

Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Referentes para Colombia

Módulo **1**



Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Referentes para Colombia



Con el apoyo de:

The Nature
Conservancy 

Fundación 
Santo Domingo

Autores

Julián Ávila

Consultor WCS

Lucas Buitrago

Especialista instrumentos para la
sostenibilidad WCS

ISBN: 978-958-5461-94-9

Diciembre 2020

Equipo WCS Colombia

Catalina Gutiérrez

Directora

Germán Forero

Director Científico

Silvia Alvarez

Coordinadora Paisajes Sostenibles

Leonor Valenzuela

Coordinadora Análisis y Síntesis

Pato Salcedo

Coordinador Comunicaciones

Johanna Gutiérrez

Especialista Gestión de Proyectos

Equipo TNC Colombia

María Isabel Vieira

Especialista compensaciones

Diego Lizcano

Especialista en biodiversidad

Andrés Felipe Zuluaga

Director de Conservación

Puntoaparte
Editores

www.puntoaparte.com.co

Diseño y diagramación

Valeria Cobo

Contenido



1	Conceptos básicos
4	
2	Introducción
5	
3	Aproximación conceptual ¿qué define a un sistema productivo sostenible?
7	Definición de sostenibilidad
8	Dimensiones de la sostenibilidad
8	Sostenibilidad desde la perspectiva de los sistemas productivos agropecuarios
9	¿Qué hace que un sistema productivo se considere ambientalmente sostenible?
10	Principios ecológicos de la sostenibilidad
10	Contribuciones de los sistemas productivos a la dimensión ambiental

4	Métodos
12	Revisión bibliográfica
13	Clasificación de los resultados
5	Resultados
16	Hallazgos generales
17	Sistemas productivos analizados
6	Discusión
20	Complejidad de la implementación de los sistemas productivos sostenibles en el marco de las compensaciones ambientales
21	Planeación Regional estratégica
22	Programas de monitoreo, evaluación y certificación
7	Referencias
23	

Conceptos básicos

- **Atributos de la biodiversidad:** Sirven para tener una medida cuantificable de la biodiversidad, algunos de los más conocidos son riqueza, abundancia, composición, estructura, diversidad funcional, dominancia, equidad entre otros.
- **Biodiversidad:** Conjunto de seres vivos sobre la tierra y los patrones naturales que conforman, resultado de miles de millones de años de evolución por procesos naturales y de la influencia creciente de las actividades del ser humano. Incluye la diversidad de especies y subespecies, la diversidad genética, la diversidad de ecosistemas, entre otros.
- **Bioindicador:** Los indicadores biológicos son atributos sensibles de los sistemas biológicos que se emplean para descifrar o comparar fenómenos en los ecosistemas. Inicialmente, se utilizaron especies o asociaciones de éstas como indicadores y, posteriormente, comenzaron a emplearse también atributos correspondientes a otros niveles de organización del ecosistema, como poblaciones, comunidades, etc.
- **Compensación por pérdida de biodiversidad:** Resultados medibles de las acciones destinadas a compensar los impactos adversos sobre la biodiversidad, que surgen tras el desarrollo de un proyecto que previamente tomó las medidas de prevención, mitigación y corrección apropiadas.
- **Composición:** Incluye los componentes físicos de los sistemas biológicos en sus distintos niveles de organización: genes, poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas y paisajes. Este es el atributo más reconocido de la biodiversidad y ha motivado la creación de bancos de germoplasma, inventario de especies y la identificación de comunidades y ecosistemas en estado precario de conservación.
- **Equivalencia ecológica:** Son áreas de ecosistemas que mantienen especies, poblaciones y procesos ecológicos equiparables a los presentes en los ecosistemas naturales o vegetación secundaria impactada tras el desarrollo de un proyecto y, que tienen una viabilidad ecológica similar por área, condición y contexto paisajístico.
- **Especies:** Miden directamente las poblaciones o idoneidad del hábitat para especies particulares.
- **Estado vegetal:** La vegetación es uno de los indicadores más visibles de la calidad del hábitat. Algunos de los atributos utilizados en esta categoría son: porcentaje de cobertura vegetal, composición de especies vegetales, clases de edad de diferentes estratos vegetales, entre otros.
- **Estructura:** Considera la disposición u ordenamiento físico de los componentes en cada nivel de organización. Tiene en cuenta, la estructura genética, la estructura poblacional, fisionomía estructura del hábitat y patrones del paisaje.
- **Funciones ecológicas:** Se refiere a la evaluación de procesos ecológicos. Si estos han sido alterados, es más probable que la condición y diversidad del hábitat cambie o decline en el tiempo. Algunos ejemplos son: variables hidrológicas, regímenes de perturbación natural, circulación de nutrientes, etc.
- **Homogenización:** Es el proceso por el cual dos o más comunidades ecológicas distribuidas espacialmente se vuelven cada vez más similares a lo largo del tiempo. Este proceso puede ser genético, taxonómico o funcional, y conduce a una pérdida de diversidad.
- **Paisaje:** Serie de ecosistemas que interactúan bajo un mismo clima, geomorfología y régimen de disturbios, se compone de un mosaico que contiene a la matriz y los parches, siendo la matriz el elemento con mayor representación y los parches los distintos tipos de sistemas ya sean naturales o productivos.
- **Servicios Ecosistémicos:** Son recursos o procesos de los ecosistemas (agroecosistemas, ecosistemas forestales, ecosistemas de pastizales y ecosistemas acuáticos) que, si funcionan de manera saludable, ofrecen bienes y servicios como la polinización natural de los cultivos, el aire limpio, la mitigación del clima extremo, el bienestar físico y mental humano. Incluye productos como agua potable limpia y procesos tales como la descomposición de desechos.



Introducción

5 Cuando un ecosistema se encuentra bajo una constante intervención humana que lo transforma a nivel estructural, funcional y altera su composición, con el fin de desarrollar actividades agropecuarias, la identidad inicial de este sistema cambia. Deja de ser un ecosistema natural para convertirse en un agroecosistema por medio de este proceso de artificialización (Castillo, 2009).

La diversidad del ecosistema natural responderá de distintas maneras a las transformaciones realizadas en ese paisaje, con respuestas tan variadas como elementos se encuentren allí. Por ejemplo, las especies más plásticas podrán sacar provecho de los agroecosistemas, mientras que las especialistas que requieren del sistema natural para desarrollarse se verán desplazadas en primera instancia (Luna Bello, 2005). Por otro lado, el establecimiento y evolución de los sistemas productivos puede

tener influencia sobre la provisión de los servicios ecosistémicos y los recursos naturales asociados, así como su interacción con la biodiversidad local y la retroalimentación con el propio sistema productivo (Castillo, 2009). El concepto de la sostenibilidad nace de la comprensión de la necesidad de suplir nuestras necesidades presentes y futuras, a través de las interacciones naturales en estos ecosistemas, y del hecho de que no podríamos hacerlo si degradamos por completo esos ecosistemas.

En Colombia el uso sostenible empieza a ganar relevancia por la clara relación de la conservación de nuestra riqueza natural con la reducción de tensionantes provenientes de sistemas productivos, muchas veces asociados a comunidades en condiciones de vulnerabilidad. Así, se promueven estrategias para viabilizar mecanismos de conservación que involucren a las comunidades humanas que habi-

tan en áreas importantes para la conservación de ecosistemas naturales y de la biodiversidad.

Por ejemplo, en la *Política de pago por servicios ambientales* (Decreto 870 de 2017 y el Decreto 1007 de 2018 del MADS), se establece que una de las acciones susceptible de reconocerse mediante el pago de un incentivo, son las de restauración donde “...se incluyen las actividades productivas que permitan la generación de servicios ambientales a partir del uso sostenible del suelo, respetando el régimen de uso y manejo del área o ecosistema estratégico del cual se trate”. Por otro lado, en el Manual de Compensaciones del Componente Biótico (MADS, 2018) se establece el uso sostenible como una acción de compensación complementaria a la preservación y restauración, que deben realizarse como parte de un proceso que apunta a los objetivos del plan de compensación y busca que



sirvan como estrategia de conservación permanente.

La hipótesis detrás de la inclusión de estos sistemas productivos sostenibles en esas políticas es que resultan deseables por los aportes potenciales que tendrían para mantener o mejorar las condiciones de la biodiversidad o de los servicios ecosistémicos, en comparación a sistemas productivos tradicionales. Sin embargo, las dimensiones y el tipo de estos aportes no son claras en la mayoría de los casos y puede ser difícil sustentar su viabilidad como complemento efectivo de los mecanismos de conservación o su aporte a la mejora de la biodiversidad en el contexto de las compensaciones ambientales.

En este documento se compilan evidencias, indicando cuáles y de qué tamaño son esos aportes del uso sostenible en los distintos tipos de sistemas productivos agropecuarios de importancia para Colombia, en comparación con sistemas tradicionales y los ecosistemas naturales. Los resultados presentados aquí pueden ser útiles para decidir si una propuesta de implementación de sistemas productivos sostenible es útil como estrategia de conservación en un ecosistema particular o en qué casos puede resultar costo-efectivo impulsar estas estrategias como complemento a la compensación.

3

Aproximación conceptual ¿qué define a un sistema productivo sostenible?

Definición de sostenibilidad

7

Dimensiones de la sostenibilidad

8

Sostenibilidad desde la perspectiva de los
sistemas productivos agropecuarios

8

¿Qué hace que un sistema productivo se
considere ambientalmente sostenible?

9

Principios ecológicos de la sostenibilidad

10

Contribuciones de los sistemas productivos
a la dimensión ambiental

10

En Colombia, el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente indica que los proyectos de uso sostenible “son proyectos que incluyen actividades productivas, que a partir de la oferta natural del territorio generan bienes y servicios mercadeables y contribuyen a la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas y los agro-ecosistemas, a la generación de bienestar social y al fortalecimiento y diversificación de la economía regional y local de forma sostenible” (MADS, 2015). El desarrollo de esta investigación obligó a revisar otras aproximaciones, definiciones y debates en torno a esta temática, que se discutirán en esta sección.

7



Definición de sostenibilidad

El concepto de sostenibilidad expresa la mutua interdependencia entre los sistemas naturales y el desarrollo humano. Se refiere a un proceso constante de cambio, donde la explotación de los recursos naturales, la dirección de la inversión, el progreso científico y tecnológico permiten compatibilizar la satisfacción de las necesidades de las sociedades actuales y futuras (Bifani, 1994).

La sostenibilidad se basa en principios éticos como el respeto y la armonía con la naturaleza; valores políticos, como la democracia participativa y la equidad social; y normas morales, como la racionalidad ambiental. La sostenibilidad es equitativa, descentralizada y autogestionada; capaz de satisfacer las necesidades básicas de la población, respetando la diversidad cultural y mejorando su calidad de vida (Garren & Brinkmann, 2018; Leff, 2002).

Dimensiones de la sostenibilidad

La sostenibilidad es un fenómeno complejo que se manifiesta a través de varias dimensiones, superpuestas en su ejecución (Andrew Scott, 2003):

- **Dimensión social:** se refiere al acceso equitativo a los bienes ambientales, tanto en para nuestra generación como para las generaciones futuras, entre géneros y entre culturas. Permite apreciar la relevancia de la distribución equitativa de los bienes ambientales en un mundo desigual.
- **Dimensión económica:** exige redefinir la actividad económica de acuerdo con necesidades materiales e inmateriales, entendidas no solo como escasez sino también como potencialidades. Las nuevas actividades económicas deben basarse en unidades productivas locales y diversificadas, adaptadas a las características de los ecosistemas para utilizarlos de manera sostenible.
- **Dimensión política:** desde una perspectiva territorial se refiere a la participación directa de los individuos en la toma de decisiones, en la definición de su futuro colectivo y en la gestión de bienes ambientales a través de estructuras gubernamentales descentralizadas y democráticas.
- **Dimensión ambiental:** implica preservar y potenciar la diversidad y la complejidad de los ecosistemas, su productividad y sus ciclos naturales; incluyendo propuestas innovadoras tales como la provisión de servicios ambientales, la recuperación de áreas degradadas, protección de cuencas, el establecimiento de corredores ecológicos, mantenimiento de la cobertura vegetal, áreas de reserva y preservación. En este documento nos enfocaremos en esta dimensión para considerar el aporte de los sistemas productivos sostenibles en el contexto de las compensaciones por pérdida de biodiversidad.

Sostenibilidad desde la perspectiva de los sistemas productivos agropecuarios



Lo que consideramos producción agropecuaria convencional en esta investigación se basa en la artificialización de las zonas donde se desarrolla, alterando las estructuras y funciones ecosistémicas. Uno de los aspectos más importantes de la artificialización es la especialización productiva, es decir, una reducción en el uso de la diversidad natural para concentrarse y expandir un tipo de uso de suelo particular con algunas pocas variedades, llevando con frecuencia al desarrollo de monocultivos (Castillo, 2009). La especialización y homogeneización de cultivos tienden a eliminar especies, alterando así la estructura de los suelos, modificando el flujo de nutrientes, energía y ciclos biogeoquímicos.

Por otro lado, las prácticas de recolección indiscriminada y selectiva también tienden a reducir la diversidad de un ecosistema, lo que finalmente resultará en la destrucción de su funcionamiento y me-

canismos de auto-organización. La pérdida de diversidad no solo tiene efectos en la estructura y función del ecosistema, sino que también aumenta los riesgos: cuanto más homogéneo es un sistema, mayor es su vulnerabilidad a las plagas, enfermedades y al cambio climático.

En el contexto de la producción agropecuaria se utiliza el término sostenibilidad asociado a la necesidad de minimizar la degradación de las tierras agrícolas, sin reducir la productividad. Implica considerar la extensa gama de actividades agrícolas, como el manejo del suelo, el agua, una transformación en el manejo de cultivos, la conservación de la biodiversidad y su interacción mutua, sin perder de vista el objetivo de proporcionar alimentos y materias primas. La sostenibilidad del sistema de producción agrícola tropical se refiere a la capacidad de ser resiliente sin alterar progresivamente su calidad ni su capacidad productiva (Bifani, 1999).

¿Qué hace que un sistema productivo se considere ambientalmente sostenible?

9

Las dimensiones de la sostenibilidad, aunque teóricamente son divisibles, no son independientes en la práctica. Pretender el ejercicio de la sostenibilidad ambiental sin sostenibilidad económica o sociopolítica es un objetivo imposible de alcanzar. Los sistemas productivos deben encontrar la manera de entretrejer todas las dimensiones para favorecer no solo a la biodiversidad y los ecosistemas naturales, sino a sus comunidades (Bifani, 1999).

La sostenibilidad es un concepto multidimensional que depende del contexto particular en el cual se desarrolla una

iniciativa productiva. No posee un límite específico que permita definir a partir de dónde y con qué cualidades particulares se considera o no que un sistema o una estrategia es sostenible. Eso implica que el concepto no se concreta en categorías binarias (si o no es sostenible) sino que se puede considerar como un continuo, en el cual los actores desarrollan acciones que mejoran (o no) sus relaciones con el medio ambiente. Esto, a través de la implementación de mejoras a sus procesos de producción en búsqueda del menor impacto posible y de la compensación de sus pérdidas.



Principios ecológicos de la sostenibilidad:

- **Diversidad:** biológica, genética, es-cénica, productiva. Esto afirma una característica inherente a la apropiación tradicional del agroecosistema y entra en conflicto con la tendencia de homogeneización.
- **Autosuficiencia:** energética, tecnológica, económica. Esto supone una dependencia mínima del sistema productivos de los insumos externos y una reducción de tensionantes sobre los recursos naturales.
- **Racionalidad e integración:** la aplicación de múltiples usos de un agroecosistema permite y promueve la diversidad biológica, ecológica y genética, así como el equilibrio de los flujos de materia y energía en el agroecosistema. Esto se logra a través de una distribución equitativa de las áreas dedicadas a la agricultura, ganadería, producción forestal y áreas dedicadas a la conservación en el territorio, a diferencia de los monocultivos y la producción extensiva especializada.

