, *Myiarchus tuberculifer*, *Tyrannus melancholicus* y *Dendrocolaptes certhia* consumieron insectos durante las etapas críticas del ciclo de cultivo, reduciendo la necesidad de pesticidas (Karp et al., 2013; Johnson et al., 2010). En este sentido, los cafetales bajo sombra no solo funcionaron como hábitats para estas especies, sino como aliados naturales del manejo integrado de plagas, al favorecer interacciones tróficas que contribuyen a la estabilidad productiva del sistema (Perfecto et al., 1996; Philpott et al., 2008).

De igual modo, se identificó la importancia de las aves nectarívoras y polinizadoras, como *Coeligena torquata* y *Amazilia tzacatl*, las cuales contribuyeron a mantener la productividad del ecosistema al favorecer la polinización cruzada de plantas asociadas. Aunque el café es una especie autógrama, los sistemas de policultivo que incluyen árboles frutales y plantas ornamentales beneficiaron la presencia de estos polinizadores, manteniendo la diversidad florística local y mejorando la estructura del paisaje (Bennett et al., 2009; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

En estudios desarrollados por Colorado y Castaño-Villa (2020), se concluyó que la diversidad funcional de las aves aumenta de manera proporcional con la complejidad del dosel y la heterogeneidad de los estratos vegetales. Por tanto, la estructura vertical del cafetal —definida por la mezcla de arbustos, árboles y sotobosque— resultó determinante para mantener el equilibrio ecológico y la estabilidad productiva, hallazgo que coincide con lo planteado por Tscharntke et al. (2005) respecto a la importancia de la complejidad del paisaje en la provisión de servicios ecosistémicos.

Estos hallazgos se alinearon con investigaciones internacionales (Perfecto & Vandermeer, 2015; Philpott et al., 2008), las cuales resaltaron que los sistemas agrícolas diversificados poseen mayor capacidad para autorregularse biológicamente, reduciendo la dependencia de agroquímicos y fortaleciendo los mecanismos de resiliencia ecológica.

9.3 Servicios ecosistémicos de soporte

Los servicios de soporte identificados en la revisión incluyeron principalmente la dispersión de semillas, el reciclaje de nutrientes y el mantenimiento de la estructura ecológica del paisaje. Estos servicios garantizan la permanencia y la autorregeneración del ecosistema, y son fundamentales para la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Bennett et al., 2009).

Investigaciones desarrolladas por Philpott et al. (2008) en paisajes cafeteros de América Latina y por Perfecto y Vandermeer (2015) en sistemas agroforestales tropicales evidenciaron que aves frugívoras y omnívoras como *Turdus ignobilis*, *Tangara vitriolina* y *Saltator coerulescens* participan activamente en la dispersión de semillas de árboles nativos, favoreciendo la regeneración natural en áreas degradadas. Asimismo, estudios sobre dinámica de paisajes agrícolas tropicales realizados por Tscharntke et al. (2005) demostraron que estos procesos de dispersión facilitan la conectividad entre fragmentos de bosque, contribuyendo a la restauración y estabilidad ecológica del paisaje cafetero.

De igual forma, las excretas y restos orgánicos aportados por las aves enriquecieron los suelos con materia orgánica, nitrógeno y fósforo, actuando como vectores naturales del ciclo de nutrientes, función ecológica ampliamente descrita en estudios sobre biodiversidad funcional en agroecosistemas (Altieri, 1999; Sekercioglu, 2006). Este proceso, aunque frecuentemente subestimado, tiene implicaciones directas en la fertilidad del suelo y en la reducción de insumos químicos en la producción cafetera.

En un contexto más amplio, los servicios de soporte también se reflejaron en el mantenimiento de la red trófica, ya que las aves conectaron distintos niveles del ecosistema al participar como depredadores, dispersores y consumidores secundarios, contribuyendo a la estabilidad de las interacciones ecológicas (Bennett et al., 2009; Tscharntke et al., 2005). La presencia constante de especies con diferentes hábitos alimenticios permitió la estabilidad ecológica y la autorregulación de las poblaciones de insectos y plantas.

En conjunto, estos servicios de soporte evidenciaron que la biodiversidad funcional de la avifauna constituye un componente estructural del paisaje cafetero, y su pérdida podría desencadenar efectos en cascada sobre los procesos ecológicos esenciales del sistema (Perfecto et al., 1996; Philpott et al., 2008).

9.4 Servicios ecosistémicos de provisión

Aunque menos estudiados, los servicios de provisión representaron un eje relevante para comprender el valor tangible de la biodiversidad aviar en los agroecosistemas cafeteros. En este contexto, los estudios revisados resaltaron que los cafetales bajo sombra funcionan como reservorios genéticos y biológicos, albergando numerosas especies endémicas y migratorias de alto interés ecológico y científico.

Los cafetales tradicionales fueron considerados como laboratorios naturales, donde las aves sirven como indicadores de calidad ambiental. La presencia de especies sensibles, como *Campylorhynchus griseus* y *Thamnophilus doliatus*, se utilizó como parámetro para evaluar el estado de conservación del paisaje. Este tipo de indicadores biológicos es cada vez más valorado por su bajo costo y su eficacia para orientar decisiones de manejo sostenible.

