

**Estado del arte de la investigación en diferentes  
agroecosistemas colombianos: servicios ecosistémicos y  
agrobiodiversidad**

Estudiante  
**Nikol Manuela Ángel Bustamante**

Director  
**Carlos Andrés Delgado Vélez**

Trabajo de Grado  
**En la modalidad de *Monografía***

**Programa de Ecología**  
Universidad CES  
Medellín  
Noviembre 2021

19 de noviembre de 2021.

Estimados integrantes CI&I  
Facultad de Ciencias y Biotecnología  
Universidad CES

Se informa que la estudiante **Nicol Manuela Ángel Bustamante** identificada con cédula: No. 1000083930 ha concluido de manera satisfactoria su trabajo de grado titulado “**Estado del arte de la investigación en diferentes agroecosistemas colombianos: servicios ecosistémicos y agrobiodiversidad**”.

En calidad de **director** del proyecto en mención, y luego de haber revisado con detalle y alto rigor científico y académico el presente documento final, se aprueba este trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de **Ecólogo**.

Carlos A. Delgado V.

---

Carlos Andrés Delgado Vélez  
Cédula: 71765297  
Facultad de Ciencias y Biotecnología  
Universidad CES

# Estado del arte de la investigación en diferentes agroecosistemas colombianos: servicios ecosistémicos y agrobiodiversidad

Nikol Manuela Ángel

## Resumen

**Introducción.** Las grandes transformaciones del paisaje de las últimas décadas en Colombia obedecen principalmente a un reemplazo de los ecosistemas naturales por agroecosistemas. Como consecuencia, los agroecosistemas ocupan cada vez más superficie, por lo que su papel en el mantenimiento de la biodiversidad y en la provisión de servicios ecosistémicos es cada vez más importante.

**Métodos.** Se realizó una revisión de bibliografía, utilizando las bases de datos Google Académico, SciELO y ScienceDirect, a través de los siguientes pasos: selección de agroecosistemas a través de una cartografía existente de Colombia, búsqueda de literatura con ayuda de un criterio de búsqueda, selección de artículos, lectura y análisis de datos.

**Desarrollo (resultados y discusiones).** Se revisaron 51 publicaciones, concentradas mayormente en los departamentos del Meta y Valle del Cauca, y con mayor mención a los agroecosistemas cafetero y ganadero. Se encontró una importante agrobiodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos asociada a los agroecosistemas, pese a las pocas publicaciones.

**Conclusiones.** Es de gran importancia continuar avanzando en el estudio de los agroecosistemas, ya que son sistemas productivos que aún proveen posibilidades para la conservación de la biodiversidad y de preservación de los servicios ambientales.

**Palabras clave:** ecosistemas transformados, servicios ambientales, biodiversidad

## Nota sobre formato del trabajo de grado

El siguiente trabajo se presenta como un artículo de revisión, formateado de acuerdo a las instrucciones para autores de la revista ***Ecosistemas***, las cuales se pueden consultar vía web en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/about/submissions> (revisado el 18 de 11 de 2021).

# Estado del arte de la investigación en diferentes agroecosistemas colombianos: servicios ecosistémicos y agrobiodiversidad

State of the art of research in different Colombian agroecosystems: ecosystem services and agrobiodiversity

N.M. Ángel Bustamante<sup>1,\*</sup>, C.A. Delgado Vélez<sup>1</sup>

(1) Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES, Calle 10A # 22 – 04, Medellín, Colombia.

\* Autor de correspondencia: N.M Ángel Bustamante [angel.nikol@uces.edu.co]

**Resumen:** Las grandes transformaciones del paisaje de las últimas décadas en Colombia obedecen principalmente a un reemplazo de los ecosistemas naturales por agroecosistemas. Como consecuencia, los agroecosistemas ocupan cada vez más superficie, por lo que su papel en el mantenimiento de la biodiversidad y en la provisión de servicios ecosistémicos es cada vez más importante. Por esto, se realizó una revisión de bibliografía, utilizando las bases de datos Google Académico, SciELO y ScienceDirect, con el fin de realizar una síntesis del estado del arte del estudio de diferentes agroecosistemas en Colombia en relación con los servicios ecosistémicos y componentes de la agrobiodiversidad. Se revisaron 51 publicaciones, concentradas mayormente en los departamentos del Meta y Valle del Cauca, y con mayor mención a los agroecosistemas cafetero y ganadero. Se encontró una importante agrobiodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos asociada a los agroecosistemas, pese a las pocas publicaciones. Por lo tanto, es de gran importancia continuar avanzando en el estudio de los agroecosistemas, ya que son sistemas productivos que aún proveen posibilidades de conservación de la biodiversidad y de preservación de los servicios ambientales.

**Palabras clave:** ecosistemas transformados, servicios ambientales, capital natural, biodiversidad

**Abstract:** The major landscape transformations of recent decades in Colombia are mainly due to the replacement of natural ecosystems by agroecosystems. As a consequence, agroecosystems occupy more and more surface area, so their role in the maintenance of biodiversity and in the provision of ecosystem services is increasingly important. For this reason, a literature review was carried out using Google Scholar, SciELO and ScienceDirect databases in order to summarize the state of the art of the study of different agroecosystems in Colombia in relation to ecosystem services and components of agrobiodiversity. Fifty-one publications were reviewed, mostly concentrated in the departments of Meta and Valle del Cauca, and with greater mention of coffee and livestock agroecosystems. Despite the few publications, we found important agrobiodiversity and provision of ecosystem services associated with agroecosystems. Therefore, it is of great importance to continue advancing in the study of agroecosystems, since they are productive systems that still provide possibilities for biodiversity conservation and preservation of environmental services.

**Keywords:** Novel ecosystems, environmental services, natural capital, biodiversity

## Introducción

Las grandes transformaciones del paisaje de las últimas décadas en Colombia obedecen principalmente a un reemplazo de los ecosistemas naturales por agroecosistemas (Díaz-Bohorquez et al. 2014). Por ende, los agroecosistemas ocupan cada vez más superficie, alcanzando en Colombia aproximadamente un 37% del uso de la tierra (Balvanera et al. 2012). A raíz de esto, su papel en el mantenimiento de la biodiversidad y en la provisión de servicios ecosistémicos es cada vez más importante (Balvanera et al. 2012; Díaz-Bohorquez et al. 2014).

Los agroecosistemas pueden definirse como ecosistemas de áreas agrícolas donde se producen interacciones entre plantas y animales domesticados, con el agua, suelo, plantas, animales y

microorganismos de los ecosistemas naturales (Montenegro y Osorio 2019). En estas áreas, se cuenta con diferentes niveles tróficos establecidos en un ambiente geográfico específico y condicionados a la administración humana para su producción, además de que se abarcan diferentes aspectos del ambiente, presiones bióticas, condiciones económicas, sociales y culturales de gran importancia (Prager et al. 2002; Montenegro y Osorio 2019). De manera resumida, los agroecosistemas se definen como ecosistemas naturales que han sido deliberadamente simplificados por las personas para la producción de bienes de valor para los humanos (Swift et al. 2004).

Por otra parte, la interacción dinámica entre la sociedad y los ecosistemas da lugar a lo que se conoce como servicios ecosistémicos, los cuales son el resultado de un complejo proceso de interacciones entre estos factores bióticos y abióticos, produciendo múltiples funciones ecológicas que se traducen en beneficios tangibles e intangibles que generan bienestar a los humanos, por ejemplo, el alimento o la producción de madera (Balvanera et al. 2012; Montenegro y Osorio 2019). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EEM) puso sobre la mesa la importancia de estos temas frente a las graves consecuencias que tiene para la humanidad con el continuo deterioro de los ecosistemas y aportó las bases conceptuales y metodológicas para el estudio de los servicios ecosistémicos (Rincón Ruíz et al. 2014).