Contribuciones de los sistemas productivos a la dimensión ambiental:

Tipo de contribución	Descripción
Conservación de la naturaleza y los recursos naturales	Mantenimiento del entorno natural del planeta y sus recursos
Regeneratividad del ambiente	Estrategias centradas en los recursos renovables, reciclaje, restauración y cierre de ciclos.
Restauración del hábitat	Restauración de los hábitats degradados en los ecosistemas por medio de la intervención humana activa
Preservación de la biodiversidad	Preservación de las variedades de organismos vivos en el ecosistema y sus interacciones
Mitigación de riesgos del cambio climático	Evaluación y análisis de las emisiones del sistema productivo. Compromiso de reducción y compensación
Producción limpia	Iniciativas de prevención y protección contra los impactos ambientales negativos de los procesos de producción. Cuidado del agua y el suelo.
Reducción de residuos	Mayor eficiencia en el uso de recursos del ecosistema y exógenos. Disminución de las cantidades que requieren tratamiento posteriormente

(Mohanty & Prakash, 2017)

4

Métodos

Revisión bibliográfica

12

Clasificación de los resultados

13

Para la construcción de este documento se utilizaron los siguientes procedimientos:

Revisión bibliográfica

12

Este proceso se realizó con el objetivo de encontrar estudios referentes nacionales e internacionales que incluyeran la medición de atributos de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en sistemas productivos, con diferentes estrategias productivas que se pueden considerar más o menos sostenibles. Además, procurando que se pudieran comparar dichos atributos con los de los sistemas naturales adyacentes a las intervenciones agrícolas.

Con la finalidad de incluir en la revisión únicamente información que haya sido revisada previamente por pares, se incluyeron los recursos provenientes de libros, revistas, actas de congresos, reportes técnicos, normas, tesis, informes de

gobierno y de ONG disponibles en inglés, portugués y español.

La búsqueda se delimitó únicamente a las publicaciones realizadas en la última década, entre los años 2011 a 2020, usando las siguientes palabras clave: riqueza de especies, cambios en biodiversidad, biodiversidad del trópico, ganadería, tipos de uso del suelo, paisajes ganaderos, prácticas de uso sostenible del suelo, heterogeneidad espacial, composición de especies y servicios ecosistémicos.

En primera instancia se realizó la búsqueda desde el *Web of Knowledge*, usando toda la librería incluyendo los índices de revistas latinoamericanas. Los resultados obtenidos por la búsqueda se sometieron a un análisis bibliométrico exploratorio a través del paquete Bibliometrix para R. Con él, por medio de un análisis factorial de la estructura conceptual, se incluyeron palabras clave adicionales que permitieran seleccionar un total de 146 documentos relacionados con los objetivos de esta investigación.

1. Los términos se buscaron originalmente en inglés: *species richness, biodiversity shifts, tropical biodiversity, cattle ranching, land-use types, livestock landscapes, sustainable land-use practices, spatial heterogeneity, species composition, ecosystem services*.



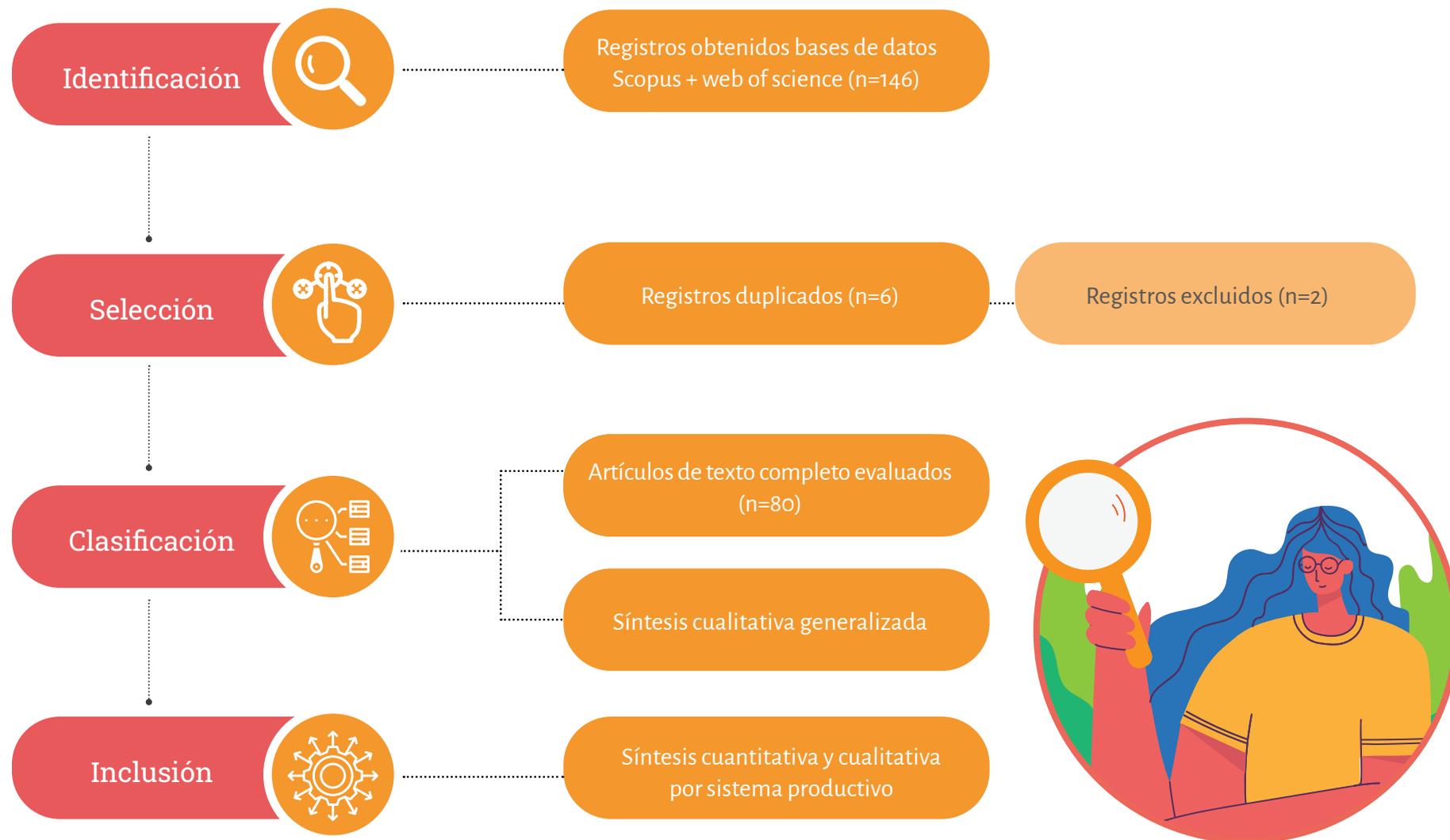
Clasificación de los resultados

Los estudios se ordenaron en una matriz del más reciente al más antiguo incluyendo las siguientes características:

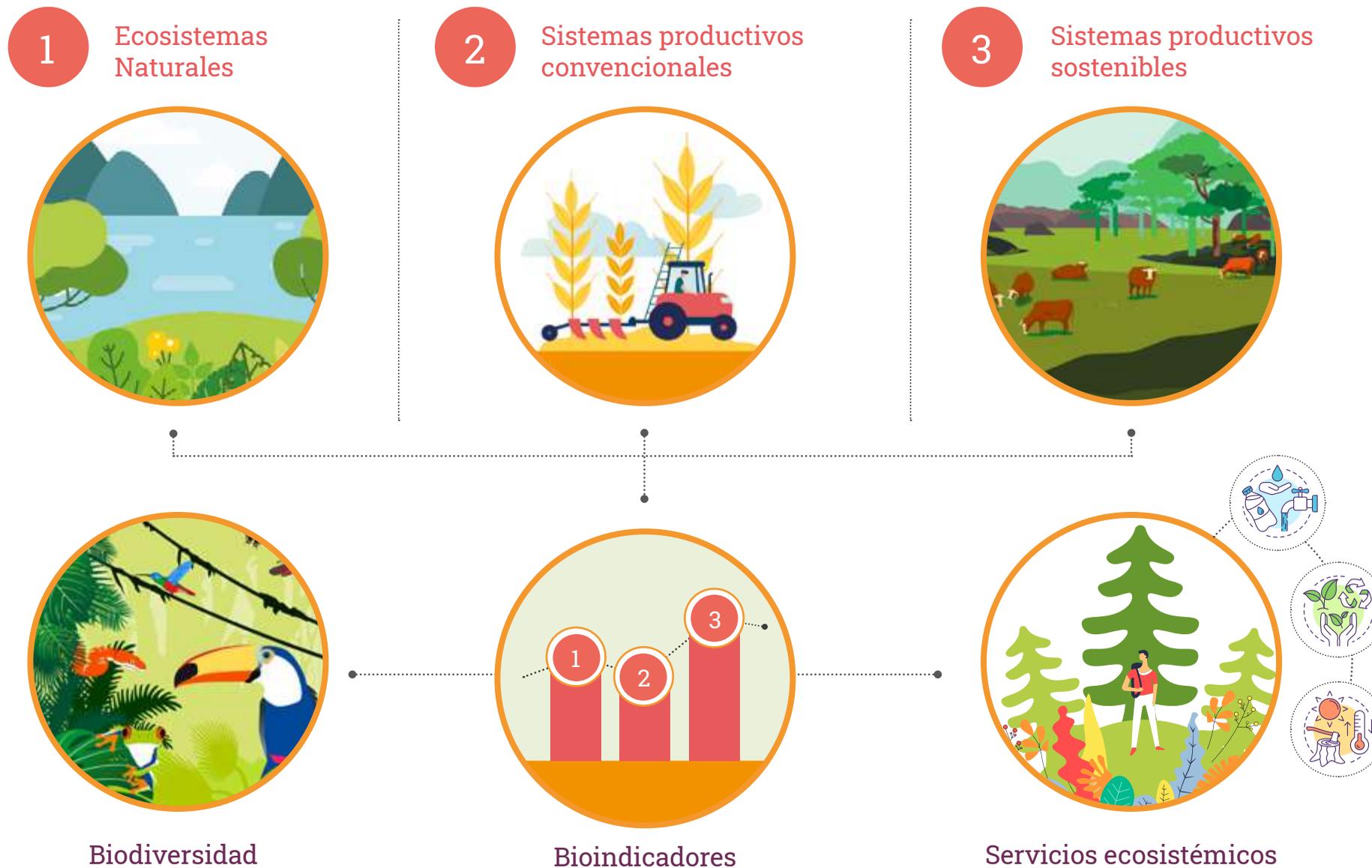
- Localización
- Tipos de ecosistemas evaluados
- Tipos de prácticas agropecuarias establecidas
- Características del estudio: área, tipos de control, esfuerzo de muestreo, grupos taxonómicos considerados.
- Resultados sobre los atributos de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos: reducción o aumento de los atributos medidos respecto a sus pares comparativos
- Resumen de recomendaciones

Estas características fueron utilizadas posteriormente para filtrar e identificar 80 estudios que, por los resultados de sus investigaciones y conclusiones, contienen definiciones metodológicas o conceptuales importantes y relevancia regional por su relación con los ecosistemas colombianos y/o del trópico (ver Figura 1).

→ **Figura 1. Clasificación de los resultados.**



→ **Figura 2.** Comparaciones sobre los valores de diversos atributos de la biodiversidad en los ecosistemas evaluados.



Con la información contenida en esos estudios se presenta una comparativa sobre los resultados obtenidos en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos de tres tipos de ecosistemas: ecosistemas naturales, sistemas productivos convencionales y sistemas productivos sostenibles, estos últimos con diversas estrategias que propenden por una producción limpia y de menor impacto ambiental (ver Figura 2).

Con estas comparaciones se pretende dar una idea de los aportes, en forma de ganancias en biodiversidad y mejoras en servicios ecosistémicos, que se pueden obtener con la implementación de acciones que mejoren la sostenibilidad de los sistemas productivos. Además, a qué grupos concretos de la biodiversidad benefician, a cuáles servicios ecosistémicos y en qué medida. También se presentan sus limitaciones y las recomendaciones generales para su implementación.

A large, stylized white number '5' is centered within a white circular border. The background of the slide is decorated with various autumn-themed leaves in shades of red, orange, yellow, and green. The number '5' is set against a dark grey circular backdrop.

5

Resultados

Hallazgos generales

16

Sistemas productivos analizados

17

En esta sección se hace un resumen general de los resultados del estudio: tipos de ecosistemas analizados, información encontrada y algunas conclusiones preliminares generales y para cada sistema productivo. Cabe señalar que cada sistema productivo cuenta con una sección particular que muestra los resultados específicos encontrados, particularmente los tipos de biodiversidad y servicios ecosistémicos para los que existen referentes validados.

Hallazgos generales

El más reciente censo agropecuario para Colombia encontró que el área destinada para usos agropecuarios en el país alcanza 43 millones de ha. Estas se distribuyen en un 80% para los pastos y rastrojos, empleados principalmente para la ganadería, un 19,7% para el uso agrícola y un 0,3% que pertenece a la infraestructura agrícola (DANE, 2016). Así pues, queda claro que la ganadería es una de las principales actividades de sistemas productivos del campo colombiano y la que usa una mayor extensión de suelo.

Para la construcción de este documento se revisaron 80 estudios que incluían diversos tipos de sistemas productivos agrícolas y pecuarios, centrándose en los más relevantes para el contexto nacional: ganadería, palma de aceite, café, cacao, aguacate, cereales y leguminosas, para los cuales se realizó un análisis detallado de la evidencia relacionada a los aportes en biodiversidad de las estrategias de producción limpia.

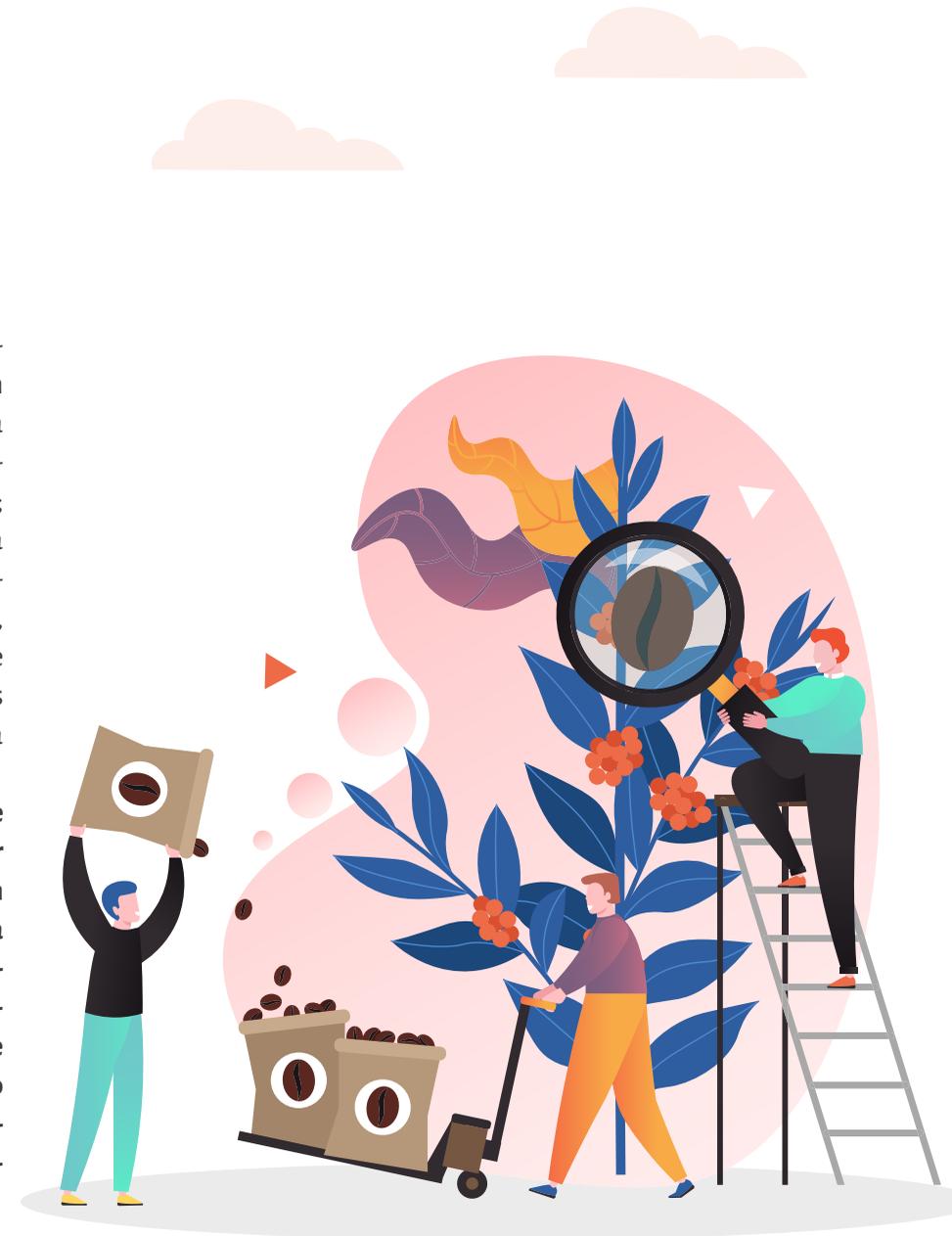
Se encontró un gran vacío de información respecto a sistemas productivos de mucha importancia para el país como los tubérculos, plátanos, frutas, flores, caucho, producción de aves, cabras y cerdos, respecto a su impacto sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, al menos con los criterios de búsqueda usados en este estudio. Tampoco hay claridad de cuáles ha sido las estrategias de producción limpia que se han implementado

En esta revisión se identificó que existen estrategias para la adecuación de sistemas productivos sostenibles que son hasta un 50% más biodiversos que los sistemas convencionales, dependiendo de la matriz y de la idoneidad de la intervención. Esto indica que es posible obtener ganancias medibles de biodiversidad (Chown, 2001; Supp & Ernest, 2014).