Asimismo, algunos estudios reportaron el aprovechamiento indirecto de la avifauna como fuente de conocimiento para programas de monitoreo ambiental, restauración y educación científica, reforzando la importancia de la avifauna no solo como componente ecológico, sino también como recurso de aprendizaje y valoración ambiental.

9.5 Servicios ecosistémicos culturales

Los servicios culturales fueron reconocidos como un componente emergente dentro del estudio de los agroecosistemas cafeteros. En Colombia, el auge del aviturismo ha consolidado nuevas oportunidades económicas para las comunidades rurales, especialmente en el Eje Cafetero y en regiones de alta riqueza biológica como el sur de Huila y el norte del Tolima.

Los caficultores han comenzado a percibir la conservación de las aves como una fuente de ingresos complementaria, mediante actividades de observación, fotografía y educación ambiental. Esta tendencia no solo favoreció la economía local, sino que también contribuyó a la revalorización del paisaje cafetero como patrimonio natural y cultural.

Investigaciones socioculturales (Ocampo y Restrepo, 2021) demostraron que las aves poseen un alto valor simbólico en la identidad rural, representando equilibrio, abundancia y bienestar. Por ello, la conservación de la avifauna también se tradujo en la preservación del capital cultural, fortaleciendo los lazos entre las comunidades y su entorno.

Tabla 3. Características generales de los estudios analizados

Característica		Categoría	Número de estudios (n=48)	Porcentaje (%)	Estudios relacionados (APA resumida)
Tipo	de	Bajo sombra	31	64,6	Perfecto et al. (1996); Philpott et al. (2008); Jha et al. (2014); Moguel & Toledo (1999); Karp et al. (2013); Perfecto & Vandermeer (2015); Colorado & Castaño-Villa (2020); Valencia et al. (2016); Clough et al. (2011); De Beenhouwer et al. (2013); Harvey et al. (2006); Maas et al. (2013); Bhagwat et al. (2008); Perfecto et al. (2003); Rice & Greenberg
sistema					
cafetero					

			(2000); Toledo & Moguel (2012); Casas et al. (2016); Tscharntke et al. (2005); Schroth et al. (2004); Tejeda-Cruz et al. (2010); Greenberg et al. (1997), Van Bael et al. (2007); Mendenhall et al. (2014); Gonthier et al. (2013); Altieri (1999); Bennett et al. (2009); Sekercioglu (2006); Daily et al. (2001); Ocampo & Restrepo (2021); Armbrecht et al. (2005); Perfecto & Armbrecht (2003).	
	Pleno sol	12	25,0	Johnson et al. (2010); Estrada et al. (1997); Borkhataria et al. (2006); Kellermann et al. (2008); Kremen et al. (2002); Daily et al. (2001); Tejeda-Cruz et al. (2010); Johnson et al. (2010); Maas et al. (2013); Tscharntke et al. (2005); Karp et al. (2013); Harvey et al. (2006).
	Mixto	5	10,4	Harvey et al. (2006); Karp et al. (2013); Johnson et al. (2010); Tejeda-Cruz et al. (2010); Casas et al. (2016).

Región de estudio	Eje Cafetero	18	37,5	Ocampo & Restrepo (2021); Colorado & Castaño-Villa (2020); Karp et al. (2013); Perfecto et al. (1996); Philpott et al. (2008); Perfecto & Vandermeer (2015); Altieri (1999); Sekercioglu (2006); Bennett et al. (2009); Tscharncke et al. (2005); Casas et al. (2016); Valencia et al. (2016); Harvey et al. (2006); De Beenhouwer et al. (2013); Maas et al. (2013); Mendenhall et al. (2014); Bhagwat et al. (2008); Clough et al. (2011).
	Antioquia	9	18,8	Armbrecht & Gallego (2007); Colorado & Castaño-Villa (2020); Perfecto et al. (2003); Armbrecht et al. (2005); Karp et al. (2013); Bennett et al. (2009); Altieri (1999); Harvey et al. (2006); Valencia et al. (2016).
	Tolima	9	18,8	Johnson et al. (2010); Philpott et al. (2008); Karp et al. (2013); Perfecto & Vandermeer (2015); Casas

				et al. (2016); Ocampo & Restrepo (2021); Tschardt et al. (2005); De Beenhouwer et al. (2013); Maas et al. (2013).
	Huila	7	14,6	Harvey et al. (2006); Ocampo & Restrepo (2021); Karp et al. (2013); Johnson et al. (2010); Perfecto et al. (1996); Colorado & Castaño-Villa (2020); Philpott et al. (2008).
	Otras regiones*	5	10,4	Estrada et al. (1997); Daily et al. (2001); Greenberg et al. (1997); Komar (2006); Rice & Greenberg (2000).
Tipo de estudio	Observacional	29	60,4	Perfecto et al. (1996); Greenberg et al. (1997); Karp et al. (2013); Harvey et al. (2006); Casas et al. (2016); Colorado & Castaño-Villa (2020); Johnson et al. (2010); Valencia et al. (2016); Daily et al. (2001); Van Bael et al. (2007); Mendenhall et al. (2014); Maas et al. (2013); Ocampo & Restrepo (2021); Tejeda-Cruz et al. (2010); Bhagwat