Es por esto que la clasificación de los servicios ecosistémicos realizada por la EEM ha sido considerada como referente en la investigación internacional y en los documentos políticos, agrupando los servicios ecosistémicos en cuatro categorías. Allí se encuentran: (1) los servicios de provisión, que se refieren a los bienes y productos materiales que se obtienen de los ecosistemas como los alimentos, maderas, carbón, gas, entre otros; (2) los servicios de regulación, los cuales son beneficios resultantes de la autoregulación de los procesos ecosistémicos, tales como el mantenimiento de la calidad del aire, la polinización, el control de la erosión y la purificación del agua; (3) los servicios culturales, que consisten en beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, por ejemplo, el enriquecimiento espiritual, la belleza escénica, inspiración artística e intelectual y recreación; y (4) los servicios de soporte, que se definen como los servicios y procesos ecológicos de base necesarios para la provisión y existencia de los demás servicios ecosistémicos, como el ciclo de nutrientes, la producción primaria, el ciclo del agua y el mantenimiento de la biodiversidad (Rincón Ruíz et al. 2014).

Es importante mencionar que el principal servicio ecosistémico que brinda un agroecosistema, el servicio de provisión, se fundamenta en servicios no visibles para los seres humanos, como lo son la formación del suelo, del cual depende la productividad agrícola; el ciclado de nutrientes, que afecta su biodisponibilidad para los cultivos; y la polinización, sustancial para la producción de frutos, entre otros productos (Montenegro y Osorio 2019). En este orden de ideas, los agroecosistemas y los servicios ecosistémicos están interrelacionados en, por lo menos, tres formas: (1) los

agroecosistemas generan servicios ecosistémicos, es decir, generan bienes o servicios beneficiosos tanto para el agricultor como para ecosistemas circundantes, como lo es el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la producción de alimentos; (2) los agroecosistemas reciben servicios beneficiosos de otros ecosistemas, por ejemplo, ecosistemas vecinos (naturales o transformados) pueden proveer hábitat para los polinizadores que visitan un cultivo; y (3) las prácticas agrícolas que se desarrollan en el agroecosistema impactan positiva o negativamente los servicios ecosistémicos de otros ecosistemas (Dale y Polasky 2007).

La agrobiodiversidad se refiere a la diversidad biológica encontrada dentro de los agroecosistemas, que incluye no sólo las especies del ecosistema base, sino también las especies domesticadas por el hombre. La conservación *in situ* de la agrobiodiversidad no sólo aporta a la alimentación, salud y bienestar de quienes la cultivan, sino también a la conservación de la cultura local, y al equilibrio y estabilidad de los agroecosistemas y ecosistemas naturales circundantes (Montenegro y Osorio 2019). Esta biodiversidad agrícola se clasifica en tres tipos: diversidad planeada, que se refiere a las especies que son seleccionadas deliberadamente para la producción agropecuaria; diversidad asociada, que se define como la flora y fauna silvestres sostenida por el sistema agrícola, la cual coloniza los agroecosistemas después de que ha sido estructurado por el administrador del sistema; y diversidad circundante, que hace referencia a las especies silvestres que surgen de los ecosistemas naturales o de otro agroecosistema y que soportan el funcionamiento de los ecosistemas agrícolas (Nieto Rodríguez 2017).

Actualmente, no hay claridad en que los agroecosistemas también pueden proveer servicios ecosistémicos diferentes a la provisión de alimentos o materias primas, y que no solo la conservación de los ecosistemas naturales circundantes a un agroecosistema provee este tipo de servicios (Nieto Rodríguez 2017). En consecuencia, la mayoría de los estudios ecológicos, y sobre servicios ecosistémicos, se centran en zonas prístinas, mientras que se ha prestado mucha menos atención a las áreas utilizadas por los humanos (Evers et al. 2018).

Según estos vacíos de información, Nieto Rodríguez (2017) afirma que los estudios sobre la provisión de servicios ecosistémicos en Colombia se han centrado en sistemas agroforestales. Por ende, es necesario hacer un análisis sobre otros tipos de agroecosistemas, incluidos distintos tipos de monocultivos, agroecosistemas tradicionales, pasturas para ganadería, entre otros, con el fin de ampliar el conocimiento sobre la relación entre las prácticas de manejo y los componentes de la agrobiodiversidad para el bienestar humano en un contexto local y regional (Nieto Rodríguez 2017).

De esta manera, el objetivo de este artículo es realizar una síntesis del estado del arte sobre el estudio de diferentes agroecosistemas en Colombia en relación con los servicios ecosistémicos y componentes de la agrobiodiversidad. Esto se realizará a partir de una revisión de literatura científica que permitirá identificar los servicios ecosistémicos provistos y recibidos por los agroecosistemas seleccionados, registrar los componentes de la agrobiodiversidad relacionados con cada

agroecosistema seleccionado y comparar la información entre diferentes tipos de agroecosistemas y regiones del país. Se espera que esta revisión bibliográfica sea un compendio importante de las investigaciones en los agroecosistemas en Colombia en relación a sus servicios ecosistémicos y los componentes de la diversidad biológica, la cual pueda ser un aporte valioso al entendimiento holístico de estos sistemas y a la toma de decisiones en materia ambiental y de gestión de estos ecosistemas en crecimiento.

## **Métodos**

Para el desarrollo de la revisión de literatura se llevaron a cabo las siguientes fases:

### **Selección de agroecosistemas**

A partir de una cartografía existente de ecosistemas continentales, marinos y costeros de Colombia (IDEAM 2017), se realizó una selección de diferentes tipos de agroecosistemas, entre ellos los agroecosistemas arroceros, cañeros, cultivos permanentes (ej. caucho y cacao), cultivos transitorios (ej. maíz y soya), cafeteros, mosaicos (cultivos, espacios naturales y/o pastos), forestales, ganaderos (incluidos sistemas silvopastoriles), palmeros, paperos, y plataneros y bananeros.

### **Búsqueda de literatura**

En las bases de datos Google Académico, SciELO y ScienceDirect se llevó a cabo la búsqueda de literatura, en inglés y español, durante marzo y abril de 2021, utilizando el siguiente criterio de búsqueda: el nombre de cada agroecosistema, más las palabras claves: "*servicios ecosistémicos, servicios ambientales, servicios de abastecimiento, servicios de provisión, servicios de regulación, servicios de soporte, servicios culturales, agrobiodiversidad, biodiversidad, fauna, flora, recursos genéticos, regulación climática, regulación de inundaciones, calidad del agua, calidad de suelo, regulación de la erosión, polinización, ecoturismo, etnobotánica, prácticas espirituales, apreciación estética y capital natural*" y finalmente la palabra "Colombia". Con el fin de realizar la búsqueda de manera más sencilla y efectiva con este patrón, se realizó una tabla en Excel con las diferentes combinaciones de palabras de la siguiente manera: en la primera columna se ubicó el agroecosistema; en la segunda columna, las diferentes palabras clave; en la tercera, la palabra "Colombia"; en la cuarta, se concatenó la combinación de las tres primeras columnas, que dio como resultado el criterio de búsqueda en español; y en la última columna, se tradujo el criterio de búsqueda de la columna cuatro al inglés. Posteriormente, cada criterio de búsqueda en inglés y en español era copiado y pegado en los buscadores de cada una de las bases de datos.

### **Selección de artículos**

Una vez obtenidos los resultados de cada búsqueda, se seleccionaron los artículos científicos de las primeras cinco páginas de resultados, teniendo en cuenta que el artículo contuviera todas las palabras del criterio de búsqueda utilizado.



## **Lectura y análisis de datos**

En esta fase, se extrajo de cada artículo la siguiente información: título, año de publicación, base de datos, tipo de artículo, agroecosistema(s), servicio o servicios ecosistémicos provistos por el agroecosistema, servicio o servicios ecosistémicos recibidos por el agroecosistema, componente de la agrobiodiversidad (planeada, asociada o circundante), departamento(s), municipio(s) y coordenadas del sitio de estudio. Esto para facilitar el análisis de los datos, de manera que fuera posible comparar los resultados, con ayuda de tablas y gráficos, entre tipos de agroecosistema y entre regiones del país.