No obstante este potencial de ganancias de biodiversidad, se encontró que los sistemas productivos, tanto sostenibles como

convencionales, generan pérdidas en especies especialistas y raras que en relación a su biomasa corresponde a una pérdida de hasta el 54% en relación con los ecosistemas naturales (Alvarado et al., 2018; Nichols et al., 2007). Esto representa una brecha muy considerable entre la diversidad que se conserva y la que se pierde, que no es posible recuperar a través de prácticas productivas, por más sostenibles que sean. Esto se convierte en una pérdida de biodiversidad y un “pasivo ambiental”.

En esta revisión se demuestra que los sistemas productivos pueden ser favorables para la biodiversidad, son una estrategia que no reemplaza la diversidad de los ecosistemas naturales y, por lo tanto, las acciones de preservación y restauración serán las que tengan mejores resultados en cuanto a la conservación de ecosistemas, incluso cuando se trata de bosques o remanentes secundarios.



Sistemas productivos analizados

Ganadería

Las estrategias que se han desarrollado para una producción de lácteos y cárnicos más sostenibles están en su mayoría encaminados a la implementación de sistemas silvopastoriles donde las cercas vivas entre parches de vegetación son útiles para la conectividad del paisaje. Por otra parte, las estrategias de producción intensivas reducen la presión sobre los ecosistemas naturales manteniendo sus límites. Finalmente, el establecimiento de reservas de la sociedad civil y los acuerdos de conservación también hacen parte del abanico de opciones de la ganadería más sostenible.

Palma de aceite

Las estrategias que buscan la producción de un aceite de palma más sostenible tienen que ver con la tecnificación de cultivos, la reducción de uso de agroquímicos, la integración del sotobosque y la expansión hacia suelos degradados previamente para evitar la deforestación, por ejemplo, por usos como ganadería u otros tipos de agricultura.

Café y Cacao

Para la producción de granos de café y cacao más sostenible se han implementado diversas estrategias que buscan conservar la estructura de la vegetación y los árboles nativos con distintas densidades. Se identifica además la necesidad de reducir el uso de agroquímicos y la deforestación de ecosistemas sensibles como los bosques y selvas húmedas del país. Son los sistemas productivos que cuentan con esquemas más avanzados de certificación de producción orgánica y sostenible.

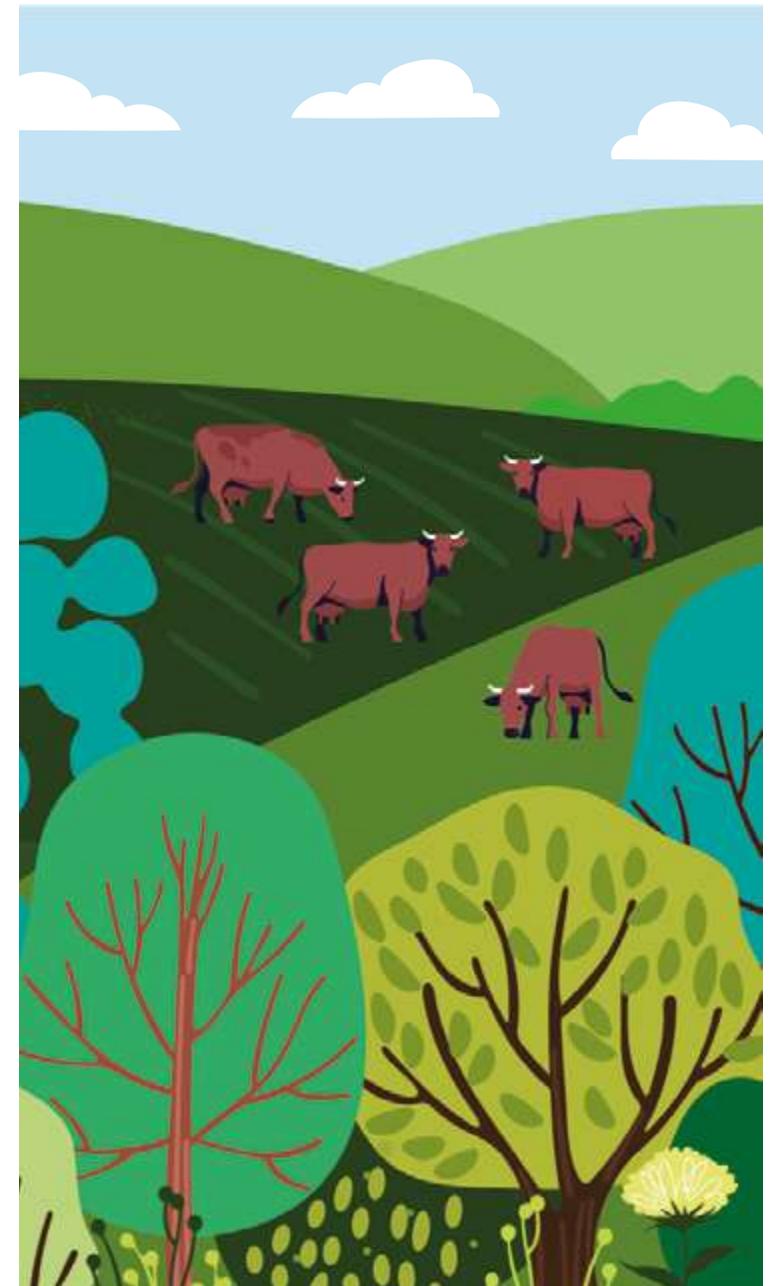
Aguacate

Es el cultivo más promovido actualmente por su rentabilidad y uno de los que puede llegar a producir grandes afectaciones a los ecosistemas. A su vez, es un cultivo que tiene pocos estudios que presenten evidencia sobre los resultados de las estrategias implementadas para su producción limpia, que puedan considerarse ganancias en biodiversidad. La principal estrategia

es evitar que la implementación de estos cultivos produzca la deforestación de ecosistemas naturales, seguido de la reducción en el uso de agroquímicos con cultivos orgánicos. Lastimosamente, no se encontraron estudios comparativos para ecosistemas a nivel nacional.

Otros cultivos

En esta sección se incluyó un análisis sobre cultivos de importancia a nivel nacional como los cereales, la papa, la caña y las leguminosas cultivos para los cuales no hay evidencia de los efectos de la implementación de sistemas sostenibles sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Se incluyó una lista de las guías que proponen metodologías para la implementación de estos cultivos de forma sostenible. Los posibles resultados de su implementación que incluye en su mayoría la reducción de la deforestación (de ecosistemas sensibles como el páramo) y del uso de fertilizantes sintéticos pueden llevar a estos sistemas productivos a una reducción en la emisión de Carbono y otros gases de efecto invernadero.



→ Cuadro 1. Hallazgos del estudio por tipo de ecosistema y tipo de sistema productivo

Ecosistemas	 Biodiversidad	 Servicios ecosistémicos
Bosque montano húmedo	Ganadería	Ganadería
Bosque seco	Ganadería	Ganadería
Bosques templados	Aguacate	
Sabanas naturales	Palma de aceite	Ganadería Palma de aceite
Bosque húmedo tropical	Palma de aceite Café Cacao	Palma de aceite Café Cacao



6

Discusión

Complejidad de la implementación de los sistemas productivos sostenibles en el marco de las compensaciones ambientales

20

Planeación Regional estratégica

21

Programas de monitoreo, evaluación y certificación

22

Complejidad de la implementación de los sistemas productivos sostenibles en el marco de las compensaciones ambientales

Para la implementación del uso sostenible dentro del marco de actividades de las compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad el Manual específica, en su Anexo 3, que

“...el beneficiario de la licencia podrá desarrollar herramientas de paisaje en áreas con fuertes presiones agrícolas y ganaderas hasta que se dé cumplimiento del área a compensar. En el entendido en que serán desarrollados **cuando no sea posible establecer medidas encaminadas a la protección y conservación de los ecosistemas naturales y vegetación secundaria** que resulte afectada una vez y el proyecto, obra o actividad sujeto a licenciamiento ambiental entre en operación...” (MADS y ANLA, 2018, p. 13, negrita fuera del texto)

De estas especificaciones del manual de compensaciones se desprenden dos escenarios en los cuales es necesario profundizar para darle viabilidad a estas iniciativas:

1. Se debe demostrar que no existen áreas naturales públicas o privadas en donde se puedan desarrollar acciones de conservación o que son insuficientes para responder por la totalidad de las obligaciones ambientales adquiridas por el proyecto de desarrollo objeto del licenciamiento ambiental
2. El cálculo del área a compensar puede convertirse en un procedimiento complejo cuando uno de los criterios definidos dentro del manual de compensaciones es la equivalencia ecosistémica y, además, se tiene en cuenta que el objetivo principal es la no pérdida neta de biodiversidad

Los resultados de esta investigación muestran que incluir acciones de uso sostenible en el marco de la implementación de una compensación va

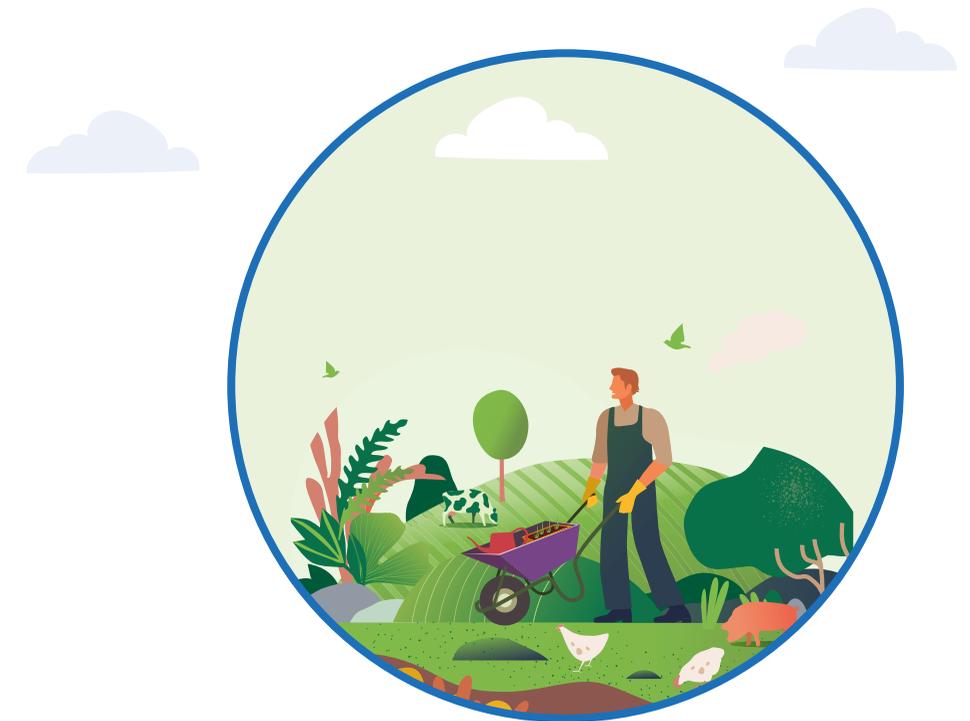
a depender de las características específicas del ecosistema, del tipo de sistema productivo que se va a implementar y de su estrategia de manejo, ya que las ganancias en biodiversidad o servicios ecosistémicos pueden ser muy diferentes.

Por otro lado, no se puede ignorar que los estudios revisados mostraron que ninguno de los sistemas productivos evaluados alcanza los valores de biodiversidad de los ecosistemas naturales. Debido a ello, tratar de compensar el impacto en un ecosistema natural con acciones de uso sostenible implicaría en últimas un pasivo; al final debería compensarse con medidas de preservación o restauración para alcanzar la no pérdida neta de biodiversidad.

Esta situación se vuelve más compleja en el escenario en el que se pretendan implementar sistemas productivos sostenibles que carecen de estudios o evidencia sobre sus efectos en la biodiversidad respecto de los sistemas productivos convencionales y los ecosistemas naturales.

Los proyectos de uso sostenible son una acción complementaria de conservación de suma importancia, que es clave para dar continuidad a las iniciativas de conservación de

ecosistemas naturales, ya que fortalece el componente socioeconómico de estos proyectos. Esto puede brindar a las comunidades humanas medios para mejorar su calidad de vida y, a su vez, disminuir su dependencia de los ecosistemas naturales, reduciendo la deforestación y las acciones de aprovechamiento de recursos de manera indiscriminada.





Planeación Regional estratégica

El desarrollo agrícola es primordial para el sostenimiento de una nación, por ello debe planificarse estratégicamente para evitar impactos innecesarios sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. La implementación o extensión de los sistemas productivos requiere del cambio de uso de suelos y es allí en donde la planificación regional juega un papel clave para la conservación de los ecosistemas naturales (Williams et al., 2020). Para las acciones de compensación por pérdida de biodiversidad, contar con esta información es esencial, ya que define cuáles son las áreas del territorio más relevantes para la conservación, cuáles son las zonas que al impactarse generan menores pérdidas de biodiversidad y cuáles son las zonas que pueden considerarse para la extensión de cultivos permitiendo, el uso de los suelos que ya han sido degradados por otras actividades humanas.

La planificación y zonificación territorial permite mejorar los resultados para la persistencia de especies, retención de ecosistemas, captación de carbono, suministro de agua y valor de la producción

agrícola, evitando los daños en ocasiones exagerados que causa la expansión no planificada de sistemas productivos. Adicionalmente, tanto para las instituciones gubernamentales como para los interesados en implementar planes de compensación que consideren el uso sostenible, es importante implementar políticas e incentivos coherentes con las metas de desarrollo rural y sostenibilidad ambiental. Esto, porque la falta de alternativas económicas en el campo puede provocar un manejo de los ecosistemas insostenible, en búsqueda de satisfacer las necesidades básicas.

Los proyectos idealmente deberían estar encaminados a incentivar una economía rural diversificada, que considere no solo diversos cultivos y la conectividad de los sistemas naturales, sino también actividades diferentes de las agropecuarias, como manejo forestal o ecoturismo. Esa diversidad genera comunidades resilientes y empleos, disminuyendo la tasa de migración y abandono del campo, protege a los ecosistemas y sus servicios asociados y contribuye a la mejora de la calidad de vida.

Programas de monitoreo, evaluación y certificación

En el último censo nacional agropecuario se registró que en Colombia solo el 16.5% de las unidades de producción agropecuaria había recibido asistencia técnica para el desarrollo de su actividad (DANE, 2016). Los proyectos de compensación por pérdida de la biodiversidad que incluyan acciones de uso sostenible deben incluir la promoción de buenas prácticas de producción y a su vez deben realizar el seguimiento de dichas prácticas para garantizar la continuidad de una producción verdaderamente sostenible. Para ello se requiere hacer mediciones sobre la efectividad, en términos de sostenibilidad y ganancias en biodiversidad, de las medidas implementadas y hacer las rectificaciones que sean necesarias.