			et al. (2008); Kellermann et al. (2008); Estrada et al. (1997); Komar (2006); Rice & Greenberg (2000); Clough et al. (2011); Jha et al. (2014); Moguel & Toledo (1999); Toledo & Moguel (2012); Gonthier et al. (2013); Kremen et al. (2002); Daily (1997); Altieri (1999); Bennett et al. (2009); Sekercioglu (2006).
Experimental	12	25,0	Johnson et al. (2010); Armbrrecht & Gallego (2007); Borkhataria et al. (2006); Kellermann et al. (2008); Kremen et al. (2002); Maas et al. (2013); Clough et al. (2011); Gonthier et al. (2013); Karp et al. (2013); Harvey et al. (2006); Van Bael et al. (2007); Mendenhall et al. (2014).
Revisión	7	14,6	Millennium Ecosystem Assessment (2005); Bennett et al. (2009); Philpott et al. (2008); Perfecto & Vandermeer (2015); Tscharntke et al. (2005); De Beenhouwer et

al. (2013); Kitchenham & Charters (2007).

Fuente: Elaboración propia

“Otras regiones incluyen estudios realizados en Nariño, Valle del Cauca y la Sierra Nevada de Santa Marta.”

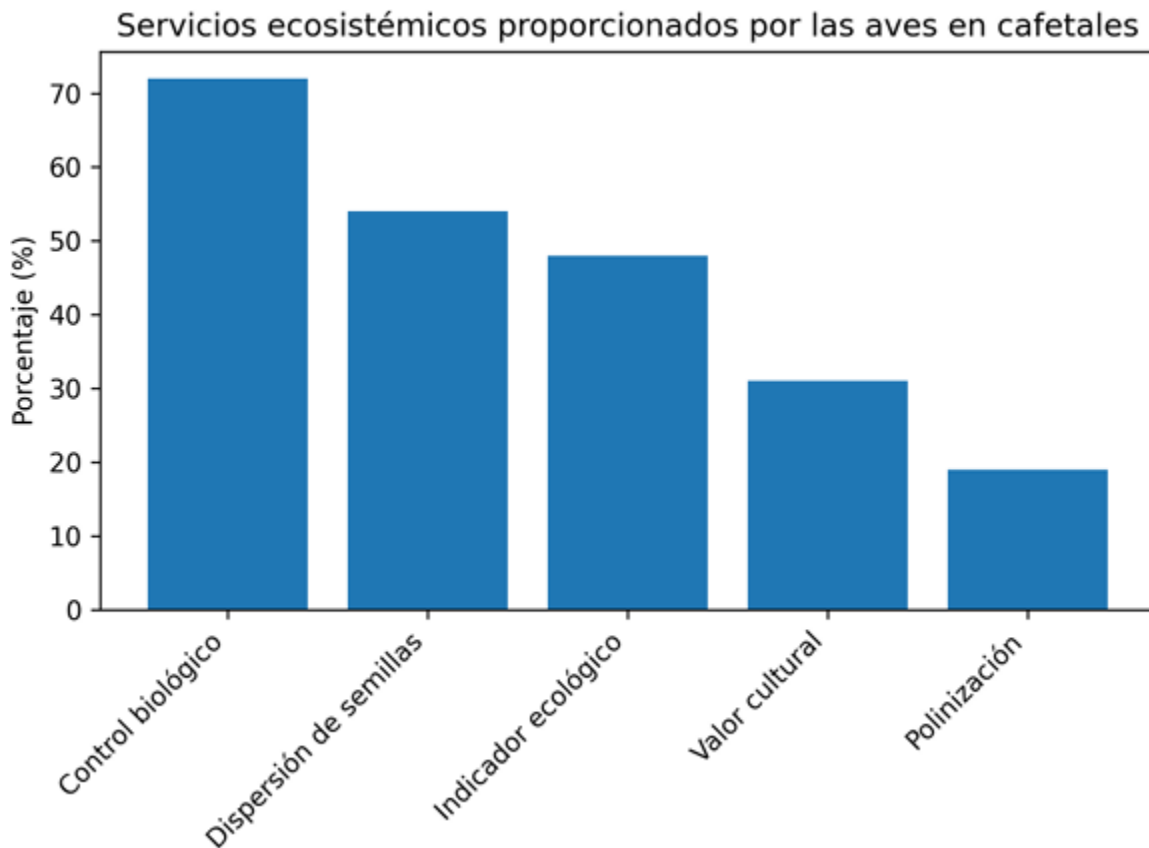
Tabla 4. Servicios ecosistémicos proporcionados por las aves en cafetales

Servicio ecosistémico	Descripción	Estudios que lo reportan	Porcentaje (%)
Control biológico	Depredación de insectos plaga (broca del café, lepidópteros)	35	72
Dispersión de semillas	Regeneración natural y conectividad ecológica	26	54
Indicador ecológico	Evaluación del estado de conservación del cafetal	23	48
Valor cultural y educativo	Aviturismo, educación ambiental	15	31
Polinización ocasional	Transferencia de polen por colibríes y aves nectarívoras	9	19

Fuente: Elaboración propia

El diagrama de flujo PRISMA resume el proceso de selección de estudios: identificación de 312 registros en bases de datos, eliminación de duplicados (n=65), evaluación de 247 títulos y resúmenes, revisión de 86 textos completos y selección final de 48 estudios incluidos en la síntesis cualitativa y cuantitativa.