## **Resultados**

En total, fueron encontrados más de 200 resultados que contenían las palabras clave utilizadas en el criterio de búsqueda, los cuales incluían artículos científicos, informes técnicos de entidades gubernamentales o privadas, tesis de grado, libros o secciones de libros, entre otros. Sin embargo, para efectos de esta revisión solo fueron tenidos en cuenta los artículos debidamente indexados y publicados en revistas académicas. Por ende, se revisaron 51 artículos (Anexo 1), encontrados en las tres bases de datos propuestas, con un aporte de Google Académico, SciELO y ScienceDirect del 57%, 29% y 14%, respectivamente. Se encontraron artículos para 17 de los 32 departamentos de Colombia; y, al menos, un artículo para cada uno de los agroecosistemas consultados.

## **Distribución geográfica de las publicaciones**

La gran mayoría de los lugares de las publicaciones coinciden con la cobertura de los agroecosistemas propuesta por la cartografía del IDEAM (2017) (Fig. 1). Adicionalmente, se observan dos concentraciones importantes de publicaciones: una en la región cafetera, en los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, una parte del suroeste de Antioquia, el noroeste de Tolima y el norte del Valle del Cauca; y la otra, en el departamento de Santander. Además, se visualizan varias publicaciones dispersas en el departamento de Meta, Caquetá, Huila, Córdoba, Casanare y el centro de Antioquia; y de una a dos publicaciones en Boyacá, Sucre, Magdalena y Chocó (Fig. 1).

En cuanto a las menciones de agroecosistemas por departamento (Fig. 2), en las 51 publicaciones revisadas, se encuentra que los mayores aportes se ubican en el departamento del Meta, con 14 menciones a diferentes agroecosistemas; seguido por el departamento del Valle del Cauca, con 10 menciones, y finalmente Santander, con seis. El agroecosistema predominante en el Meta fue el palmero, en especial palma de aceite, la cual es una plantación que se ha establecido en esta región desde los años 70's y cuenta con 195.600 hectáreas sembradas, el mayor número de hectáreas de este uso del suelo en el país (Tamaris-Turizo et al. 2017; Fedepalma 2021). Mientras que, en el Valle del Cauca, los agroecosistemas predominantes fueron el cañero y el ganadero. Por su parte, cinco de seis menciones a agroecosistemas en el departamento de Santander correspondieron al

agroecosistema cafetero, el cual ha sido históricamente uno de los enclaves de la producción del café (Guhl 2009).

Los departamentos de Antioquia, con cinco menciones, y Cauca, con seis, tuvieron mayor predominancia del agroecosistema cafetero. Otros departamentos, como en el caso de Caldas, Caquetá, Casanare, Córdoba, Huila, Quindío y Risaralda, tuvieron entre dos y cuatro menciones, con representación de varios agroecosistemas, pero con predominancia del agroecosistema ganadero, excepto Casanare y Huila, donde los agroecosistemas con mayor representación fueron el palmero y el cafetero, respectivamente. Por último, los departamentos de Boyacá, Chocó, Magdalena y Sucre contaron con una sola mención, la cual correspondió a los agroecosistemas papero, mosaico, bananero y arrocero, respectivamente (Fig. 2).

### **Distribución de las publicaciones por agroecosistemas**

El mayor número de menciones en las publicaciones revisadas se encontró en dos agroecosistemas: el ganadero, con 15 menciones; y el cafetero, con 14. El agroecosistema llamado “mosaico”, correspondiente a diferentes arreglos de pastos, cultivos y espacios naturales, y el agroecosistema palmero, tuvieron también un número importante de menciones, con nueve y ocho, respectivamente.

Otros agroecosistemas, como en el caso del arrocero, cañero y los cultivos permanentes (principalmente frutales y caucho), tuvieron entre seis y cuatro menciones. Mientras tanto, el agroecosistema forestal, el papero, los cultivos transitorios (especialmente maíz y soya) y el bananero, presentaron tres o menos publicaciones, destacándose este último agroecosistema por presentar una sola mención (Fig. 3).

### **Servicios ecosistémicos y agrobiodiversidad**

Se identificaron diferentes servicios ecosistémicos provistos por los agroecosistemas (Tabla 1). Entre ellos: cinco servicios de regulación, donde se encuentra regulación climática (incluido el secuestro de carbono), prevención o moderación de disturbios, prevención de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo; tres servicios culturales, entre los que se encuentran recreación y turismo, conocimiento ecológico tradicional e información estética (belleza y tranquilidad); y un servicio de soporte, el mantenimiento de la biodiversidad de diferentes organismos, como aves, insectos, mamíferos y plantas.

El agroecosistema cafetero obtuvo el mayor número de servicios ecosistémicos provistos y al que se asociaron más componentes de la agrobiodiversidad. En el servicio de soporte se encuentra que este agroecosistema, principalmente bajo la tipología de café con sombrero, alberga una importante cantidad de organismos. Por ejemplo, en una revisión realizada por Díaz-Bohorquez et al. (2014), encontraron 62 especies de aves migratorias con presencia en agroecosistemas cafeteros colombianos, entre las que también se encuentran especies amenazadas, como *Setophaga cerulea*

(BirdLife International 2019), y donde la mayoría de especies registradas se encuentran más en cafetales con sombra y menos en cultivos expuestos a sol. En el caso de los primates, Guzmán et al. (2016) reportaron que los monos nocturnos (*Aotus lemurinus*), utilizaron áreas de café de sombra durante todo un año de monitoreo, especialmente durante los períodos pico de producción de frutos de barcino (*Prunus integrifolia*), un árbol dominante en el área de estudio del agroecosistema en el departamento de Santander. Además, los cafetales con sombra son fuente de biodiversidad vegetal, de hábitat y de conectividad entre los paisajes Andinos fragmentados (Meneses y Armbrecht, 2018).

El servicio de regulación climática, incluido el secuestro de carbono, se registró en sistemas agroforestales (mosaico), café con sombra, sistemas silvopastoriles y plantaciones forestales. Las especies arbóreas asociadas a estos agroecosistemas mejoran la provisión de servicios ecosistémicos al capturar grandes cantidades de carbono atmosférico y acumularlo por un tiempo prolongado; y también cumplen funciones como la provisión de sombra, la fertilización del suelo, la producción de frutas y madera (Forero et al. 2018; Hernández-Núñez et al. 2021). Además, en relación con el cultivo de café, se encontró que los sistemas con mayor diversificación presentaron mayores valores de acumulación de carbono (Orozco et al. 2014).

En cuanto a servicios culturales, se encontró que el agroecosistema cafetero, el papero y los mosaicos se asociaron a servicios como el conocimiento ecológico tradicional, información estética y recreación y turismo. Para el agroecosistema cafetero, se encuentra que una estrategia a la variabilidad climática de los caficultores es el agroturismo, actividad que se realiza de manera alterna al cultivo del café (Turbay et al. 2014). En el caso del agroecosistema papero, se encontró el uso de tres tubérculos andinos en Boyacá que se perciben como cultivos como cultivos de herencia cultural y costumbres ancestrales; además, los campesinos paperos en ecosistemas de alta montaña perciben su espacio de vida como un lugar bello y escenario espiritual de vida y tranquilidad para ellos (Avellaneda-Torres et al. 2014; Ponce y Martínez 2014). De la misma manera, en sistemas agroforestales (mosaico) en el departamento del Chocó, se destacó que las comunidades afrocolombianas usan y conservan un total de 64 especies de plantas diferentes, dada su herencia cultural, pertenecientes a 31 familias botánicas, y utilizadas en la alimentación humana y animal, en sus prácticas médicas y constructivas, entre otras (Sánchez y Villegas 2015).