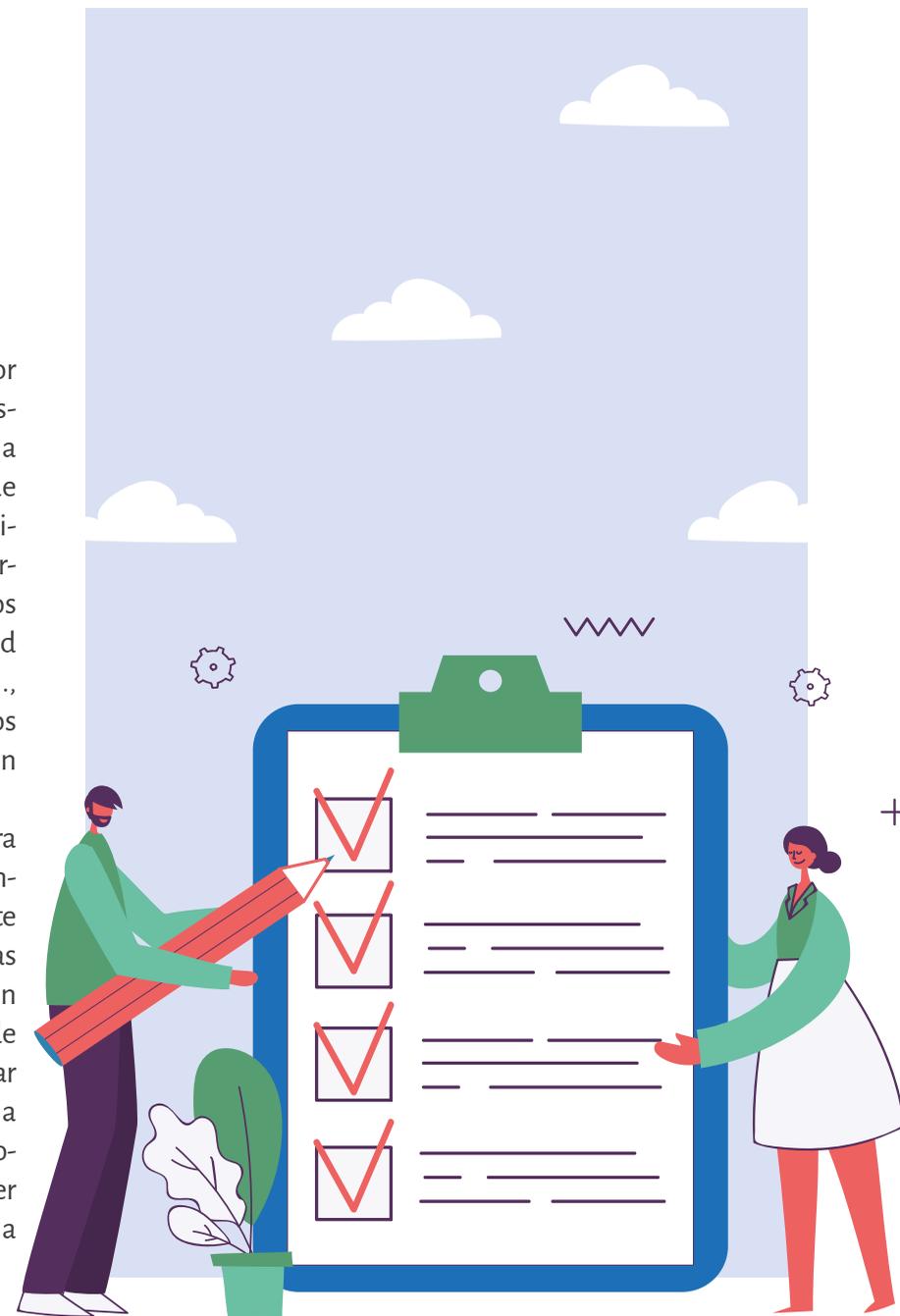
Esa necesidad de garantizar la implementación de prácticas de producción limpia es una de las razones por las cuales se han desarrollado numerosos sellos y certificaciones, que legitiman la obtención de un producto que proviene de fuen-

tes responsables con el medio ambiente, la biodiversidad, las comunidades y que involucra a los distintos eslabones de la cadena de producción y comercialización. Los proveedores de sellos y certificaciones realizan una auditoría rigurosa con diversos criterios dependiendo del contenido ambiental y social de la certificación, que puede incluir además del compromiso con el medio ambiente, la promoción de mejores medios de vida y condiciones laborales dignas para los trabajadores, equidad de género y acceso a la educación para los niños en las comunidades agrícolas.

También, en el marco de una obligación ambiental, es importante que tanto el interesado en implementar una compensación como las autoridades ambientales hagan una revisión sobre la idoneidad de las técnicas de manejo a implementar, ya que no siempre las soluciones implementadas generan los resultados esperados teóricamente. Un ejemplo de ello son algunos cultivos de

plátano tecnificados y certificados por sus características ambientales en Costa Rica que, tras haber sido sometidos a una investigación, esta demostraba que los cultivos certificados tenían menos diversidad en comparación con los no certificados (convencionales) y que ambos tipos de cultivo tenían menos diversidad que las granjas orgánicas (Bellamy et al., 2016). Esto significaba que los cultivos orgánicos en ese contexto conservaban mayor biodiversidad.

Ese tipo de resultados son claves para tomar decisiones sobre cómo implementar un sistema productivo verdaderamente sostenible, que demuestre las ganancias en biodiversidad y aporte a la conservación de los ecosistemas naturales. Este tipo de comparativas son necesarias para divulgar los resultados positivos y negativos de la implementación de alternativas de producción limpia y son la base para proponer planes de compensación por pérdida de la biodiversidad exitosos.



Referencias

- Alvarado, F., Escobar, F., Williams, D. R., Arroyo-Rodríguez, V., & Escobar-Hernández, F. (2018). The role of livestock intensification and landscape structure in maintaining tropical biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 55(1), 185-194. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12957>
- Andrew Scott, M. (2003). *Dimensions of sustainability*. Taylor & Francis.
- Bellamy, A. S., Svensson, O., van den Brink, P. J., & Tedengren, M. (2016). What is in a label? Rainforest-Alliance certified banana production versus non-certified conventional banana production. *Global Ecology and Conservation*, 7, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.05.002>
- Bifani, P. (1994). Competitividad, medio ambiente y empleo. *Mercado ambiental y creación de empleo. Fund. Friederich Ebert, Madrid, España*.
- Bifani, P. (1999). *Medio ambiente y desarrollo sostenible* (Número 18). IEPALA Editorial.
- Castillo, R. M. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible. *Tecnología en marcha*, 22(2), 23-39.
- Chown, S. L. (2001). Physiological variation in insects: Hierarchical levels and implications. *Journal of Insect Physiology*, 47(7), 649-660. [https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(00\)00163-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(00)00163-3)
- DANE. (2016). *3er Censo Nacional Agropecuario, Tomo 2— Resultados*. <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>
- Garren, S. J., & Brinkmann, R. (2018). Sustainability definitions, historical context, and frameworks. En *The Palgrave Handbook of Sustainability* (pp. 1-18). Springer.
- Leff, E. (2002). *Saber ambiental: Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. Siglo xxi.
- Luna Bello, G. O. (2005). *Composición y estructura de la comunidad de hormigas a lo largo de un gradiente de intensificación agrícola en zonas de bosque tropical húmedo en la Región Autónoma Atlántico Sur, Nicaragua*.
- MADS. (2015). *Decreto Único Reglamentario 1076 del 26 de mayo de 2015. Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*.
- MADS. (2018). *Manual de Compensaciones Ambientales del Componente Biótico*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], & Autoridad Nacional de Licencias Ambientales [ANLA]. (2018). Anexo 3. Criterios de usos sostenible para la formulación de proyectos en el Marco del Manual de Compensaciones del Componente Biótico. En *Manual de Compensaciones del Componente Biótico*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS].
- Mohanty, R., & Prakash, A. (2017). Searching for definitions and boundaries in sustainable production system. *International Journal of Services and Operations Management*, 27(1), 122-143.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., & Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137(1), 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023>
- Supp, S. R., & Ernest, S. K. M. (2014). Species-level and community-level responses to disturbance: A cross-community analysis. *Ecology*, 95(7), 1717-1723. <https://doi.org/10.1890/13-2250.1>
- Williams, B. A., Grantham, H. S., Watson, J. E. M., Alvarez, S. J., Simmonds, J. S., Rogéliz, C. A., Silva, M. D., Forero-Medina, G., Etter, A., Nogales, J., Walschburger, T., Hyman, G., & Beyer, H. L. (2020). Minimising the loss of biodiversity and ecosystem services in an intact landscape under risk of rapid agricultural development. *Environmental Research Letters*, 15(1), 014001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5ff7>

1

Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Referentes para Colombia

2

Ganadería

3

Palma de aceite

4

Café y cacao

5

Aguacate

6

Cereales, papa y otros cultivos de importancia para Colombia

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Ganadería



Autores

Julián Ávila

Consultor WCS

Lucas Buitrago

Especialista instrumentos para la sostenibilidad WCS

ISBN: 978-958-5461-94-9

Diciembre 2020

Equipo WCS Colombia

Catalina Gutiérrez

Directora

Germán Forero

Director Científico

Silvia Alvarez

Coordinadora Paisajes Sostenibles

Leonor Valenzuela

Coordinadora Análisis y Síntesis

Pato Salcedo

Coordinador Comunicaciones

Johanna Gutiérrez

Especialista Gestión de Proyectos

Equipo TNC Colombia

María Isabel Vieira

Especialista compensaciones

Diego Lizcano

Especialista en biodiversidad

Andrés Felipe Zuluaga

Director de Conservación

Punto aparte
Editores

www.puntoaparte.com.co

Diseño y diagramación

Valeria Cobo

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Ganadería



Con el apoyo de:

The Nature
Conservancy 

Fundación 
Santo Domingo

Contenido



1	Guía de consulta	
4		
2	Caracterización del sistema	
7	El modelo de ganadería convencional	
8	Afectaciones comunes al medio ambiente	
9	Estrategias alternativas para una ganadería más sostenible	
3	Caso 1 Bosque montano húmedo	
12	Escarabajos	
15	Avifauna	
16	Hormigas	
17	Calidad del agua	
		4
		Caso 2 Bosque seco
		20
		Escarabajos
		5
		Conclusiones y recomendaciones
		25
		6
		Referencias
		27

Guía de consulta

Las secciones dedicadas a cada sistema productivo están creadas para poder profundizar en detalles sobre los impactos positivos y/o negativos en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos de diferentes intervenciones.

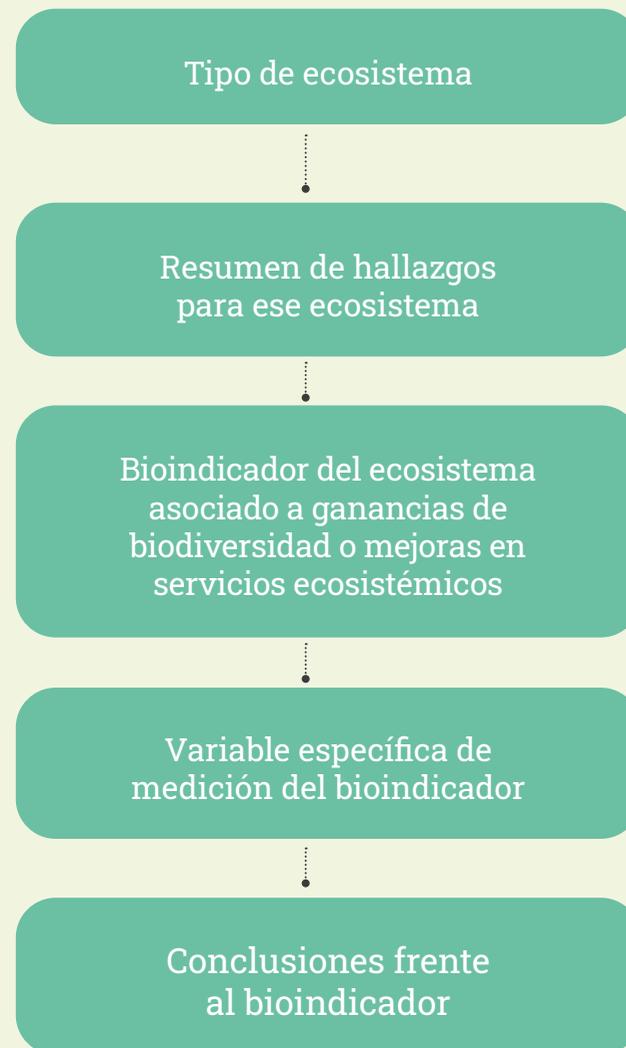
4

Cada sección inicia con una descripción general de el sistema productivo, que incluye cifras a nivel del país, una descripción de los principales impactos que este tipo de sistema productivo puede causar a ecosistemas naturales y las principales intervenciones que se han usado para hacer más sostenible su producción.

Esta información se presenta para cada ecosistema del que se haya encontrado información.

Finalmente, se ofrecen unas conclusiones generales sobre la sostenibilidad de ese sistema productivo.

La información recolectada se presenta en el siguiente orden:



2

Caracterización del sistema

El modelo de ganadería convencional

7

Afectaciones comunes al medio ambiente

8

Estrategias alternativas para una ganadería más sostenible

9



6

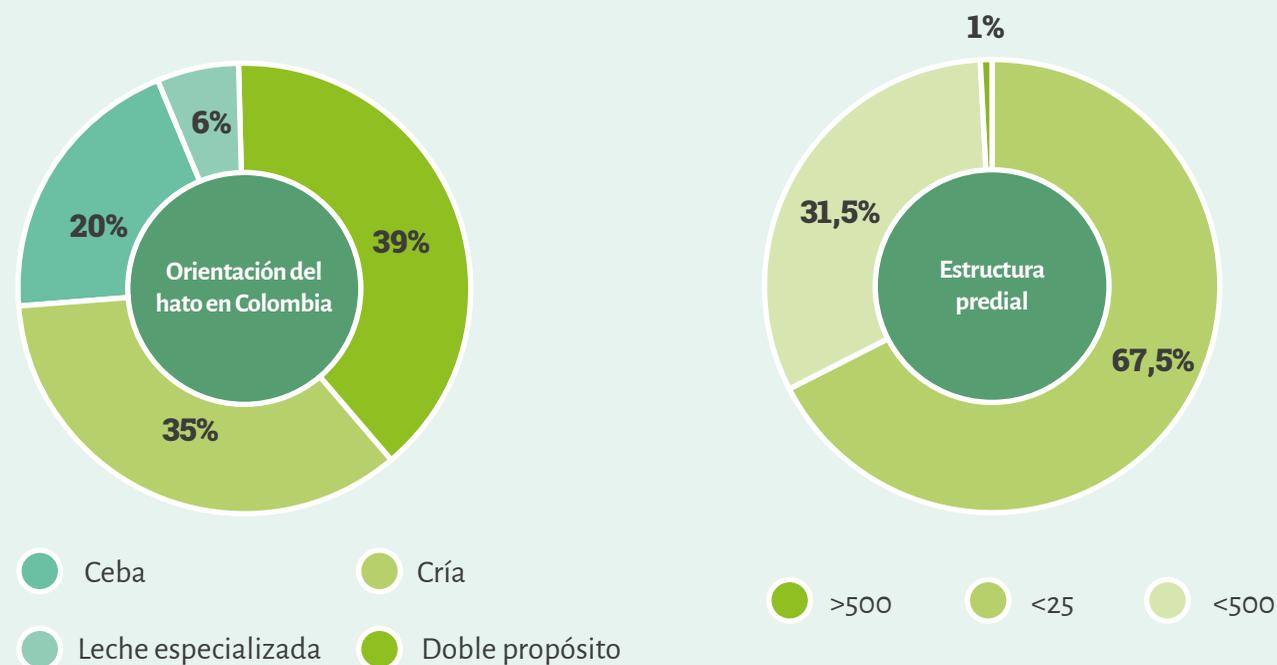
La ganadería en Colombia es la actividad históricamente más importante del sector agropecuario. El área dedicada a la ganadería es nueve veces mayor que el área agrícola. Esta actividad productiva constituye el 48.7% del valor de la producción pecuaria y el 21.8% del valor de la producción agropecuaria. Los productos de origen bovino participan con el 1.4% del PIB total de la economía colombiana (FEDEGAN, 2018)

La orientación del hato en Colombia está dominada por la ganadería de cría y el ganado de doble propósito con una mayor distribución en la Orinoquía y el piedemonte llanero, dejando un porcentaje muy bajo (6%) a la ganadería espe-

cializada de leche que se distribuye en mayor proporción en la región andina (Antioquia y Cundinamarca).