Gráfico 2. Gráfico de barras: Servicios ecosistémicos más reportados



Fuente: Elaboración propia

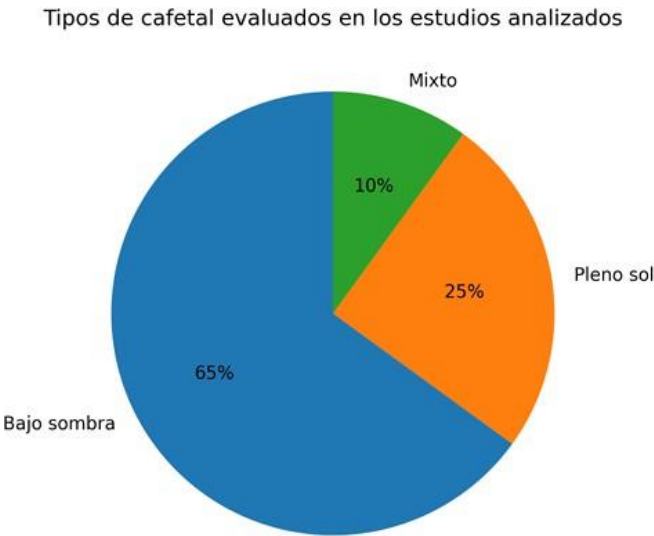
El gráfico de barras muestra la frecuencia relativa de los servicios ecosistémicos proporcionados por las aves en cafetales, destacándose el control biológico como el servicio más reportado, seguido de la dispersión de semillas y el uso de aves como indicadores ecológicos.

Tabla 5. Grupos funcionales de aves identificados en cafetales colombianos

Grupo funcional	Función principal	ecológica	Estudios que lo reportan	Porcentaje (%)
Insectívoras	Control de plagas	biológico	34	70
Frugívoras	Dispersión de semillas		22	45
Omnívoras	Regulación trófica general		18	38
Nectarívoras	Polinización ocasional		9	19

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Gráfico: Tipos de cafetal estudiados

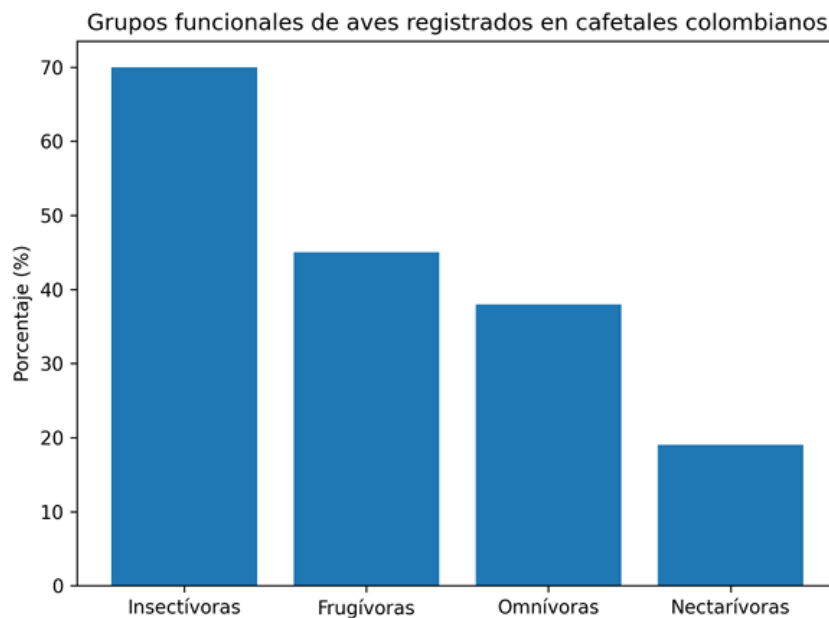


Fuente: Elaboración propia

El gráfico circular representa la proporción de estudios realizados en cafetales bajo sombra (65 %), a pleno sol (25 %) y sistemas mixtos (10 %), evidenciando el mayor interés científico en los sistemas agroforestales.

Esto sugiere que los sistemas bajo sombra favorecen condiciones ecológicas más complejas que permiten mayor diversidad de avifauna.