Los diferentes organismos asociados al cultivo de palma fueron un hallazgo importante, entre ellos: murciélagos, mamíferos medianos y grandes, aves e insectos. No obstante, aunque Cely-Gómez y Castillo-Figueroa (2019) reportaron la presencia de 18 especies de murciélagos en un paisaje dominado por palma de aceite, también mencionaron la importancia de preservar fragmentos de bosques que mantienen conjuntos de murciélagos con diversas dietas en los paisajes agrícolas, ya que estos intervienen en los procesos de reforestación y restauración natural del paisaje. Por otra parte, el agroecosistema palmero puede funcionar como un hábitat favorable para un bajo número de especies de amplia distribución (generalistas) y puede albergar la diversidad de algunos

mamíferos medianos y grandes con gran flexibilidad ecológica, por ejemplo, se reportó la presencia de *Puma concolor* en inmediaciones de una plantación de palma de aceite (Olarte González y Escovar Fadul 2014; Pardo-Vargas y Payán-Garrido 2015; Tamaris-Turizo et al. 2017). Y finalmente, se encontró que las plantaciones de palma de aceite mantienen la biodiversidad insectos benéficos para el control de plagas en el cultivo de arroz (Villaseca et al. 2009).

Es importante mencionar que para el agroecosistema bananero se encontró solo una publicación, que además hacía referencia a un servicio ecosistémico de regulación potencial y no real, ya que se considera que las malezas asociadas a los cultivos de bananos pueden proporcionar diferentes servicios ecosistémicos, ayudando al control de la erosión del suelo, modificando procesos microclimáticos, impactando la dinámica hidrológica, constituyendo una reserva de germoplasma, alterando el ciclo de nutrientes y su retención en el suelo y proporcionando refugio y alimento a los enemigos naturales de las plagas (Quintero-Pertúz y Carbonó-Delahoz 2015). Sin embargo, muchos aspectos de la malherbología son aún desconocidos, por lo que los agricultores en plantaciones bananeras de Magdalena optan principalmente por realizar control de malezas con aplicación de herbicidas, sin tener en cuenta los posibles beneficios que las plantas arvenses podrían tener para el agricultor y otros ecosistemas circundantes (Tabla 2).

Por otro lado, se identificaron cinco servicios de regulación que reciben los agroecosistemas de otros agroecosistemas o ecosistemas naturales circundantes (Tabla 2). Estos son: polinización, control biológico, mantenimiento de la fertilidad del suelo, regulación y purificación del agua, y actividad biológica. En el caso del agroecosistema cafetero, las abejas brindan servicios de polinización que son clave en las plantaciones de café y su presencia está influenciada positivamente por una mayor cobertura de sombra en las fincas (Bravo-Monroy et al. 2015). De la misma manera, esta mayor cobertura de sombra, dominada en gran medida por especies del género *Inga* (Fabaceae), brindan recursos alimenticios y sitios de anidación para el establecimiento de comunidades de hormigas, las cuales actúan como controladores biológicos de la broca del café, la principal plaga de este cultivo (Sinisterra Rodríguez et al. 2016). Otro caso importante de control biológico y polinización, es el de un mosaico de cultivos (cacao, guanábana y arroz) y espacios naturales, en el departamento del Meta, en el cual se registró una amplia biodiversidad taxonómica y ecológica de insectos benéficos (polinizadores, depredadores y parasitoides) para el agroecosistema, asociados especialmente a plantas arvenses que actúan como fuentes de alimentos suplementarios y sitios de refugio para estos insectos (León-Burgos et al. 2019).

Finalmente, en agroecosistemas como el ganadero, palmero, cañero, cultivos permanentes (caucho) y cultivos transitorios (arroz, maíz y soya), se identificaron las hormigas y termitas como ingenieras del ecosistema. Estas tienen un papel clave en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, manteniendo la energía y el flujo de materiales y nutrientes, y en el caso de las hormigas hipogeas en el cultivo de la caña de azúcar, creando micrositios aptos para el establecimiento de plántulas

(Ramírez et al. 2012; Sanabria et al. 2014). Sin embargo, se encontró que el agroecosistema ganadero, las plantaciones de palma y los cultivos permanentes son mejores hábitats para hormigas y termitas que los cultivos transitorios, ya que estos últimos al ser agroecosistemas más perturbados e intensivos por la constante aplicación de agroquímicos, presentan menor riqueza y abundancia de estos organismos (Sanabria et al. 2016). Así mismo, en el cultivo de caña de azúcar, se encontró que el manejo agroecológico de este cultivo favorece más la diversidad de hormigas de los estratos epigeo e hipogeo, que el cultivo con manejo convencional (Ramírez et al. 2012).

## **Discusión**

La mayoría de los estudios ecológicos se centran en zonas prístinas, mientras que se ha prestado menos atención a las áreas utilizadas por los humanos (Evers et al. 2018). Este sesgo hacia los ecosistemas naturales omite la parte del mundo que ha sido alterada más radical y directamente por las actividades antrópicas, como la intensificación de la producción agrícola (Montenegro y Osorio 2019).

Los estudios realizados en agroecosistemas han estado enfocados en los países de Estados Unidos, España, Australia y China, pero las investigaciones realizadas en países de América Latina son escasas, a pesar de ser una de las áreas del planeta donde hay mayor biodiversidad concentrada por unidad de superficie y con un alto potencial de uso agrícola (Nieto Rodríguez 2017). En este sentido, según Nieto Rodríguez (2017), se percibe una falta de interés por parte de los países latinoamericanos en el estudio de servicios ecosistémicos y que, de realizarse este tipo de estudios, se podría contribuir con evidencias científicas que impulsen el manejo sostenible de agroecosistemas, que contribuyan a la seguridad alimentaria, mitiguen impactos ambientales negativos y mejoren la calidad de vida de los habitantes del campo.

No obstante, en los últimos años, el Gobierno Nacional de Colombia junto con la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), ha reconocido la importancia del componente social y la necesidad de evaluar los beneficios aportados por los ecosistemas, además de que recientemente se han planteado estrategias como el Pago por Servicios Ambientales (PSA) y las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) (Semana Sostenible 2017; Baptiste y Rinaudo 2019; Montenegro y Osorio 2019). Aun así, tanto el PSA como las SbN requieren fortalecer la gestión del conocimiento en materia de ecosistemas transformados, servicios ecosistémicos y biodiversidad para implementarlos de manera exitosa. Además, la investigación en servicios ecosistémicos en el país se ha visto obstaculizada por el bajo presupuesto asignado a esa actividad en la última década, siendo sólo el 0.16% del PIB (Balvanera et al. 2012), lo que dificulta el fortalecimiento de la gestión del conocimiento para la toma de decisiones y se evidencia en los resultados de esta revisión el poco interés puesto en los agroecosistemas, ya que los resultados obtenidos en esta revisión continúan siendo escasos y se concentran en los pocos agroecosistemas que son de mayor importancia económica en el contexto nacional e internacional, como el cafetero.

Por otra parte, se evidencia la importancia de la conservación de fragmentos de bosque nativo dentro del agroecosistema o en áreas circundantes para mantener la provisión de servicios ecosistémicos y conservar la agrobiodiversidad. Diversos estudios señalan que la vegetación adyacente a los agroecosistemas desempeña un papel importante en la provisión de servicios ambientales. Un ejemplo de esto es el control biológico en el agroecosistema arrocero, donde Villaseca et al. (2009) observaron que, en la vegetación nativa encontrada en los márgenes de los cultivos de arroz, había un aumento en la diversidad de enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda*, una de las principales plagas del arroz; también encontró un cambio en la composición de especies en comparación con el interior del cultivo, lo que indica que estos márgenes ofrecen hábitat para la biodiversidad y al mismo tiempo favorecen el control biológico al interior del cultivo. De la misma manera, los resultados obtenidos por Rivera-Pedroza et al. (2019) proporcionan evidencia de que incluso en paisajes altamente modificados dominados por monocultivos, la conservación de parches de vegetación natural favorece la biodiversidad funcional, por lo que afirman que mantener y promover franjas de vegetación natural es especialmente importante en paisajes de monocultivos altamente industrializados con el fin de promover la biodiversidad beneficiosa para los servicios de los ecosistemas sin sacrificar el área de producción.