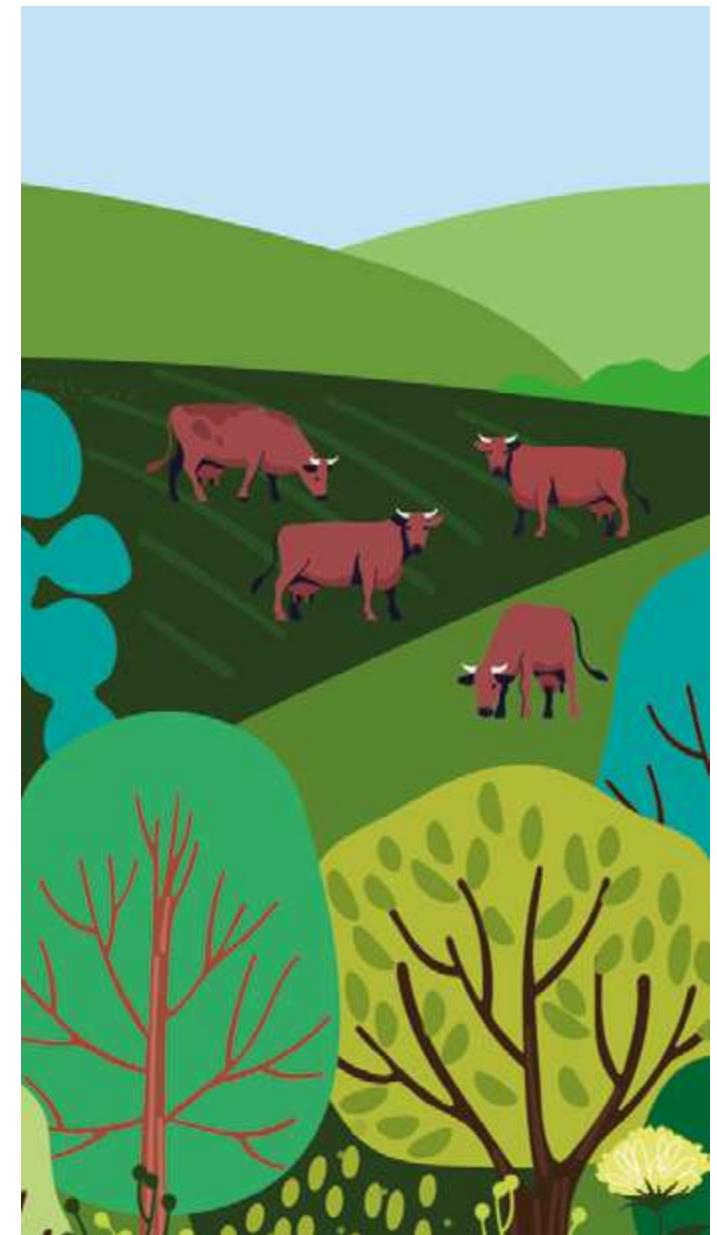
Del total de predios, el 67,5% tiene menos de 25 animales por predio: Dentro de este rango se inscribe la producción lechera minifundista de trópico alto, que se puede calificar como pequeña ganadería o ganadería de subsistencia. El 31,5% de los predios alberga entre 26 y 500 animales por predio, de lo cual se puede inferir la existencia de una significativa clase media ganadera, y solo el 1,0% de los predios alberga más de 500 animales, predios dedicados a ganadería que se puede considerar de alta escala de producción.

→ Figura 1. Orientación del hato y estructura predial (FEDEGAN, 2018).



El modelo de ganadería convencional

Sistema	Descripción	Uso principal
Pastoreo extractivo	Es extensivo, existe poca interacción humana y está basado en lo que puede producir el ecosistema por sí mismo, empobreciéndolo con el paso del tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> · Doble propósito · Ceba · Cría
Extensivo tradicional	El incluye una mayor interacción humana, con el fin de darle un mejor manejo a las praderas y al ganado	<ul style="list-style-type: none"> · Doble propósito · Leche
Extensivo mejorado	Usa pastos mejorados, existe un alto control de malezas, hay buena fertilización de los suelos y se usan sales y suplementos alimenticios	<ul style="list-style-type: none"> · Doble propósito · Leche
Pastoreo semi-intensivo suplementado	La suplementación es el componente esencial, combinado con buenos pastos, fertilización y cercas eléctricas.	<ul style="list-style-type: none"> · Doble propósito · Leche
Confinamiento	Animales estabulados. Este sistema es poco usual en el país y se prevé que crezca poco, debido a los altos costos de los insumos. (leche especializada y carnes de alta calidad)	<ul style="list-style-type: none"> · Leche · Cría de alta calidad



Afectaciones comunes al medio ambiente

8

Los modelos de ganadería convencional producen afectaciones comunes al medio ambiente, siendo la deforestación el eje principal de las pérdidas de biodiversidad y servicios ecosistémicos (Noy-Meir, 2005)

El suelo y el agua se ven afectados directamente por la contaminación proveniente de los desechos de los animales, antibióticos, hormonas, productos químicos usados en las curtiembres, fertilizantes, plaguicidas y sedimentos de pastizales erosionados (Steinfeld et al., 2009)

Además, el sobrepastoreo influye en la compactación del suelo y su erosión, reduciendo la infiltración, desecando las llanuras inundables, afectando la recarga de acuíferos y los niveles freáticos. La

pérdida de los bosques ribereños influye en la degradación de los márgenes de los cursos de agua, también, incrementa las escorrentías y reduce los cursos de agua durante la estación seca (Steinfeld et al., 2009)

La ganadería aporta también a las emisiones de gases de efecto invernadero, con una proporción a nivel mundial del 9% de las emisiones de CO₂ de origen antropógeno, que incluye las pérdidas por deforestación, la emisión del 37% del metano antropógeno y el (64%) de las emisiones de amonio antropógeno, las cuales contribuyen al cambio climático y a la acidificación de los ecosistemas (Steinfeld et al., 2009)



Estrategias alternativas para una ganadería más sostenible



En sistemas ganaderos los tratamientos alternativos que se han desarrollado y establecido en el trópico son de tipo silvícola, estas alternativas pueden tener diversos efectos positivos sobre la biodiversidad y la productividad, dependiendo de la matriz agrícola en la cual está inmerso el sistema productivo, la intensidad del tratamiento y el compromiso con la eliminación de residuos que puedan afectar los cuerpos de agua y los ecosistemas naturales adyacentes.

1

Árboles dispersos en potreros

Cuentan con una densidad baja (20-30 ind./ha) para proveer servicios como sombriío, fijación, nitrógeno, madera, frutos, leña y forraje, permitiendo la regeneración natural de los paisajes intervenidos con la selección de variedades nativas.

4

Corredores ribereños o bosques de galería

Bosques que protegen los cursos de agua y se encuentran a lo largo de ríos, quebradas o drenajes. Disminuyen la erosión de las márgenes y de los sedimentos en las quebradas y ríos. Además, pueden ayudar a disminuir el efecto negativo de plaguicidas y contaminantes orgánicos como las excretas animales.

(León Sarmiento, 2016)

2

Cercas Vivas

Árboles y arbustos en reemplazo de postes que establecen linderos en las fincas. Se establecen en altas densidades y gran diversidad de especies que se pueden combinar con variedades forrajeras. Las cercas vivas son muy útiles como corredores ecológicos en medio de los paisajes ganaderos siempre y cuando se establezca un diseño de conexiones adecuadas con la matriz del paisaje.

5

Bancos mixtos de forraje

Cultivos de especies herbáceas, arbóreas y arbustivas de alto valor nutricional que sirven como suplemento alimenticio para el ganado. Aumenta la productividad por unidad de área, evitando la expansión de los pastizales. Promueve el reciclaje de nutrientes y reduce la erosión del suelo.

3

Cortinas o Barreras Rompevientos

Son franjas simples o múltiples de árboles y arbustos de diversos estratos, reducen el efecto negativo de los vientos sobre los pastos y los animales; mejoran la infiltración del agua y reducen la erosión del suelo; además, pueden aportar forraje, madera, leña y frutos.

6

Sistema Silvopastoril Intensivo

Cultivo de pasturas y arbustos forrajeros de alta densidad que se combina con especies frutales y maderables (1500 – 7000 ind/ha). Pastoreo rotacional racional de alta carga instantánea que reduce la erosión y compactación del suelo. Este sistema favorece la infiltración de agua en el suelo, y aumento de la biodiversidad respecto a los sistemas convencionales.

3

Caso 1. Bosque montano húmedo

Escarabajos

12

Avifauna

15

Hormigas

16

Calidad del agua

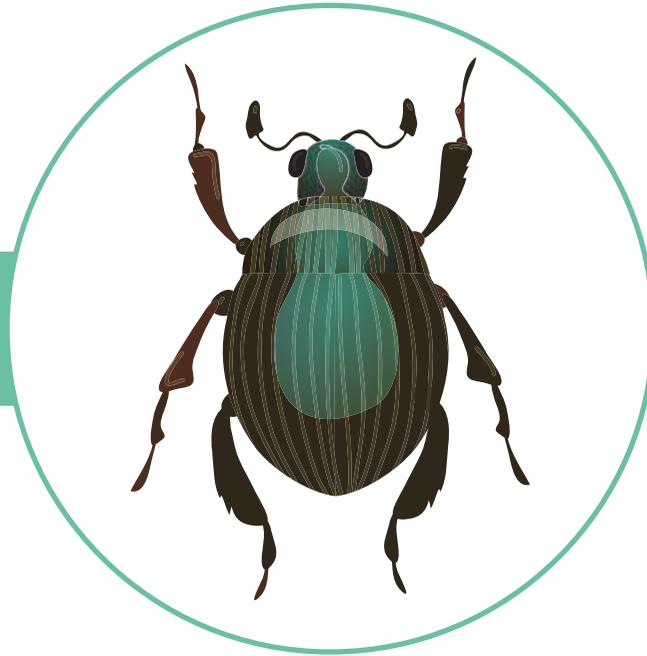
17



Ecosistema: Bosque húmedo, Andes centrales 1000 - 1250 msnm. Río la vieja entre los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca, Colombia. Sistema de ganadería convencional con 30 años de implementación.

Bioindicadores		Tratamientos	Estudios
	D: Escarabajos SE: Remoción de estiércol SE: Control de plagas	PL: Pastos limpios SS: Silvopastoril intensivo	Giraldo et al., 2011
	D: Avifauna	12 usos del suelo (Forestales, cultivos y ganadería)	Fajardo et al., 2009
	D: Hormigas	PMS: Pastura Mejorada sin Árboles SS: Sistemas Silvopastoriles CP: Cercas Vivas Permanentes GU: Guadual FR: Árboles Frutales PMA: Pastura Mejorada con Árboles BS: Bosque Secundario	Rivera et al., 2013
	SE: Calidad de agua	BR: Bosque ribereño PL: Pastos limpios	Pedraza et al., 2008

Escarabajos



Riqueza y abundancia

Se registraron tres especies diferentes de escarabajos coprófagos en el tratamiento de pastos limpios y cinco especies en los sistemas silvopastoriles intensivos con 5 años de implementación.

La riqueza y la abundancia de escarabajos son mayores en los sistemas silvopastoriles de las tres fincas evaluadas, el sistema silvopastoril puede proveer una mayor cantidad de recursos que favorecen a las poblaciones de las distintas especies de escarabajos.

Lusitanita

Área total: **61.3**

Área convertida a Silvopastoril: **20%**

La ramada

Área total: **51.1**

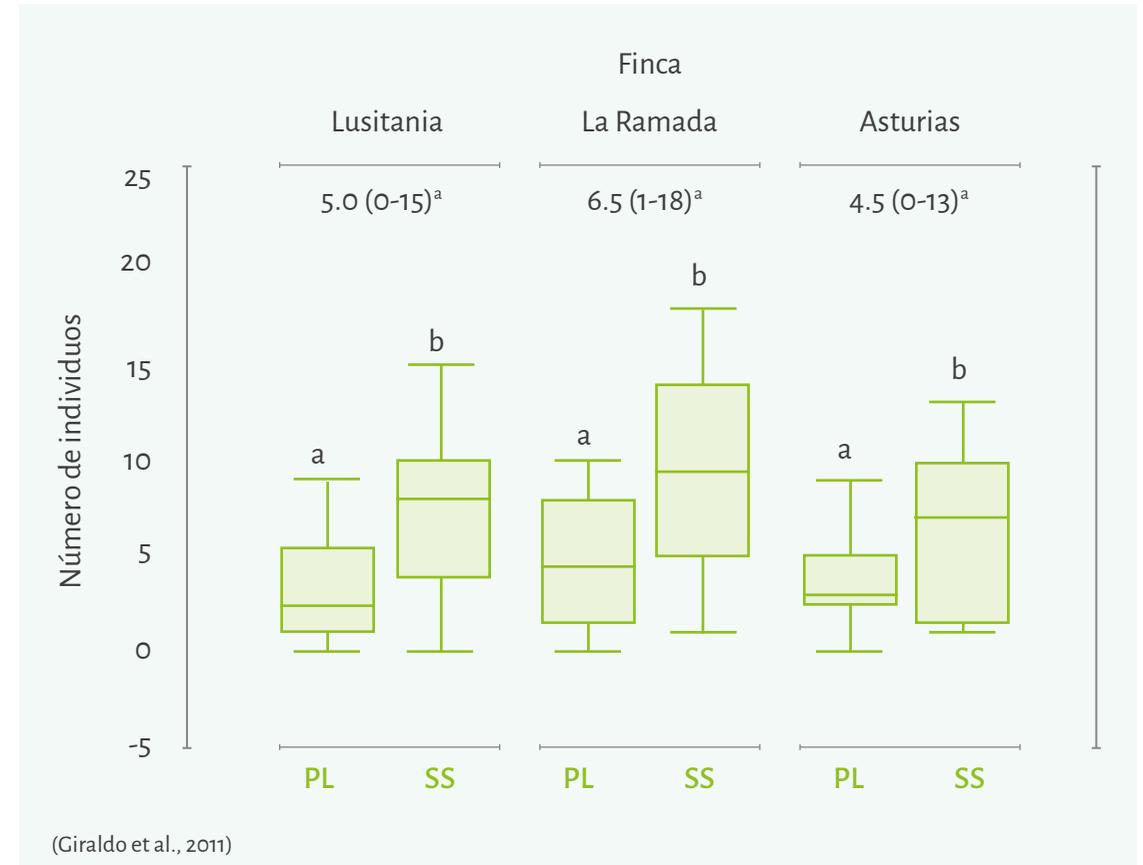
Área convertida a Silvopastoril: **34%**

Asturias

Área total: **78.6**

Área convertida a Silvopastoril: **55%**

→ **Figura 2.** Abundancia de individuos por trampa. PL: pastos limpios; SS: sistema silvopastoril



Servicios ecosistémicos

Se evaluaron los servicios ecosistémicos que provee este grupo de escarabajos respecto a la remoción de estiércol y al control de plagas como las

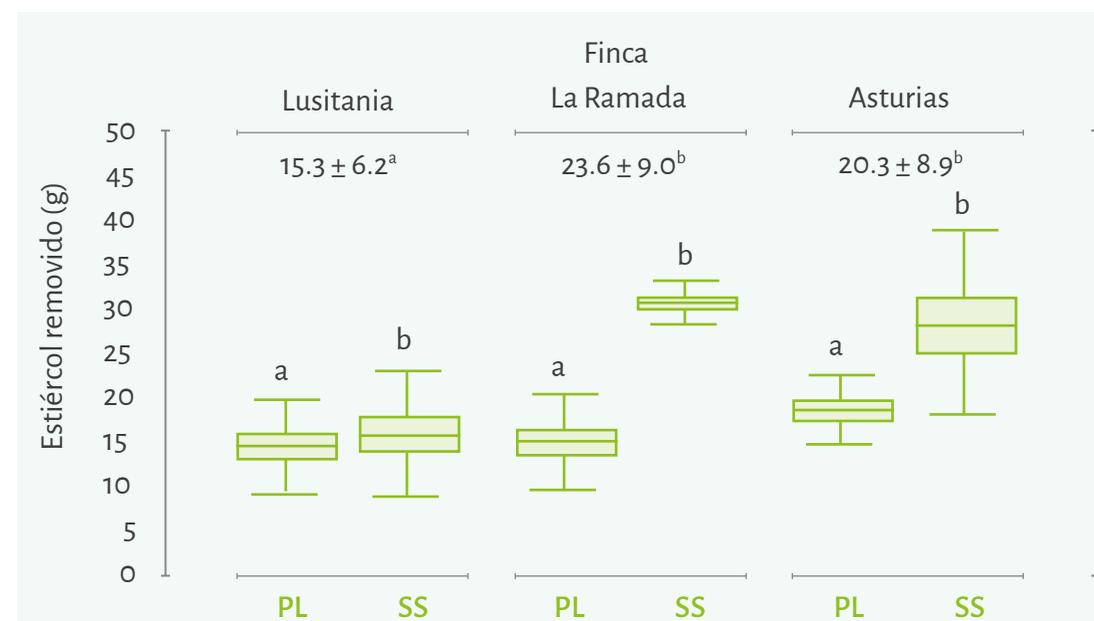
moscas de los cuernos (*Haematobia irritans*), que se reproducen en las excretas de las vacas siendo un problema para la salud del ganado.

Remoción de estiércol

El servicio de remoción de estiércol que proveen los escarabajos es mayor en los sistemas silvopastoriles de mayor extensión. Este servicio se relaciona en la misma medida con la dispersión

de semillas y la remoción de suelo, mejorando su calidad y composición. En las áreas con sistemas silvopastoriles de menor extensión los efectos benéficos sobre la biodiversidad se ven también reducidos a tal punto que no se pueden diferenciar de los sistemas convencionales.