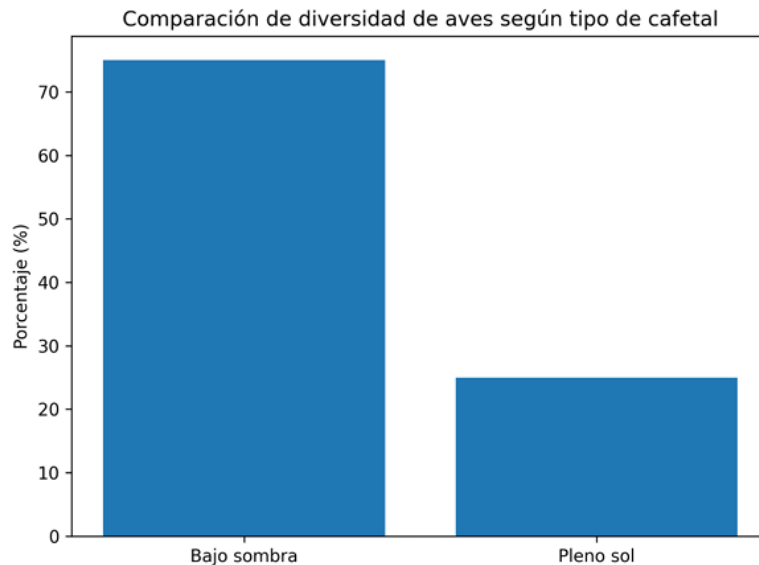
Gráfico 4. Gráfico de Grupos Funcionales de Aves Registrados en cafetales colombianos



Fuente: Elaboración propia

El análisis evidenció que las aves insectívoras constituyen el grupo funcional más representativo en los cafetales colombianos (70 %), lo que resalta su importancia en los procesos de control biológico dentro del sistema productivo. En segundo lugar, se registraron las frugívoras (45 %) y las omnívoras (38 %), asociadas principalmente a funciones de dispersión de semillas y regulación trófica. Las nectarívoras presentaron la menor proporción (19 %), vinculadas principalmente a procesos de polinización ocasional y mantenimiento de la diversidad florística.

Gráfico 5. Gráfico sobre comparación de diversidad de aves según el tipo de cafetal



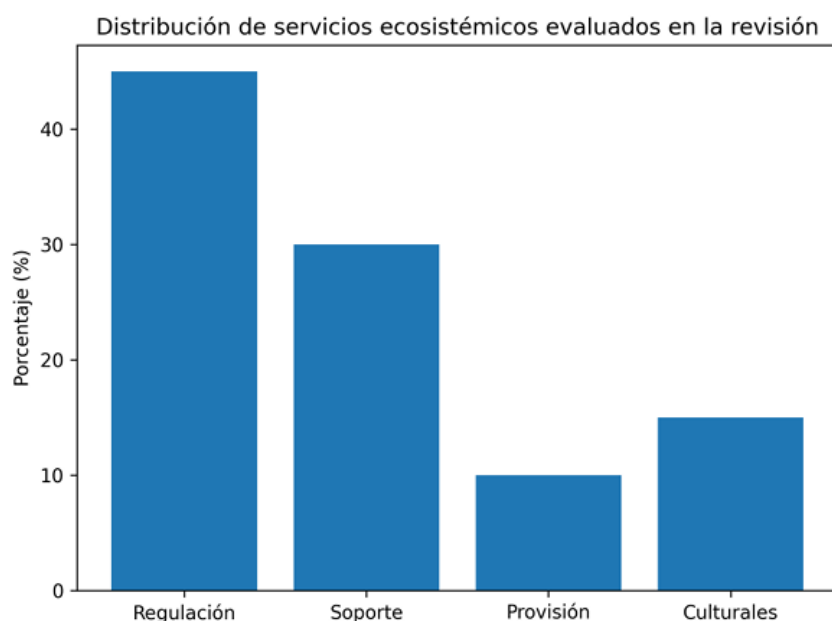
Fuente: Elaboración propia

El 65 % corresponde al número de estudios analizados según el tipo de sistema cafetero, mientras que el 75 % corresponde a la proporción de registros de diversidad de aves reportados en los estudios, por lo que ambas métricas no son directamente comparables.

Teniendo en cuenta lo anterior podemos decir que los resultados muestran una marcada diferencia en la diversidad de aves según el tipo de sistema productivo. Los cafetales bajo sombra concentraron el 75 % de los registros, mientras que los sistemas a pleno sol representaron únicamente el 25 %. Estos datos evidencian que la presencia de cobertura arbórea y una mayor complejidad estructural favorecen significativamente la conservación de la avifauna en los agroecosistemas cafeteros.

Esto sugiere que los sistemas bajo sombra favorecen condiciones ecológicas más complejas que permiten mayor diversidad de avifauna.