También es importante señalar que, a mayor diversidad florística asociada al agroecosistema, hay más recursos disponibles para aves, insectos, mamíferos, entre otros, promoviendo de esta manera el mantenimiento de la biodiversidad de diferentes grupos taxonómicos, lo que finalmente se traduce en el mantenimiento de la provisión de servicios ecosistémicos. Esto se evidencia en el caso del agroecosistema cafetero, en el cual se encontró que el uso de plantaciones de café con sombrío en hábitats alterados o áreas protegidas circundantes puede actuar como una iniciativa de conservación complementaria para aumentar la conectividad del ecosistema para la vida silvestre nativa que depende en gran medida de los bosques montañosos andinos (Guzmán et al. 2016).

Por su parte, es posible que se haya encontrado un mayor número de menciones en las publicaciones para los agroecosistemas cafetero y ganadero, asociados a una mayor biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos, debido a las certificaciones y sellos del café que verifican mejores condiciones de producción a nivel ambiental, económico y social, y la implementación de sistemas silvopastoriles como alternativa sostenible a la ganadería convencional. En este orden de ideas, en Colombia la industria cafetera tiene gran influencia en la estabilidad económica y social del país, por lo que se entiende que también sea de mayor interés en temas ambientales y además, en los últimos años algunos de los principales departamentos cafeteros han presentado transformaciones importantes por los retos que enfrentan no solo por los cambios en el mercado, sino también por situaciones como el cambio climático (Ocampo-López y Álvarez-Herrera 2017). Es así como la certificación de la producción agrícola surge como una estrategia de mercados verdes donde hay un grupo de compradores dispuestos a pagar un sobreprecio por alimentos producidos bajo prácticas de uso de la tierra que protegen la naturaleza al mismo tiempo que impulsan los

medios de vida rurales, como es el caso de la certificación Rainforest Alliance (Guhl 2009; Rainforest Alliance 2021).

En el caso del agroecosistema ganadero, en Colombia hay reportadas alrededor de 34 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería, equivalentes al 30% del suelo disponible para sistemas productivos en el país (Contreras-Santos et al. 2020). Este continuo uso de las áreas para la explotación ganadera ha ocasionado que aproximadamente el 77% de los suelos en zonas ganaderas presenten algún grado de degradación, la cual ha sido calificada de moderada a severa (Contreras-Santos et al.,2020). Por esta razón, durante la última década, los sistemas silvopastoriles se han promovido activamente en Colombia como un medio para mejorar la diversidad biológica y los servicios ambientales en paisajes dominados por el ganado (Rivera et al. 2013). Esto podría explicar el número de publicaciones concentrado en este agroecosistema, por la gran extensión que ocupa y su emergente alternativa sostenible que genera un espacio más amigable para el establecimiento de la biodiversidad.

En contraste, para agroecosistemas como el bananero y papero, se encontraron escasas publicaciones, lo que podría asociarse a una falta de interés por parte de las entidades privadas y gubernamentales en estos agroecosistemas o sencillamente a una poca biodiversidad asociada. No obstante, en estos dos agroecosistemas se han dado diferentes conflictos u obstáculos alrededor de la implementación de estrategias sostenibles para el manejo de los cultivos.

El agroecosistema papero es un ejemplo de los conflictos que pueden darse entre la conservación y la necesidad de subsistencia de poblaciones humanas. Este es el caso de los cultivos de papa que se dan dentro de una reserva natural de Colombia, el Parque Nacional Natural Los Nevados, en el cual los pobladores que habitan allí desarrollan actividades de cultivo de papa como estrategia de supervivencia y herencia cultural paramuna, sin embargo, su ubicación dentro de un área protegida ha generado contradicciones entre la conservación del ecosistema y el mejoramiento de la calidad de vida de la población (Avellaneda-Torres et al. 2014). Según Avellaneda-Torres et al. (2014), en el sitio se puede observar condiciones de abandono por parte del Estado, incluso los habitantes han expresado que se han aplicado una política para disminuir al máximo los servicios básicos de la población y así presionar el abandono del territorio. A esta situación se le añade que, según el Censo Nacional de Papa realizado en el departamento de Cundinamarca (DANE 2005 citado en (Avellaneda-Torres et al. 2014), el 84% de las unidades productoras de papa no tiene asistencia técnica y el 6% de esa asistencia es prestada por la casa comercial que vende los insumos. Por esto, aunque los habitantes estén interesados en explorar formas alternativas para desarrollar los cultivos, como el uso de abonos orgánicos y el control natural de plagas, no reciben capacitación por parte de personas externas a la vereda y la comunicación entre las autoridades ambientales y los campesinos es baja (Avellaneda-Torres et al. 2014).

De la misma manera, en el agroecosistema bananero el principal conflicto se da con el manejo de malezas, ya que el uso intensivo y continuo de agroquímicos ha generado la contaminación de fuentes hídricas, sedimentos y ecosistemas marinos, afectando así la biodiversidad y la salud humana (Quintero-Pertúz y Carbonó-Delahoz 2015). A pesar de esto, un nuevo enfoque que conciba a las malezas como integrantes del agroecosistema requiere de conocer su biología, ecología, ecofisiología, entre otros aspectos. Sin embargo, hasta el momento se desconocen programas básicos de investigación en malherbología y la escasa investigación al respecto la realizan algunas casas comerciales de agroquímicos y se reduce a evaluar dosis, mezclas de productos o el uso de nuevas moléculas (Quintero-Pertúz y Carbonó-Delahoz 2015). Por lo tanto, no ha sido evaluado el potencial de las malezas como proveedoras de servicios ecosistémicos, como la prevención de la erosión, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la proporción de refugio y alimento para la biodiversidad, principalmente enemigos naturales de las plagas del plátano y el banano, la cual tampoco ha sido estudiada (Quintero-Pertúz y Carbonó-Delahoz, 2015).

Por último, los agroecosistemas son ecosistemas transformados que aún proveen posibilidades para la conservación de la biodiversidad y mantenimiento de la provisión de servicios ecosistémicos. Sin embargo, esto no depende sólo del agroecosistema y de las prácticas agropecuarias que tienen lugar dentro de este, depende también del estado de la matriz del paisaje en la que el agroecosistema se encuentra inmerso, es decir, de la calidad y cantidad de los parches de bosque y de la conectividad entre estos parches y el agroecosistema.

## **Conclusiones**

Es importante continuar estudiando la situación de los agroecosistemas. Esto debido a que, en general, son pocos los estudios encontrados en esta revisión y, los agroecosistemas estudiados, cuentan con información reducida, sumado a esto varios departamentos no cuentan con información de los agroecosistemas presentes.

No obstante, con los resultados obtenidos en esta revisión, es posible concluir que los agroecosistemas más diversos en su estructura, rodeados de vegetación natural y que hacen uso de prácticas más amigables ambientalmente, pueden albergar más biodiversidad y proveer un mayor número de servicios ecosistémicos. Este es el caso, por ejemplo, de las plantaciones de café con sombrío, caña orgánica, sistemas silvopastoriles y mosaicos, que, al combinar más de un cultivo, incluir especies arbóreas dentro del cultivo y disminuir o erradicar el uso de fertilizantes, herbicidas y pesticidas, permiten crear un espacio menos hostil dentro de los agroecosistemas y con mayor disponibilidad de recursos para la biodiversidad, que a su vez mantienen la provisión de servicios ecosistémicos.