➔ **Figura 3.** Remoción de estiércol. PL: pastos limpios; SS: sistema silvopastoril



(Giraldo et al., 2011)

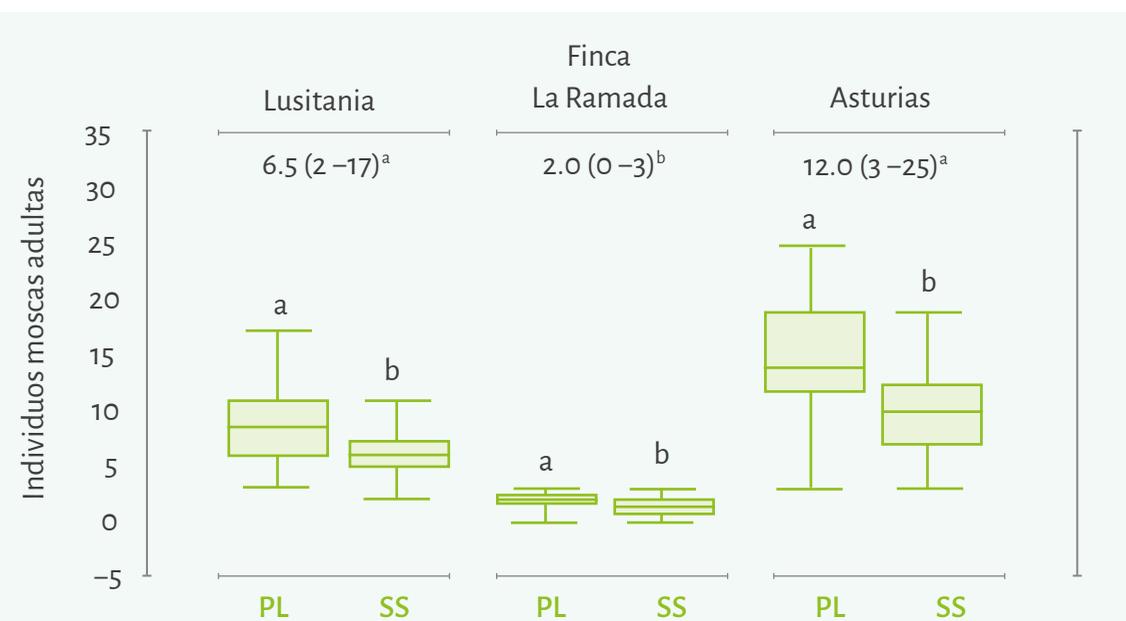


Control biológico de plagas

Las moscas de los cuernos se reproducen en las heces de las reses, depositando allí sus huevos. La remoción del estiércol ayuda a que las moscas no terminen su ciclo de vida y se reduzca la cantidad de larvas y adultos,

así los escarabajos, cumplen un papel de controladores de plagas que pueden afectar seriamente al ganado. La cantidad de individuos adultos de mosca de los cuernos encontrados en los sistemas silvopastoriles fue menor que en los pastos limpios. En la finca La Ramada el control de la mosca es más eficiente en ambos sistemas, obteniendo los valores más bajos del estudio.

➔ **Figura 4.** Cantidad de individuos adultos de moscas de los cuernos atrapadas por trampa PL: pastos limpios; SS: sistema silvopastoril



(Giraldo et al., 2011)

Conclusiones

Los resultados revelan un incremento en la abundancia de escarabajos de estiércol en los sistemas silvopastoriles intensivos establecidos y, como consecuencia, un aumento en la eliminación de estiércol, remoción de suelo y dispersión de semillas, así como una reducción en el número de moscas adultas y sus larvas en comparación con los pastos limpios de la ganadería convencional. Los efectos positivos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos se ven favorecidos por el aumento en el tamaño de las intervenciones, obteniendo mejores resultados en las áreas convertidas de sistemas convencionales a sistemas silvopastoriles de mayor extensión en este ecosistema.

Estos resultados sugieren que los sistemas silvopastoriles ofrecen refugio adecuado para la fauna de escarabajos de estiércol que complementan el papel de los remanentes de bosques protegidos, bosques ribereños y cercas vivas para conservar la integridad de los procesos ecológicos clave en los paisajes ganaderos.



Avifauna



15

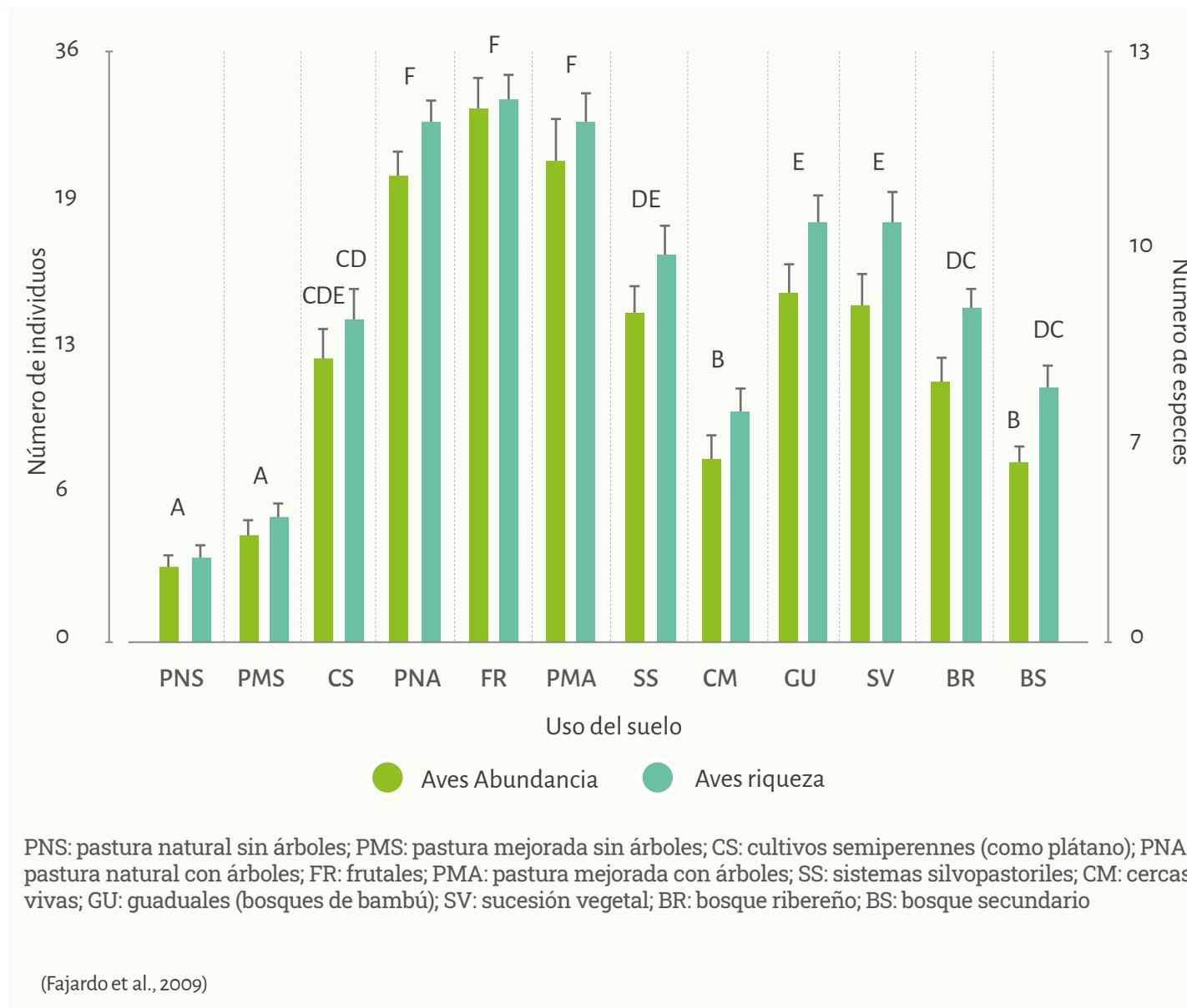
Riqueza y abundancia

Se monitorearon 12 tipos de uso de suelo distintos en los que se registraron un total de 16.684 individuos, pertenecientes a 193 especies de aves. Los tipos de uso del suelo con mayor cobertura forestal, incluyendo las pasturas con árboles, fueron superiores en abundancia y riqueza de aves a las pasturas sin árboles (naturales y mejoradas). Además, se registraron dos especies de aves endémicas que fueron observadas únicamente en las áreas forestales mejor conservadas (Fajardo et al., 2009).

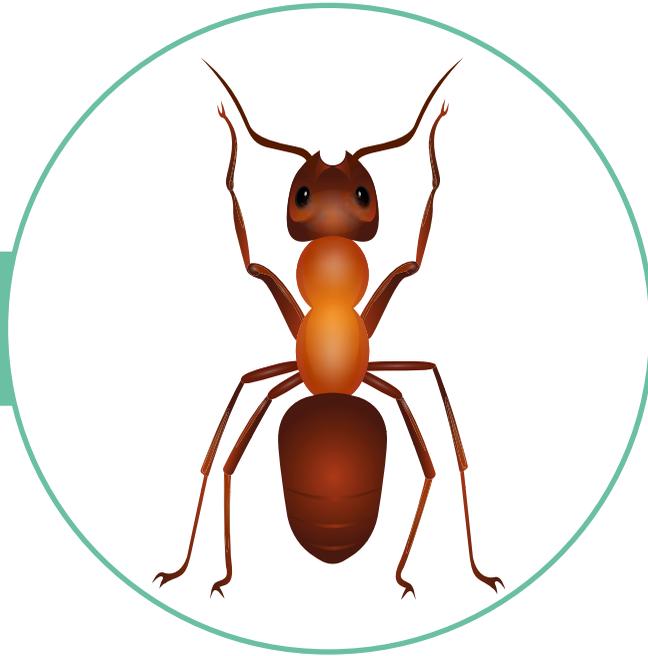
Conclusiones

Los resultados confirman que los remanentes de vegetación natural en paisajes ganaderos pueden albergar avifaunas ricas y con elementos únicos de interés para la conservación como las especies endémicas. Por otra parte, los usos de la tierra con alta densidad de árboles albergan una porción considerable de la avifauna y pueden ser una práctica de manejo más amigable que la ganadería tradicional sin árboles.

→ **Figura 5.** Abundancia y riqueza de aves por tipo de uso de suelo.



Hormigas



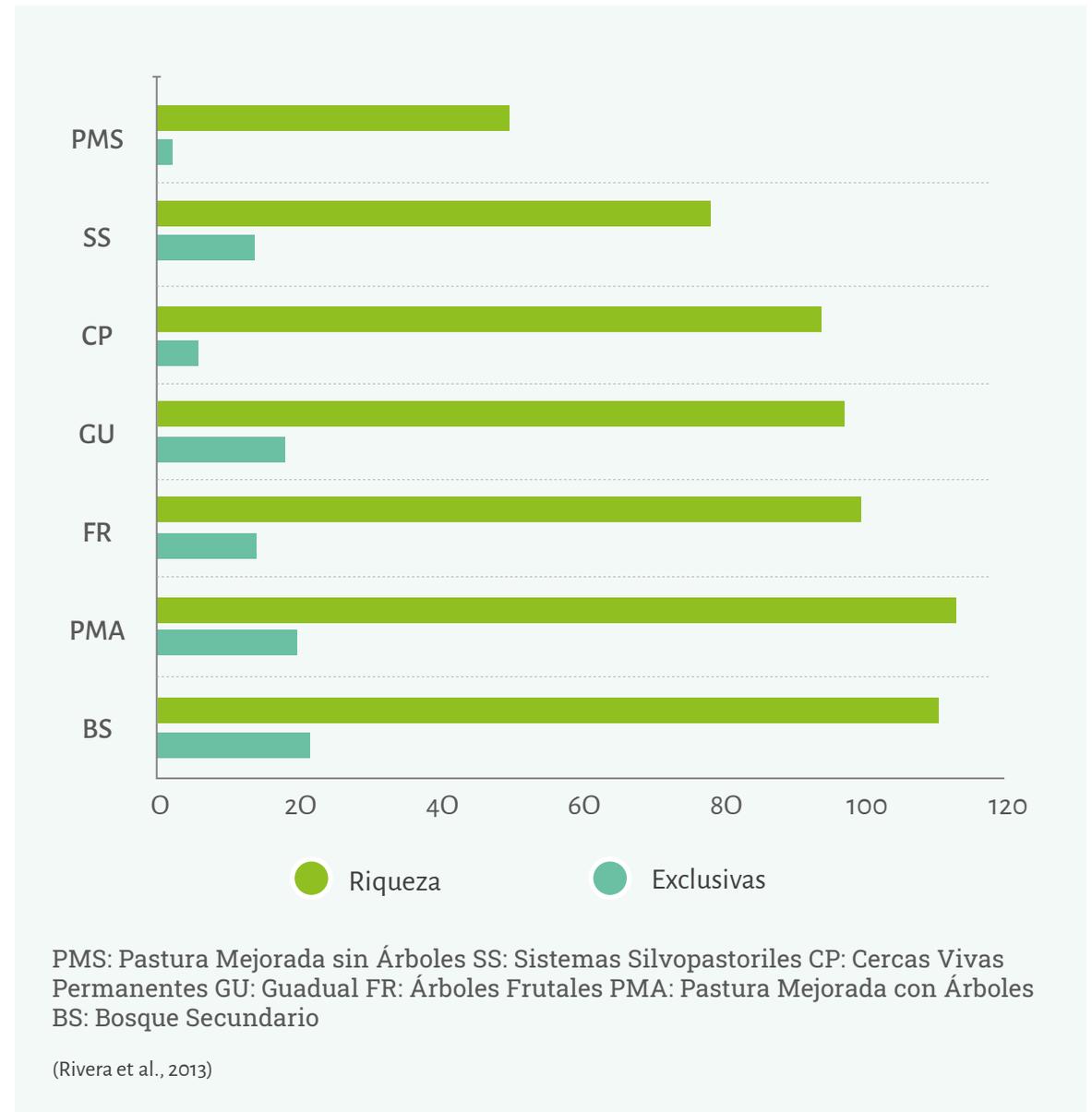
Conclusiones

Las hormigas, por su diversidad de hábitos alimenticios y estrategias de forrajeo, son importantes para el funcionamiento de los ecosistemas, principalmente porque se relacionan con el reciclaje de nutrientes, la descomposición de hojarasca, la dispersión de semillas y la regulación natural de insectos indeseados. Para todos los usos de suelo agrícolas, pecuarios y boscosos analizados, los datos mostraron que la presencia de árboles y la complejidad estructural de la vegetación estuvieron altamente relacionadas con una mayor riqueza y de especies exclusivas de hormigas.

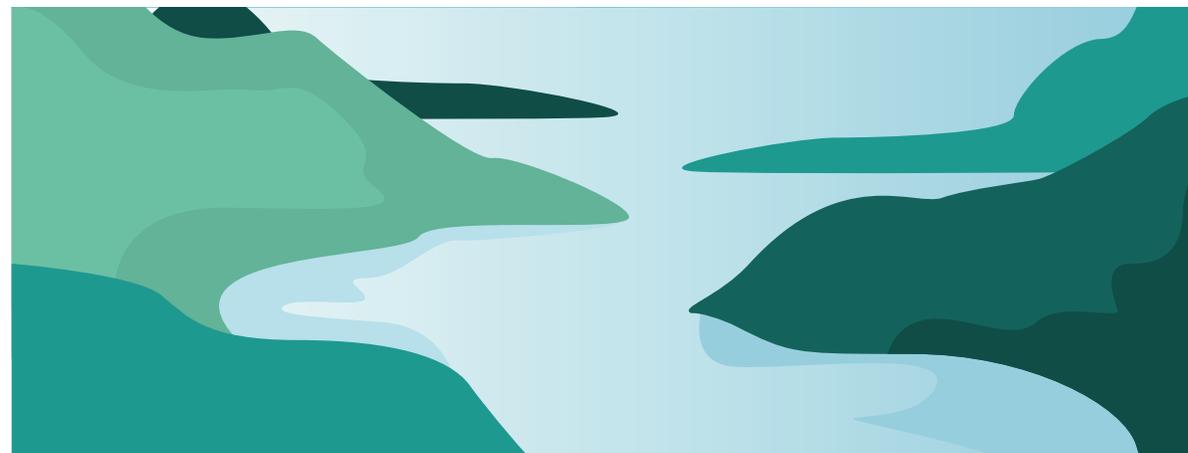
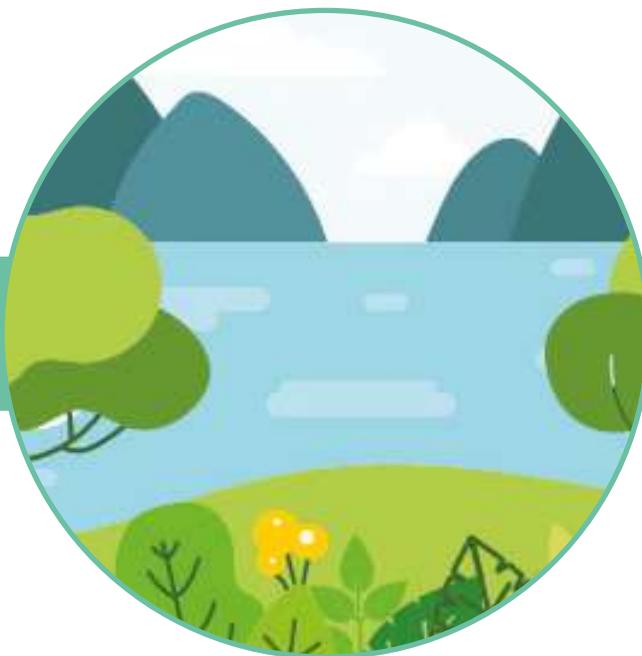
Riqueza y composición

Se monitorearon 7 tipos de uso de suelo distintos en los que se registraron un total de 232 morfoespecies pertenecientes a 46 géneros. Los bosques y las pasturas mejoradas con árboles presentaron la mayor cantidad de especies. A continuación, le siguieron en diversidad aquellos usos de la tierra con mayor cantidad de árboles de sombra, es decir, cultivo homogéneo de frutales, plantaciones de guadua y cercas vivas (Rivera et al., 2013)

→ **Figura 6.** Riqueza de especies de hormigas y especies exclusivas por tipo de uso del suelo.