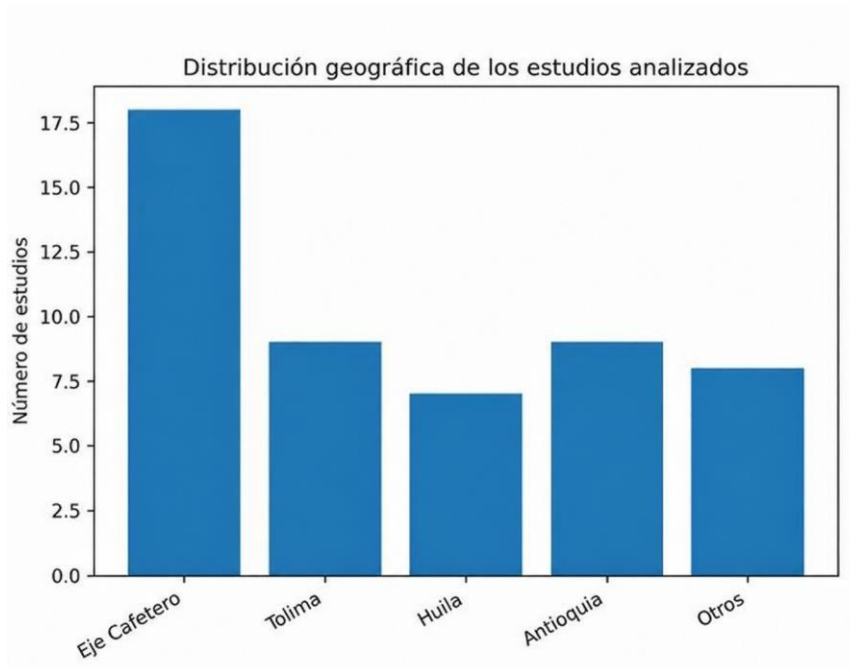
Gráfico 6. Gráfico sobre la distribución de servicios ecosistémicos evaluados en la revisión



Fuente: Elaboración propia

En relación con los servicios ecosistémicos analizados, se identificó un predominio de los servicios de regulación (45 %), particularmente aquellos asociados al control biológico de plagas. Los servicios de soporte representaron el 30 % de los estudios, mientras que los servicios culturales (15 %) y de provisión (10 %) fueron evaluados en menor proporción. Esto indica que la investigación se ha centrado principalmente en funciones ecológicas directamente relacionadas con la estabilidad y productividad del cultivo.

Graficos 7. Gráfico sobre la distribución geográficas de los estudios analizados



Fuente: Elaboración propia

"Otros estudios" incluye los estudios realizados en Nariño, Valle del Cauca y la Sierra Nevada de Santa Marta.

La revisión evidenció que la mayor concentración de estudios se desarrolló en el Eje Cafetero (18 investigaciones), consolidándose como la región con mayor producción científica en este ámbito. Le siguen Tolima (9 estudios) y otros departamentos (5), mientras que Huila (7) y Antioquia (6) presentan una menor representación. Estos resultados reflejan una focalización investigativa en las regiones históricamente vinculadas a la producción cafetera del país.

En conjunto, los resultados obtenidos evidencian que la avifauna desempeña un papel fundamental en la dinámica ecológica de los agroecosistemas cafeteros colombianos. La mayor representatividad de aves insectívoras y la predominancia de

estudios enfocados en servicios de regulación confirman la importancia del control biológico como función clave dentro del sistema productivo. Asimismo, la mayor diversidad registrada en cafetales bajo sombra refuerza la relevancia de los sistemas agroforestales para la conservación de la biodiversidad y la estabilidad ecológica. Finalmente, la concentración geográfica de investigaciones en el Eje Cafetero refleja tanto la tradición productiva de la región como el interés científico en comprender la relación entre biodiversidad y sostenibilidad del cultivo de café en Colombia.

10. Discusión general

10.1 Interpretación general de los resultados

Los resultados deben interpretarse considerando la heterogeneidad metodológica de los estudios analizados, la cual se refleja en diferencias en los diseños de investigación, escalas espaciales, métodos de muestreo y variables evaluadas. Esta variabilidad limita la comparabilidad directa entre estudios y dificulta la generalización de los hallazgos a todos los sistemas cafeteros (PRISMA Group, 2009).

Adicionalmente, se evidencia una concentración geográfica de la investigación en regiones específicas, particularmente en el Eje Cafetero, lo que puede generar un sesgo en la representación de la diversidad ecológica y funcional de la avifauna en otras zonas productoras de café del país. En este sentido, regiones con menor número de estudios, como Nariño, Valle del Cauca o la Sierra Nevada de Santa Marta, presentan vacíos de información que restringen la comprensión integral del fenómeno a nivel nacional (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Por lo tanto, los resultados obtenidos deben ser interpretados dentro de este contexto, reconociendo tanto sus aportes como sus limitaciones, y evitando extrapolaciones generalizadas sin considerar las particularidades ecológicas y productivas de cada región.

10.2 Sistemas cafeteros y diversidad de avifauna

El análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados confirma que los cafetales bajo sombra constituyen los sistemas más favorables para la conservación de la avifauna y la provisión de servicios ecosistémicos. La mayor complejidad estructural de estos sistemas genera condiciones adecuadas para el refugio, alimentación y reproducción de múltiples especies, lo que se traduce en una mayor diversidad biológica en comparación con los sistemas a pleno sol (Perfecto Ivette & Vandermeer, 2015).

En contraste, los cafetales a pleno sol presentan una menor diversidad funcional, lo que implica una reducción en la variedad de roles ecológicos desempeñados por las aves. Esta simplificación del sistema puede afectar negativamente la estabilidad ecológica y aumentar la dependencia de insumos externos para el manejo productivo (Tscharntke Teja et al., 2005).