Además, es de gran importancia continuar avanzando en el estudio de los agroecosistemas ya que estos están reemplazando los ecosistemas naturales rápidamente y, además, son sistemas



productivos que también proveen posibilidades de conservación, ya que hay una considerable agrobiodiversidad habitándolos y una amplia provisión de servicios ecosistémicos que benefician tanto al administrador del agroecosistema como a los ecosistemas circundantes. En este sentido, la agrobiodiversidad y los servicios ecosistémicos podrían mantenerse o mejorarse principalmente con el fortalecimiento de la gestión del conocimiento de los agroecosistemas y de la matriz de paisaje en la que están inmersos, y con la posterior aplicación y adecuación de planes de manejo, conservación, esquemas de Pagos por Servicios Ambientales, entre otros. Esto permitiría evitar la pérdida de biodiversidad y el deterioro o pérdida de la provisión de servicios ecosistémicos.

### **Contribución de los autores**

N.M Ángel Bustamante: Conceptualización, Metodología, Recursos, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición. C.A Delgado Vélez: Conceptualización, Redacción – revisión y edición, Supervisión.

### **Agradecimientos**

Agradezco principalmente a mi asesor Carlos Delgado, quien me acompañó en cada paso en toda la planeación y ejecución del trabajo de grado, y a la beca Ser Pilo Paga, que me permitió estudiar en la Universidad CES y desarrollar esta monografía como requisito de grado para optar al título de ecóloga. De la misma manera, agradezco a Mary Arango, María Jimena Galvis, María Antonia Jaramillo y Laura Palacio por su apoyo (moral e intelectual) durante la construcción del borrador original y su posterior ayuda en la revisión y edición. Agradezco a la Universidad CES, especialmente a la oficina de Bienestar Universitario y a la Facultad de Ciencias y Biotecnología, por hacer posible la ejecución y finalización de este trabajo: a Bienestar por el préstamo del equipo con el que pude llevarlo a cabo y a la Facultad, directivos y profesores por estos años de aprendizajes que me permitieron realizarlo con la cabeza y con el corazón. Y, por último, pero no menos importante, agradezco a mi familia y amigos por su amor y apoyo incondicional durante todo el proceso.

### **Referencias bibliográficas**

- Avellaneda-Torres, L.M., Rojas, E.T., Sicard, T.E.L. 2014. Agricultura y vida en el páramo: una mirada desde la vereda El Bosque (Parque Nacional Natural de Los Nevados). *Cuadernos de Desarrollo Rural* 11: 105-128.
- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner, T., Hall, J. et al. 2012. Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosystem Services* 2: 56-70.
- Baptiste, B.L.G., Rinaudo, M.E. 2019. Soluciones basadas en la naturaleza - Biodiversidad 2019. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*.

- BirdLife International. 2019. IUCN Red List of Threatened Species: *Setophaga cerulea*. *IUCN Red List of Threatened Species*.
- Bravo-Monroy, L., Tzanopoulos, J., Potts, S.G. 2015. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 211: 145-154.
- Cely-Gómez, M.A., Castillo-Figueroa, D. 2019. Diet of dominant frugivorous bat species in an oil palm landscape from Colombian Llanos: implications for forest conservation and recovery. *THERYA* 10: 149.
- Contreras-Santos, J.L., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J., Falla-Guzmán, C.K., Contreras-Santos, J.L., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J., Falla-Guzmán, C.K. 2020. Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe colombiano. *Agronomía Costarricense* 44: 29-41.
- Dale, V.H., Polasky, S. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics* 64: 286-296.
- Díaz-Bohorquez, A.M., Bayly, N.J., Botero, J.E., Gómez, C. 2014. Aves migratorias en agroecosistemas del norte de Latinoamérica, con énfasis en Colombia. *Ornitología Colombiana* 14: 3-27.
- Evers, C.R., Wardropper, C.B., Branoff, B., Granek, E.F., Hirsch, S.L., Link, T.E., Olivero-Lora, S., Wilson, C. 2018. The ecosystem services and biodiversity of novel ecosystems: A literature review. *Global Ecology and Conservation* 13: e00362.
- Fedepalma. 2021. La palma de aceite en Colombia | Fedepalma.
- Forero, S.P., Santos, L.N.S., Andradre-C, H.J., Madrigal, M.A.S. 2018. Captura de carbono en biomasa en plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Armero-Guayabal, Tolima, Colombia. *RIAA* 9: 12.
- Guhl, A. 2009. Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de Estudios Sociales* 114-125.
- Guzmán, A., Link, A., Castillo, J.A., Botero, J.E. 2016. Agroecosystems and primate conservation: Shade coffee as potential habitat for the conservation of Andean night monkeys in the northern Andes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 215: 57-67.
- Hernández-Núñez, H.-E., Andrade, H.-J., Suárez-Salazar, J.-C., Sánchez-A., J.-R., Gutiérrez-S., D.-R., Gutiérrez-García, G.-A., Trujillo-Trujillo, E. et al. 2021. Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical* 69: 352-368.