Calidad del agua



17

Las corrientes de agua protegidas con vegetación ribereña presentaron menor turbidez, menor contenido de materia orgánica (medida como Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO) y menor recuento de bacterias que los ambientes sin protección que limitan con sistemas ganaderos. Estos resultados demuestran que las actividades de protección contribuyeron a disminuir la contaminación por materia orgánica y sedimentos (Pedraza et al., 2008).

Conclusiones

Las quebradas que fluyen de zonas de pastoreo sin protección presentan un deterioro de las

características físicas del hábitat y de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua. Los corredores de vegetación que se dejan crecer en ambos lados de las quebradas y el aislamiento para impedir el acceso del ganado a dichos lugares contribuyen notablemente a disminuir el impacto negativo del pastoreo. Por tal motivo, estos corredores ribereños pueden emplearse como una estrategia para disminuir el impacto de la ganadería sobre los ambientes acuáticos, pues contribuyen a tener mejor calidad de agua, mayor integridad del cauce, mejor hábitat físico y, consecuentemente, una biota más diversa dentro de las quebradas.

Cuadro 1. Efecto de corredores ribereños sobre la calidad de agua en quebradas en paisajes ganaderos de la cuenca del río La Vieja, Colombia.

Parámetro	Bosque Ribereño	Pastura sin árboles
Turbiedad UNT	3.8	65.4
Oxígeno Disuelto mg/l O ₂	5.0	4.7
DBO ₅ *mg/l O ₂	5.4	16.4
P-PO ₄ mg/l PO ₄	0.1	0.3
Sólidos Suspendidos mg/l	17.6	88.0
Coliformes totales NMP /100 ml	4040	93550

(Pedraza et al., 2008)¹

¹ Turbiedad UNT: unidad nefelométrica de turbidez DBO₅*mg/l O₂: Demanda bioquímica de oxígeno P-PO₄ mg/l PO₄: Fósforo soluble en agua Coliformes NMP: número más probable (bacterias de origen intestinal-fecal)

4

Caso 2. Bosque seco

Escarabajos

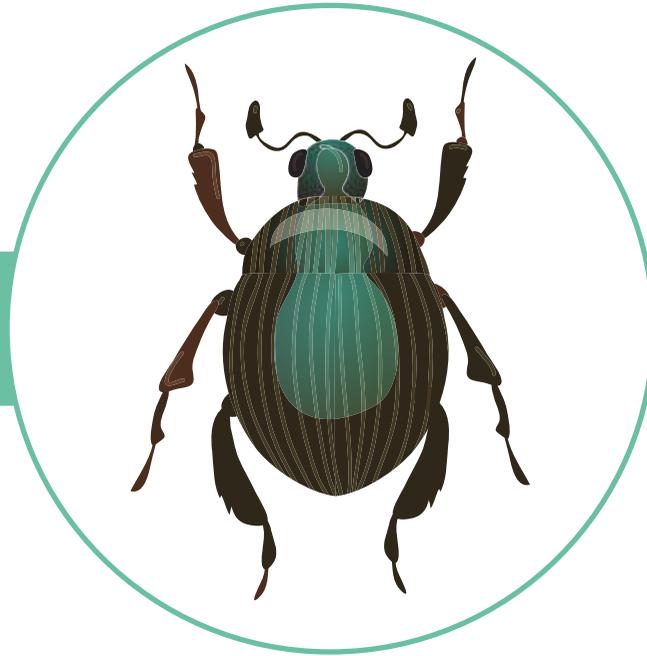
20



Ecosistema: Bosque seco. Tierras bajas 0 – 300 msnm, clima cálido y subhúmedo (temperatura media anual: 25 °C; precipitación media anual: 1.100 mm).

Bioindicadores	Tratamientos	País	Estudios
 Escarabajos Copronecrofagos	Fragmentos de bosque Sistema silvopastoril Pastos limpios	Colombia (Guajira-Cesar)	Montoya-Molina et al., 2016
	Fragmentos de bosque Pastos limpios Sistema silvopastoril Sistemas de ganadería intensiva	México (Península de Yucatán)	Alvarado, Escobar, et al., 2018 Alvarado, Andrade, et al., 2018 Alvarado et al., 2019 Alvarado et al., 2020

Escarabajos



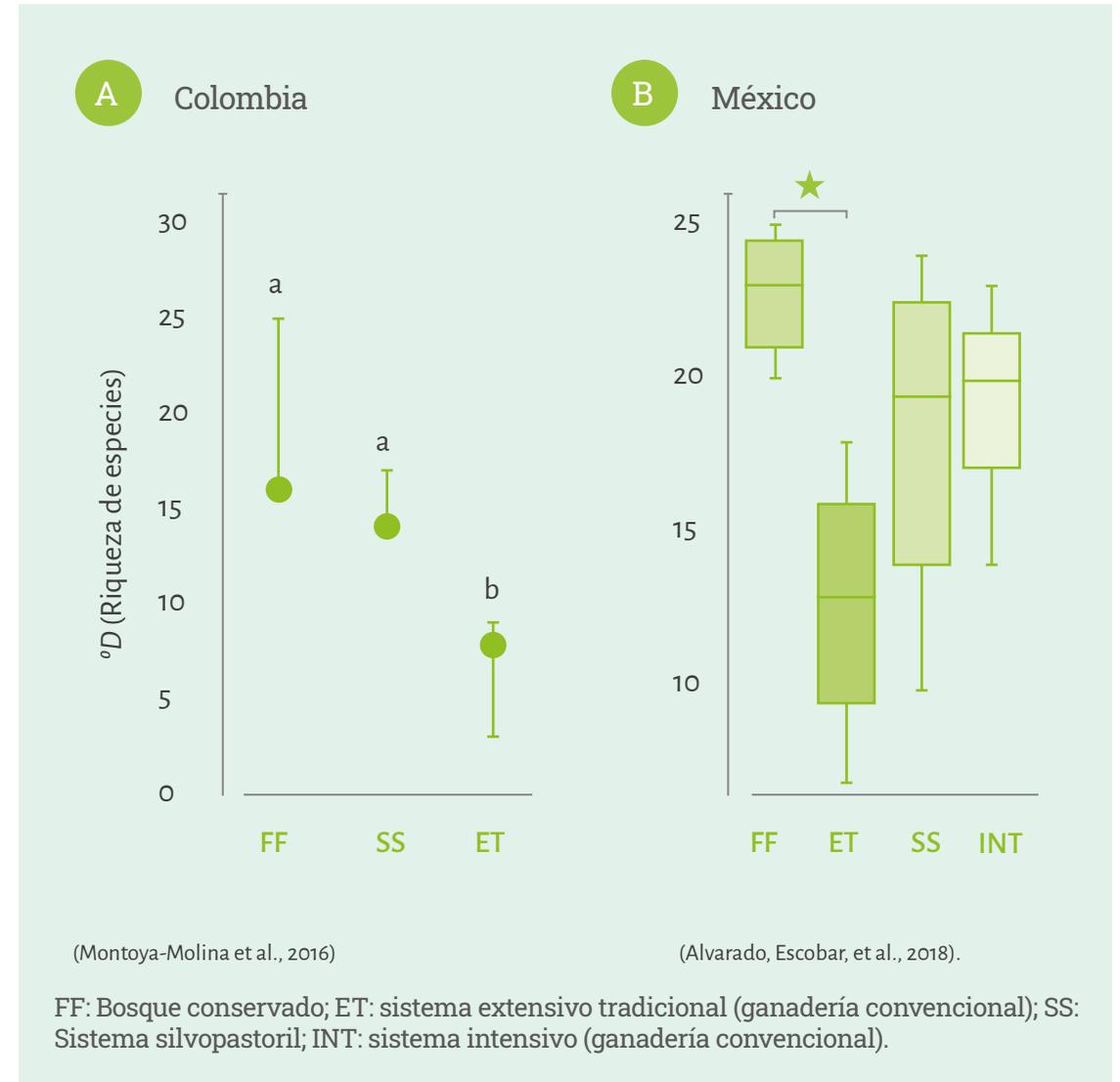
Riqueza y entropía

Riqueza

En ambos estudios, la riqueza de especies de escarabajos copronecrofagos, $^{\circ}D$ fue significativamente mayor en los sitios con mayor cobertura forestal que en la ganadería

extensiva tradicional, los sistemas silvopastoriles muestran valores intermedios de riqueza (Alvarado, Escobar, et al., 2018; Montoya-Molina et al., 2016).

→ **Figura 7.** Riqueza de especies.



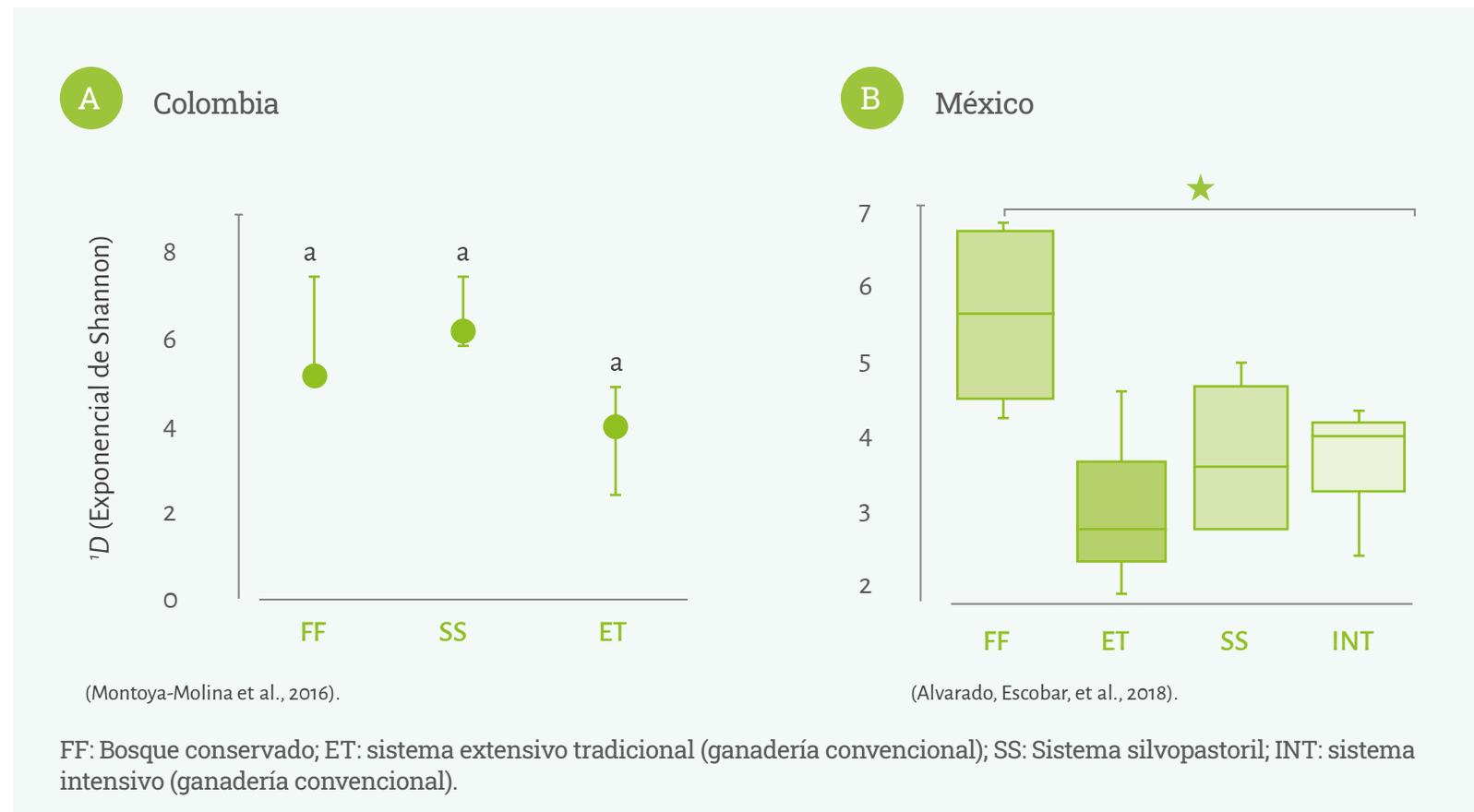
Entropía

La diversidad de especies, 1D fue mayores en los sitios con cobertura forestal que en los sistemas productivos convencionales. En el bosque seco colombiano, estos resultados demuestran que los bosques y los

sistemas silvopastoriles intensivos tienen una diversidad similar de especies abundantes o comunes y, en ambos casos, son más diversos que los pastizales sin árboles. No obstante, los ecosistemas natura-

les albergan un número mayor de especies exclusivas (11) que corresponde al 34% de las especies registradas en esta región (Alvarado, Escobar, et al., 2018; Montoya-Molina et al., 2016).

→ **Figura 8.** Exponencial de Shannon (entropía), relación de la riqueza con la abundancia relativa.



Conclusiones

Los valores de diversidad sugieren que los bosques y los sistemas silvopastoriles intensivos son similares en términos de diversidad de escarabajos de estiércol. Sin embargo, la identidad de la especie es crucial cuando se toman decisiones de conservación (Feinsinger, 2003; Whittaker, 1965). La riqueza de especies muestra que existen diferencias significativas entre los dos sistemas, el bosque concentra una mayor cantidad de especies únicas y sus especies dominantes son completamente diferentes de las que se encuentran en los sistemas silvopastoriles intensivos. Los bosques y los sistemas silvopastoriles demuestran tener mayor riqueza que los sistemas intensivos de ganadería convencional.