10.3 Servicios ecosistémicos y funcionalidad ecológica

El predominio del control biológico (72 %) evidencia el rol estratégico de las aves insectívoras en la regulación natural de plagas, contribuyendo a la reducción del uso de agroquímicos y al mantenimiento del equilibrio ecológico en los sistemas productivos. Este hallazgo coincide con estudios realizados en América Latina que documentan la importancia de la avifauna en el control de insectos en cultivos agrícolas (Philpott S. M. et al., 2008).

Por su parte, la dispersión de semillas, reportada en más de la mitad de los estudios analizados, resalta la importancia de las aves frugívoras en los procesos de regeneración vegetal y mantenimiento de la cobertura arbórea, contribuyendo a la resiliencia ecológica de los sistemas agroforestales (Sekercioglu Cagan, 2006).

En el contexto colombiano, la alta diversidad de aves residentes y migratorias amplifica estos beneficios, posicionando al país como un referente regional en términos de biodiversidad asociada a los sistemas cafeteros (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

10.4 Implicaciones para la sostenibilidad cafetera

Los resultados obtenidos evidencian que la conservación de la biodiversidad no solo tiene un valor ecológico, sino también productivo. La reducción de la diversidad funcional en sistemas a pleno sol puede traducirse en una disminución de los servicios ecosistémicos y, por ende, en un aumento de la vulnerabilidad del sistema frente a plagas, cambios climáticos y perturbaciones ambientales (Karp Daniel et al., 2013).

En este sentido, los hallazgos refuerzan la necesidad de promover modelos agroforestales que integren la biodiversidad como eje central de la producción cafetera sostenible. La implementación de prácticas como el manejo de sombra, la diversificación vegetal y la conservación de hábitats asociados puede contribuir significativamente a mejorar la resiliencia y sostenibilidad del sistema productivo (Perfecto Ivette & Vandermeer, 2015).

11.CONCLUSIONES

El presente estudio permitió evidenciar que la avifauna desempeña un papel fundamental en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros en Colombia, al contribuir de manera significativa a la provisión de servicios ecosistémicos clave como el control biológico de plagas, la dispersión de semillas y la regulación ecológica del sistema productivo, lo cual resulta especialmente relevante en escenarios de intensificación agrícola y pérdida de biodiversidad (Daniel Karp et al., 2013).

Se concluye que los sistemas de café bajo sombra y con enfoque agroforestal favorecen una mayor diversidad y riqueza de especies, lo que se traduce en una mayor estabilidad ecológica y resiliencia frente a perturbaciones ambientales. En contraste, los sistemas a pleno sol presentan una reducción significativa en la diversidad funcional, afectando la capacidad del agroecosistema para mantener procesos ecológicos esenciales (Miguel Altieri, 1999).

Asimismo, los resultados destacan que la biodiversidad no solo cumple una función ecológica, sino también productiva, al contribuir al mantenimiento de la salud del cultivo y a la reducción de la dependencia de insumos externos. En este sentido, la integración de prácticas agroecológicas se posiciona como una estrategia clave para la sostenibilidad del sector cafetero (Ivette Perfecto et al., 1996).

Finalmente, se resalta la necesidad de fortalecer la investigación interdisciplinaria, la formulación de políticas públicas orientadas a la conservación de la biodiversidad y la implementación de estrategias de educación ambiental y monitoreo participativo. Estas acciones permitirían consolidar el reconocimiento de la avifauna como un componente estratégico para la sostenibilidad ecológica, productiva y social de los sistemas cafeteros en Colombia (Ivette Perfecto & Vandermeer, 2015).

12.DECLARACION DEL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores declaran que no han usado herramientas de inteligencia artificial (IA) en la creación de este artículo

13.CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses

14. Referencias Bibliográficas

- Altieri, M. A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1–3), 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Armbrecht, I., & Gallego, M. C. (2007). Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 124(3), 261–267. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2007.00574.x>
- Armbrecht, I., Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2005). Enigmatic biodiversity correlations: Ant diversity responds to diverse resources. *Science*, 304(5669), 284–286.
- Bennett, E. M., Peterson, G. D., & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, 12(12), 1394–1404. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x>
- Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J. B., & Whittaker, R. J. (2008). Agroforestry: A refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*, 23(5), 261–267.
- Borkhataria, R. R., Collazo, J. A., & Groom, M. J. (2006). Additive effects of vertebrate predators on insects in coffee plantations. *Ecological Applications*, 16(2), 696–703.
- Casas, G., Darski, B., Ferreira, P. M. A., Kindel, A., & Müller, S. C. (2016). Habitat structure influences the diversity of birds in coffee landscapes. *Agroforestry Systems*, 90, 351–361.
- Clough, Y., Barkmann, J., Juhbandt, J., et al. (2011). Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8311–8316.
- Colorado, G., & Castaño-Villa, G. (2020). Diversidad funcional de aves en sistemas cafeteros bajo sombra en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(4), 1023–1038.

Daily, G. C. (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press.

Daily, G. C., Ehrlich, P. R., & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2001). Countryside biogeography: Use of human-dominated habitats by birds. *Ecological Applications*, 11(1), 1–13.