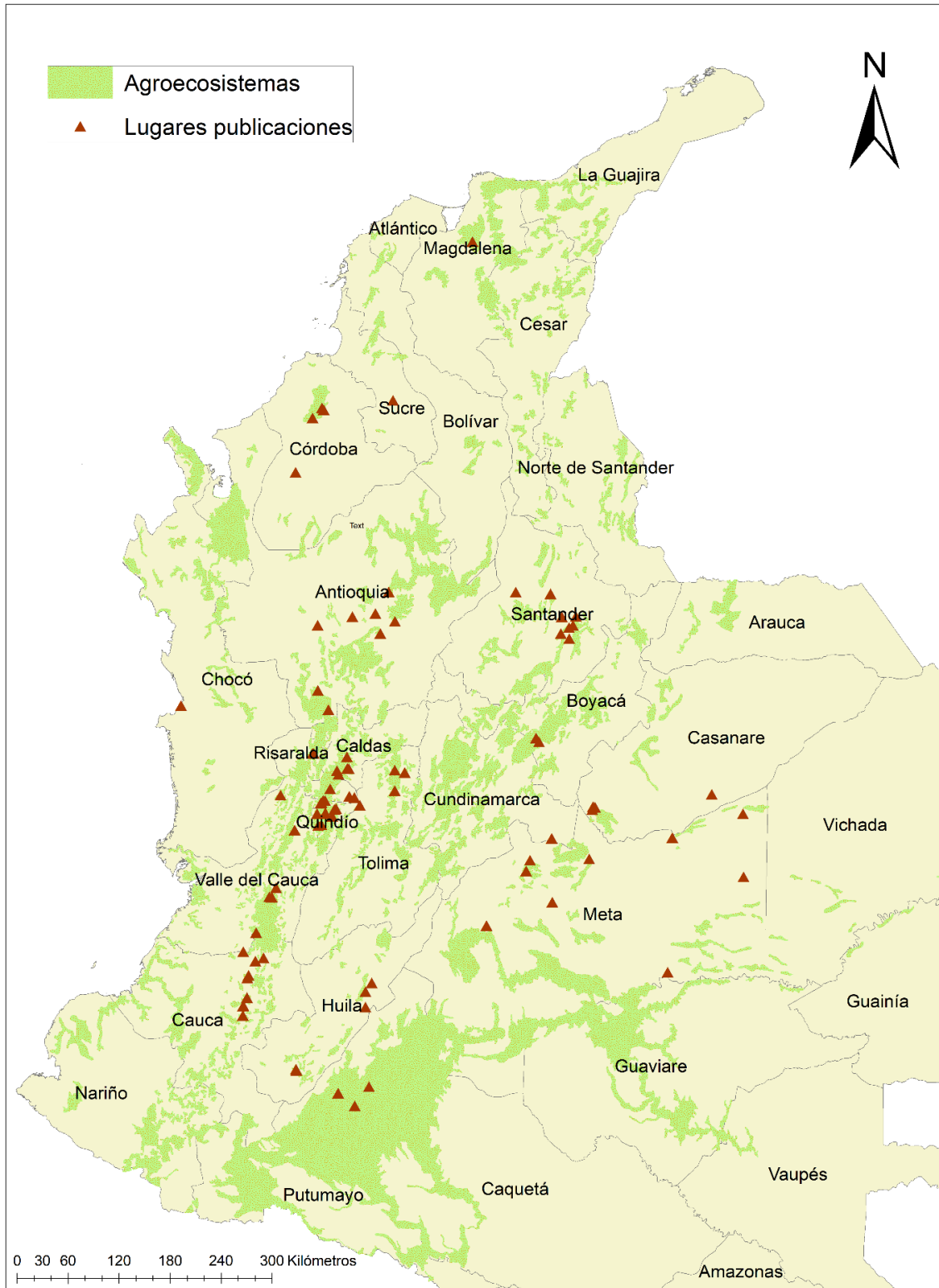
- IDEAM. 2017. Mapa de Ecosistemas Continentales, Marinos y Costeros de Colombia.
- León-Burgos, A.F., Murillo-Pacheco, J.I., Bautista-Zamora, D., Cánovas, J.Q. 2019. Insectos benéficos asociados a plantas arvenses atrayentes en agroecosistemas del Piedemonte de la Orinoquia Colombiana. *Cuadernos de Biodiversidad* 1-14.
- Meneses, O.E., Armbrecht, I. 2018. Índice de intensificación agrícola y conservación vegetal en bosques y cafetales colombianos con diferentes estrategias de manejo. *Caldasía* 40: 161-176.
- Montenegro, S., Osorio, J. eds. . 2019. *Servicios ecosistémicos: un enfoque introductorio con experiencias del occidente colombiano*. 1.ª ed. Sello Editorial Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD/2018.
- Nieto Rodríguez, G.P. 2017. Agrobiodiversidad y servicios ecosistémicos: una revisión de los componentes y prácticas de manejo.
- Ocampo-López, O.L., Álvarez-Herrera, L.M. 2017. Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. *Apuntes del Cenes* 36: 139-165.
- Olarte González, G., Escovar Fadul, T. 2014. Presencia de león montuno (*Puma concolor*) y las prácticas de conservación de su hábitat en un cultivo de palma de aceite sostenible en Mapiripán, Meta. *Revista Palmas* 35: 31-37.
- Orozco, G.V., Espinosa, C.M.O., Salazar, J.C.S., Pantoja, C.F.L. 2014. Almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 5: 213-221.
- Pardo-Vargas, L.E., Payán-Garrido, E. 2015. Mamíferos de un agropaisaje de palma de aceite en las sabanas inundables de Orocué, Casanare, Colombia. *Biota Colombiana* 16: .
- Ponce, N.L.C., Martínez, M.E.P. 2014. Tubérculos andinos y conocimiento agrícola local en comunidades rurales de Ecuador y Colombia. *Cuadernos de Desarrollo Rural* 11: 149-166.
- Prager, M., Restrepo, J., Malagón, R., Zamorano A. 2002. *Agroecología. Una disciplina para el estudio y desarrollo de sistemas sostenibles de producción agropecuaria*. 1.ª ed. Universidad Nacional de Colombia.
- Quintero-Pertúz, I., Carbonó-Delahoz, E. 2015. Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento de Magdalena, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 9: 329-340.
- Rainforest Alliance. 2021. Nuestro Enfoque. *Rainforest Alliance*. Disponible en: <https://www.rainforest-alliance.org/es/nuestro-enfoque/> [Accedido 24 de octubre de 2021].

- Ramírez, M., Chará, J., Pardo-Locarno, L.C., Montoya-Lerma, J., Armbrrecht, I., Molina, C.H., Molina, E.J. 2012. Biodiversidad de hormigas hipógeas (Hymenoptera: Formicidae) en agroecosistemas del Cerrito, Valle del Cauca. *Livestock Research for Rural Development* 24: .
- Rincón Ruíz, A., Echeverry Duque, M.A., Piñeros Quiceno, A.M., Tapia Caicedo, C., David Drews, A., Arias Arévalo, P., Zuluaga Guerra, P.A. 2014. *Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Rivera, L.F., Armbrrecht, I., Calle, Z. 2013. Silvopastoral systems and ant diversity conservation in a cattle-dominated landscape of the Colombian Andes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 181: 188-194.
- Rivera-Pedroza, L.F., Escobar, F., Philpott, S.M., Armbrrecht, I. 2019. The role of natural vegetation strips in sugarcane monocultures: Ant and bird functional diversity responses. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 284: 106603.
- Sanabria, C., Dubs, F., Lavelle, P., Fonte, S.J., Barot, S. 2016. Influence of regions, land uses and soil properties on termite and ant communities in agricultural landscapes of the Colombian Llanos. *European Journal of Soil Biology* 74: 81-92.
- Sanabria, C., Lavelle, P., Fonte, S.J. 2014. Ants as indicators of soil-based ecosystem services in agroecosystems of the Colombian Llanos. *Applied Soil Ecology* 84: 24-30.
- Sánchez, G.P.Z., Villegas, L.A.R. 2015. Uso, manejo y conservación de la agrobiodiversidad por comunidades campesinas afrocolombianas en el municipio de Nuquí, Colombia. *Etnobiología* 13: 5-18.
- Semana Sostenible. 2017. Pago por Servicios Ambientales: una alternativa para la conservación. *Revista Semana*.
- Sinisterra Rodríguez, R.M., Gallego Roperó, M.C., Armbrrecht, I. 2016. Hormigas asociadas a nectarios extraflorales de árboles de dos especies de *Inga* en cafetales de Cauca, Colombia. *Acta Agronómica* 65: 9-15.
- Swift, M.J., Izac, A.-M.N., Noordwijk, M. van. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes—are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 104: 113-134.
- Tamaris-Turizo, D.P., López-Arévalo, H.F., Romero Rodríguez, N. 2017. Efecto de la estructura del cultivo de palma de aceite *Elaeis guineensis* (Arecaceae) sobre la diversidad de aves en un paisaje de la Orinoquía colombiana. *Revista de Biología Tropical* 65: 1569-1581.

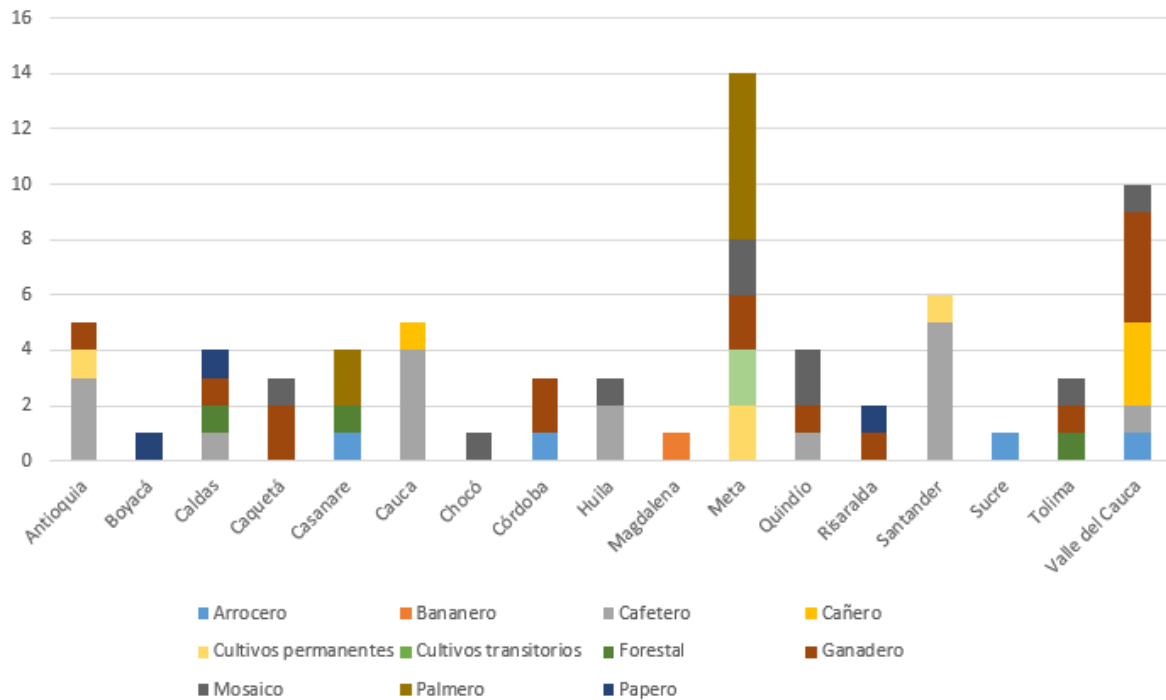
Turbay, S., Nates, B., Jaramillo, F., Julián Vélez, J., Lucía Ocampo, O. 2014. Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* 2014: 95-112.