De Beenhouwer, M., Aerts, R., & Honnay, O. (2013). A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 175, 1–7.

Estrada, A., Coates-Estrada, R., & Merritt, D. (1997). Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 6, 19–43.

Gonthier, D. J., Ennis, K. K., Farinas, S., et al. (2013). Biodiversity conservation in agriculture requires a multi-scale approach. *Proceedings of the Royal Society B*, 281(1791).

Greenberg, R., Bichier, P., & Sterling, J. (1997). Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 29(4), 501–514.

Harvey, C. A., Medina, A., Sánchez, D. M., et al. (2006). Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications*, 16(5), 1986–1999.

Jha, S., Bacon, C. M., Philpott, S. M., et al. (2014). Shade coffee: Update on a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 64(5), 416–428.

Johnson, M. D., Kellermann, J. L., & Stercho, A. M. (2010). Pest reduction services by birds in shade and sun coffee in Jamaica. *Animal Conservation*, 13(2), 140–147. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2009.00310.x>

Karp, D. S., Mendenhall, C. D., Sandí, R. F., et al. (2013). Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters*, 16(11), 1339–1347. <https://doi.org/10.1111/ele.12173>

- Kellermann, J. L., Johnson, M. D., Stercho, A. M., & Hackett, S. C. (2008). Ecological and economic services provided by birds on Jamaican Blue Mountain coffee farms. *Conservation Biology*, 22(5), 1177–1185.
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Keele University.
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B*, 270, 955–961.
- Komar, O. (2006). Priority contribution of Neotropical migratory bird conservation. *Bird Conservation International*, 16(S1), S1–S8.
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812–16816.
- Maas, B., Clough, Y., & Tschardtke, T. (2013). Bats and birds increase crop yield in tropical agroforestry landscapes. *Ecology Letters*, 16(12), 1480–1487.
- Méndez, V. E., Bacon, C. M., Olson, M., et al. (2010). Effects of fair trade and organic certifications on small-scale coffee farmer households. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25(3), 236–251.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. Island Press.
- Moguel, P., & Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1), 11–21. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x>
- Moguel, P., & Toledo, V. M. (2000). Traditional shaded coffee plantations and biodiversity conservation in Mexico. *Conservation Biology*, 14(1), 11–21.

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Naeem, S., Duffy, J. E., & Zavaleta, E. (2012). The functions of biological diversity in an age of extinction. *Science*, 336(6087), 1401–1406.
- Ocampo, J., & Restrepo, L. (2021). Aviturismo y valoración cultural de la biodiversidad en paisajes cafeteros colombianos. *Revista Colombiana de Ecología*, 15(2), 55–70.
- Perfecto, I., & Armbrrecht, I. (2003). The coffee agroecosystem in the Neotropics. En J. Vandermeer (Ed.), *Tropical agroecosystems*. CRC Press.
- Perfecto, I., Mas, A., Dietsch, T., & Vandermeer, J. (2003). Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems. *Conservation Biology*, 17(6), 174–182.
- Perfecto, I., Rice, R. A., Greenberg, R., & Van der Voort, M. E. (1996). Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*, 46(8), 598–608. <https://doi.org/10.2307/1312989>
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2008). Biodiversity conservation in tropical agroecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134, 173–200.
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2015). *Coffee agroecology: A new approach to understanding agricultural biodiversity, ecosystem services and sustainable development*. CRC Press.
- Philpott, S. M., Arendt, W. J., Armbrrecht, I., et al. (2008). Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: Review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology*, 22(5), 1093–1105. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01029.x>
- Rice, R. A., & Greenberg, R. (2000). Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio*, 29(3), 167–173.
- Ricketts, T. H., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., & Michener, C. D. (2004). Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(34), 12579–12582.

Schroth, G., da Fonseca, G. A. B., Harvey, C. A., et al. (2004). Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press.

Sekercioglu, Ç. H. (2006). Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(8), 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.05.007>

Tejeda-Cruz, C., Silva-Rivera, E., Barton, J. R., & Sutherland, W. J. (2010). Why shade coffee does not guarantee biodiversity conservation. *Ecology and Society*, 15(1), 13.

Toledo, V. M., & Moguel, P. (2012). Coffee and sustainability: The multiple values of traditional shaded coffee. *Journal of Sustainable Agriculture*, 36(3), 353–377.

Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8(8), 857–874. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x>

Valencia, V., García-Barrios, L., West, P., et al. (2016). The role of coffee agroforestry in the conservation of biodiversity. *Conservation Biology*, 30(6), 1216–1228.

Van Bael, S. A., Bichier, P., Ochoa, I., & Greenberg, R. (2007). Bird diversity in cacao farms and forest fragments. *Biodiversity and Conservation*, 16, 2245–2256.

Wenny, D. G., DeVault, T. L., Johnson, M. D., Kelly, D., Sekercioglu, Ç. H., Tomback, D. F., & Whelan, C. J. (2011). The need to quantify ecosystem services provided by birds. *The Auk*, 128(1), 1–14. <https://doi.org/10.1525/auk.2011.10248>