Villaseca, C.J., Baptiste, L.G., López-Avila, A. 2009. Incidencia de los márgenes sobre el control biológico natural de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de arroz | Ciencia & Tecnología Agropecuaria. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria* 9: 45-54.

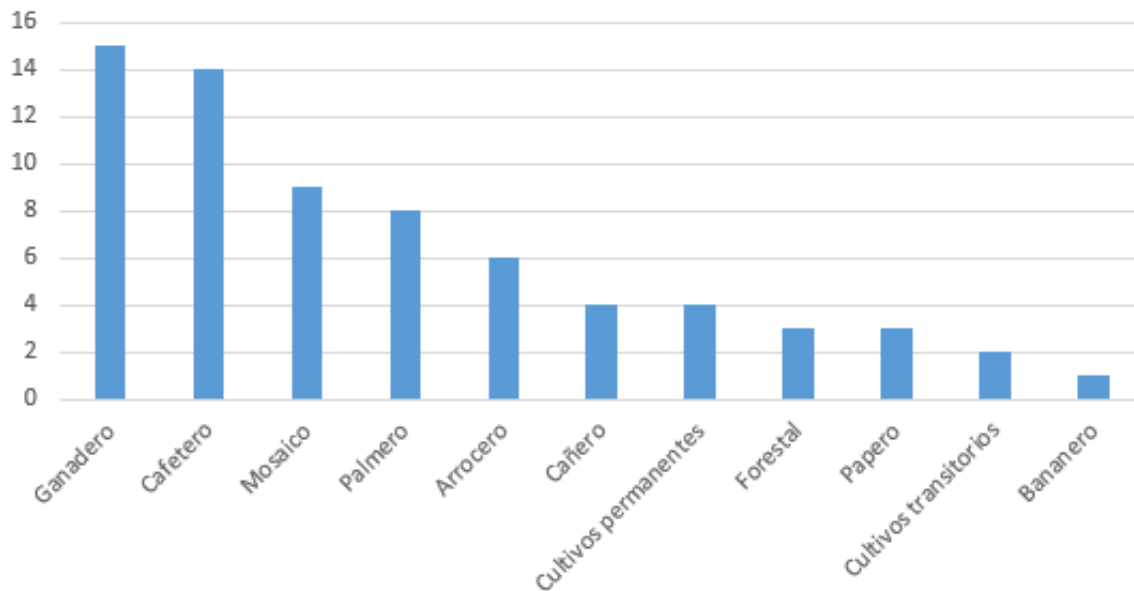
## Figuras y tablas



**Figura 1.** Distribución geográfica de las publicaciones revisadas de agroecosistemas (triángulos) y la cobertura total de agroecosistemas en Colombia, tomada de la cartografía del IDEAM (2017).



**Figura 2.** Número de menciones a los diferentes agroecosistemas por departamento encontradas en la revisión de literatura. Si bien, el número de publicaciones encontrada fue 51, el número de menciones excedió este número (n=70), ya que una misma publicación podía contener información de un mismo agroecosistema en diferentes departamentos o de diferentes agroecosistemas en el mismo departamento.



**Figura 3.** Número de menciones en las publicaciones por agroecosistema. Si bien, el número de publicaciones encontrada fue 51, el número de menciones excedió este número (n=70), ya que una misma publicación podía contener información de más de un agroecosistema.

**Tabla 1.** Listado de servicios ecosistémicos provistos por los diferentes agroecosistemas colombianos y su agrobiodiversidad planeada, que se convierten en beneficios directos o indirectos para el agricultor o para ecosistemas circundantes. Ver Anexo 1 para la citación completa de las referencias. SE = servicio ecosistémico.

Agroecosistema	Servicio ecosistémico	Subservicio
<b>Cafetero</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de aves (incluidas migratorias), primates, mariposas, flora nativa, escarabajos coprófagos y hormigas.
	Regulación	Regulación climática (incluido secuestro de carbono) Prevención o moderación de disturbios Mantenimiento de la fertilidad del suelo
	Cultural	Recreación y turismo Conocimiento ecológico tradicional (herencia cultural)
<b>Ganadero</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de aves (incluidas migratorias), hormigas y termitas.
	Regulación	Regulación climática (incluido secuestro de carbono) Prevención de la erosión
<b>Mosaico</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de aves (incluidas migratorias), hormigas, flora nativa e insectos.
	Regulación	Regulación climática (incluido secuestro de carbono) Mantenimiento de la fertilidad del suelo
	Cultural	Conocimiento ecológico tradicional
<b>Palmero</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de hormigas, termitas, murciélagos, aves (principalmente generalistas), mamíferos (medianos y grandes) e insectos.
<b>Arrocero</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de aves (incluidas migratorias y acuáticas) y abejas.
<b>Cañero</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de hormigas y aves.
<b>Cultivos permanentes</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de hormigas, termitas, aves y mamíferos no voladores.
<b>Forestal</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de flora nativa y aves (frugívoras y nectarívoras).
	Regulación	Regulación climática (incluido secuestro de carbono)
<b>Papero</b>	Cultural	Conocimiento ecológico tradicional Información estética (belleza, tranquilidad)
<b>Cultivos transitorios</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de hormigas y termitas.
<b>Banadero (SE potencial)</b>	Soporte	Mantenimiento de la diversidad de insectos (enemigos naturales de las plagas del banano)
	Regulación	Prevención de la erosión



**Tabla 2.** Listado de servicios ecosistémicos recibidos por los agroecosistemas, ya sea de otros agroecosistemas o ecosistemas naturales, que benefician directamente al agricultor y a la productividad del agroecosistema. Ver Anexo 1 para la citación completa de las referencias.

Agroecosistema	Servicio ecosistémico	Subservicio
<b>Cafetero</b>	Regulación	Polinización por abejas Control biológico por hormigas
<b>Ganadero</b>	Regulación	Mantenimiento de la fertilidad del suelo por hormigas y termitas Purificación del agua por hormigas
<b>Mosaico</b>	Regulación	Control biológico por insectos (asociados a plantas arvenses)
<b>Palmero</b>	Regulación	Mantenimiento de la fertilidad del suelo por hormigas y termitas
<b>Arrocero</b>	Regulación	Control biológico por insectos (asociados a palma de aceite y bosques riparios) Control biológico por arañas ( <i>Alpaida veniliae</i> ) Control biológico por aves migratorias ( <i>Calidris minutilla</i> )
<b>Cañero</b>	Regulación	Mantenimiento de la fertilidad del suelo por hormigas
<b>Cultivos permanentes</b>	Regulación	Mantenimiento de la fertilidad del suelo por hormigas y termitas
<b>Papero</b>	Regulación	Actividad biológica (bacterias y hongos)
<b>Cultivos transitorios</b>	Regulación	Mantenimiento de la fertilidad del suelo por hormigas y termitas Purificación del agua por hormigas