Abundancia y Biomasa

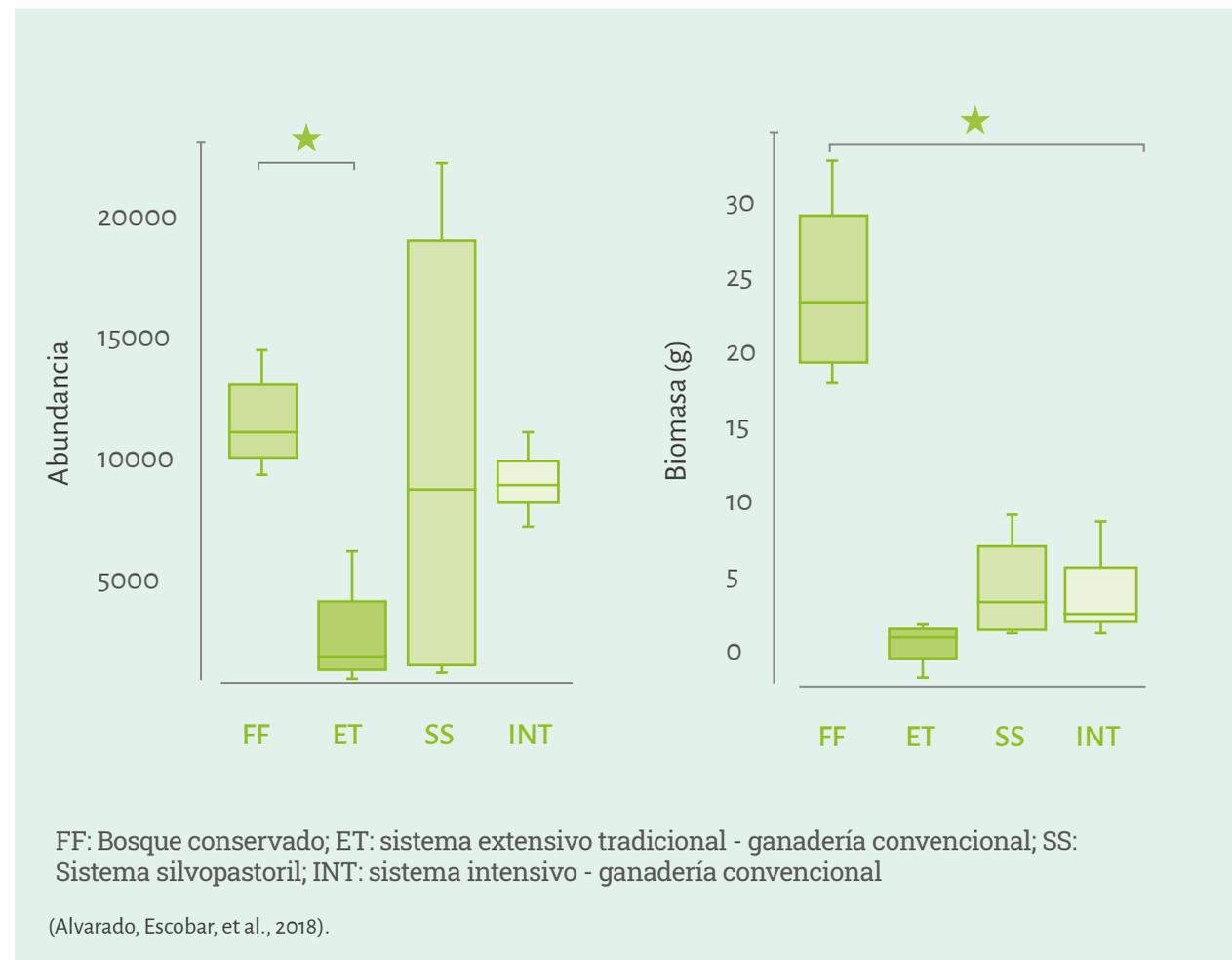
La abundancia fue significativamente mayor en los sitios forestales que en la ganadería tradicional, pero similar entre los sistemas silvopastoriles y los sistemas intensivos de producción ganadera. La biomasa fue mayor en los sitios con mayor cobertura forestal que en los sistemas productivos convencionales (Alvarado, Escobar, et al., 2018).

Conclusiones

Estos resultados probablemente reflejan el hecho de que los grandes fragmentos de bosque proporcionan condiciones y recursos microclimáticos favorables para un mayor número de especies. Además, la relación observada de la biomasa sugiere que la cobertura forestal favorece

algunas especies especialistas de gran tamaño en bosques, manteniendo así poblaciones mayores (Chown, 2001; Nichols et al., 2007). Las especies de escarabajos de gran tamaño se han asociado en otros estudios con registros de mamíferos salvajes de tamaño medio y grande que son más abundantes en áreas forestales que en tierras agrícolas (Halffter & Arellano, 2002; Klein, 1989; Sánchez-de-Jesús et al., 2016). Los sistemas silvopastoriles tienen la capacidad de soportar conjuntos mixtos de escarabajos de estiércol, sin embargo, no tienen la capacidad de conservar toda la biodiversidad de los bosques secos naturales, por tanto, los sistemas silvopastoriles son una estrategia muy útil que se puede considerar complementaria para la recuperación de la diversidad.

→ **Figura 9.** Abundancia y biomasa de los escarabajos copronecrófagos en ecosistemas de bosque seco de la península de Yucatán.



Servicios ecosistémicos

Remoción de estiércol

En el bosque seco de la península de Yucatán encontraron que la tasa de remoción de estiércol fue mayor en las parcelas boscosas que en los sistemas de ganadería tradicional y el sistema de ganadería intensiva pero similar a la encontrada en los sistemas silvopastoriles (Fig. 8). En general, la tasa de eliminación de estiércol fue tres veces mayor en los bosques y sistemas silvopastoriles (media = 61%; DE = 9.4) en comparación con los sistemas ganaderos intensivos (media = 21%; DE = 7.5). También, encontraron una relación positiva de la riqueza de especies y de la biomasa respecto a un aumento exponencial en el servicio de remoción de estiércol (Alvarado et al., 2019).

Los servicios ecosistémicos como la remoción de estiércol cambian en relación con el tipo de uso del suelo y la intensificación de la producción ganadera, esta función ecológica es muy limitada cuando la intensificación aumenta (Alvarado et al 2018). Los sistemas con cobertura forestal mantienen en niveles altos la función ecológica de los escarabajos mientras que los sistemas abiertos demuestran pérdidas en la prestación de este servicio.

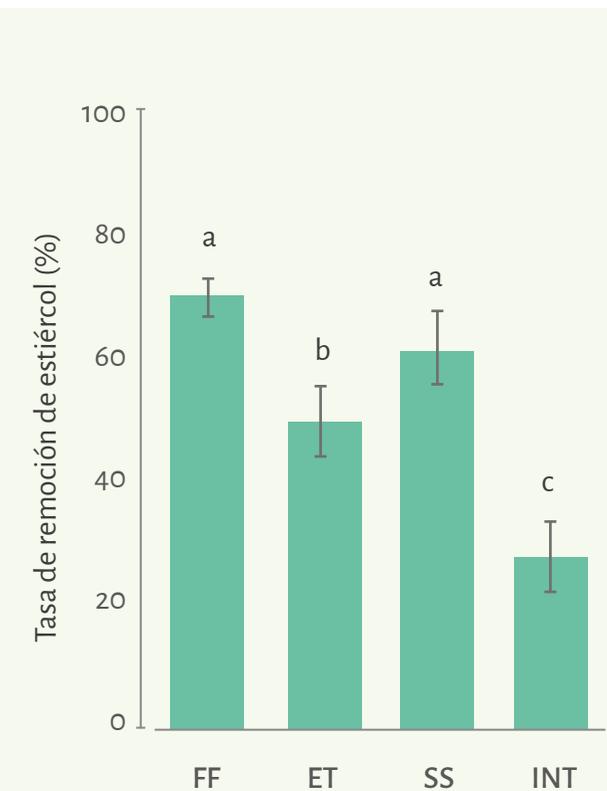
Intensificación

En las áreas intervenidas por humanos como los sistemas silvopastoriles y la ganadería extensiva convencional la provisión de servicios ecosistémicos se ve disminuida respecto a los ecosistemas de bosque seco naturales. Aquí se construyó la relación de la provisión del servicio de remoción de estiércol con la intensificación del sistema productivo en términos de la cantidad de carne por hectárea al año que es allí producida (Alvarado et al., 2020).

Conclusiones

Estos resultados indican que, en esta región seca tropical, los sistemas de producción ganadera intensiva reducen drásticamente la biomasa de escarabajos de estiércol. Esta reducción afectó fuertemente la tasa de eliminación de estiércol con posibles efectos en cascada sobre el bienestar animal y la salud de los pastos de ganado (Nichols et al., 2008). Sin embargo, en los sistemas ganaderos de menor rendimiento, como los sistemas tradicionales y silvopastoriles, (que tienen una menor biomasa de escarabajos, pero la remoción de estiércol se mantiene en valores altos) pudo haber un aumento significativo de la densidad de población de especies de tamaño pequeño que parece proporcionar funciones de los ecosistemas comparables con las de los bosques secos tropicales.

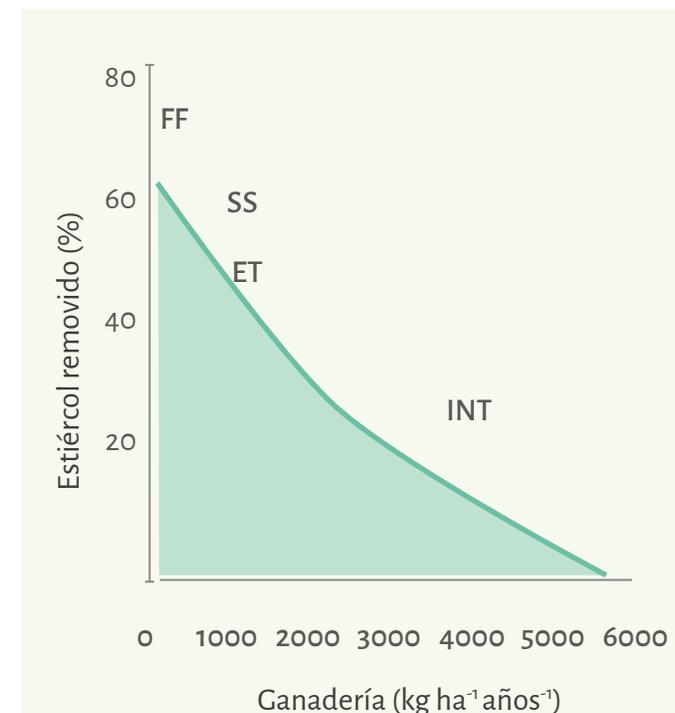
→ **Figura 10.** Tasa de remoción de estiércol en ecosistemas de bosque seco de la península de Yucatán.



FF: Bosque conservado; ET: sistema extensivo tradicional - ganadería convencional; SS: Sistema silvopastoril; INT: sistema intensivo - ganadería convencional

(Alvarado et al., 2019).

→ **Figura 11.** Relaciones y curva ajustada para el porcentaje de la tasa de remoción de estiércol y la producción neta de ganado (rendimiento del ganado) en la península de Yucatán, México.



FF: Bosque conservado; ET: sistema extensivo tradicional - ganadería convencional; SS: Sistema silvopastoril; INT: sistema intensivo - ganadería convencional

(Alvarado et al., 2020).



Diversidad filogenética

La divergencia filogenética $^2D(T)$ ¹ nos da información sobre el número efectivo de linajes evolutivos² ponderando la presencia de cada especie por su abundancia. Esta divergencia es menor en los paisajes más deforestados, lo que resulta en una composición filogenética reducida de las comunidades de escarabajos, con una representación pobre de los linajes que se han reportado en ese ecosistema. De la misma manera se comporta la distancia filogenética media (MDP)³ que es significativamente mayor en el bosque que en las zonas con cualquier tipo de ganadería, lo que quiere decir que las especies que se encontraron allí difieren más entre si exhibiendo una comunidad más diversa (Alvarado, Andrade, et al., 2018).

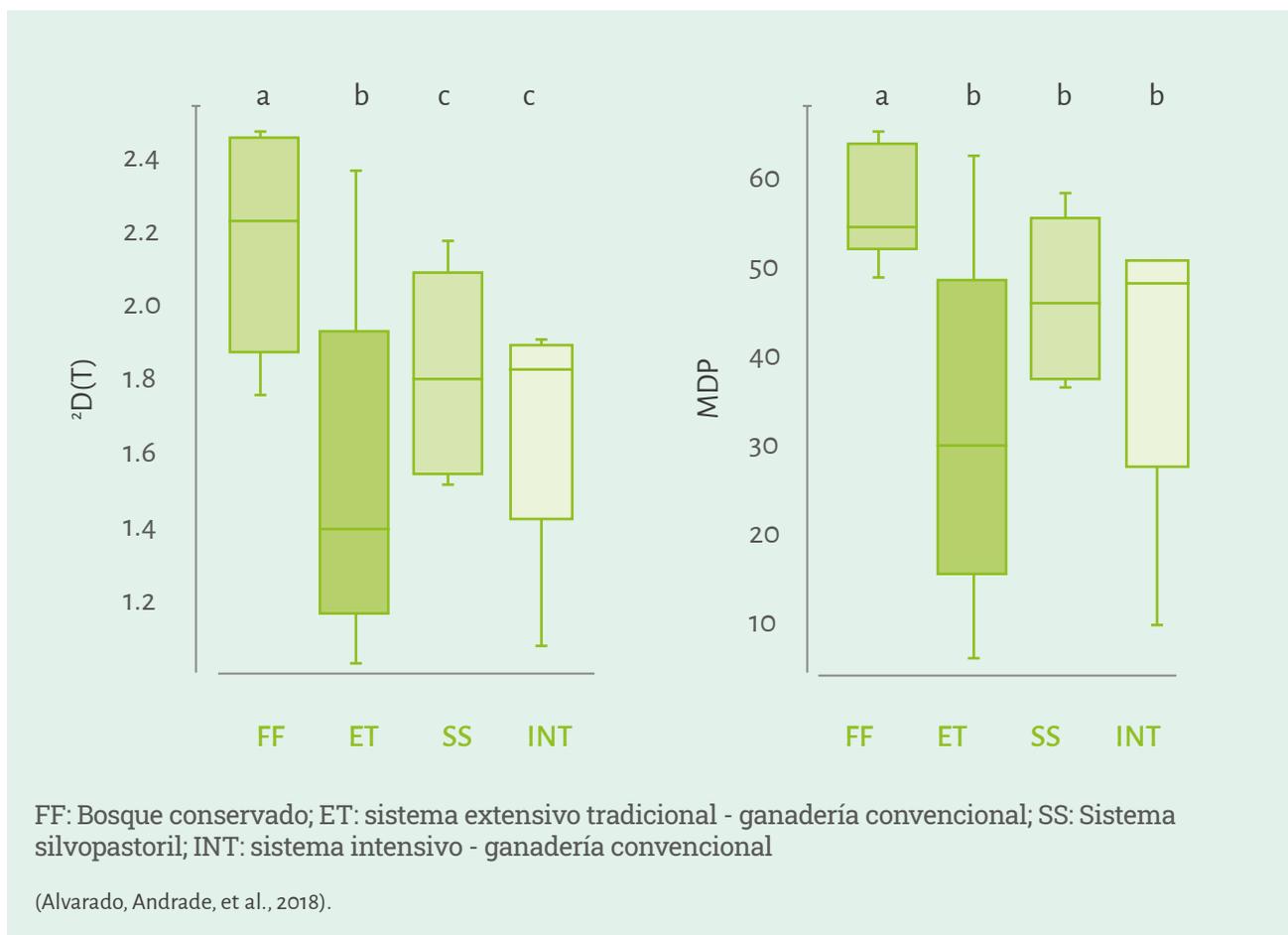
Conclusiones

Las comunidades de escarabajos de estiércol en fragmentos de bosque mostraron más diversidad filogenética que los cuatro tipos ganadería. Sin embargo, la ausencia de diferencias entre los tipos de manejo de ganado es sorprendente, ya que la intensidad del uso de la tierra varía mucho entre ellos. La intensificación del uso del suelo con sistemas productivos de ganadería

puede reducir el establecimiento y la supervivencia de especies de escarabajos de estiércol especializados en bosques (Barragán et al., 2014; Sánchez-de-Jesús et al., 2016). Los fragmentos de bosque dentro de las matrices dominadas por sistemas productivos, pueden actuar como reservorios de diversidad filogenética (Prescott et al., 2016; Silva-Junior et al., 2018).

1. Divergencia filogenética [$^2D(T)$]: es una métrica que pondera la riqueza filogenética de especies por su abundancia, lo que nos da información sobre el número efectivo de linajes evolutivos.
2. Linaje evolutivo: es una secuencia de especies que forman una línea directa de descendencia, cada especie nueva en esta trayectoria proviene de una especie ancestral inmediata.
3. Distancia filogenética media (MDP): mide la distancia filogenética promedio entre todos los pares de individuos en la comunidad (incluidos los conespecíficos).

→ **Figura 12.** $^2D(T)$: Divergencia filogenética, MDP: distancia filogenética media (millones de años) en ecosistemas de bosque seco de la península de Yucatán.



Conclusiones y recomendaciones

Para la realización de un plan de compensaciones por pérdida de biodiversidad que incluya sistemas productivos sostenibles como la ganadería, primero es necesario comprender cómo los rasgos de las especies se correlacionan con sus respuestas a la agricultura facilita una mejor comprensión de los efectos funcionales de los diferentes escenarios de uso del suelo (Newbold et al., 2013). La diversidad en sí misma es un componente importante de la resiliencia del ecosistema porque las comunidades diversas tienen más probabilidades de tener múltiples especies capaces de sobrevivir y contribuir a una función determinada (Elmqvist et al., 2003; Hooper et al., 2005; Nyström et al., 2000).

Los resultados de los estudios utilizados en esta revisión sugieren que la composición del paisaje (cobertura forestal) es más importante que la configuración del paisaje (fragmentación y densidad del borde). Esta idea es consistente con estudios realizados en otros ecosistemas en distintos grupos taxonómicos, murciélagos (Arroyo-Rodríguez et al., 2016), aves (Carrara et al., 2015), escarabajos tropicales (Sánchez-de-Jesús et al., 2016). La pérdida de bosques y el establecimiento de pastizales

abiertos para el ganado representan barreras importantes para la dispersión en paisajes dominados por el ganado (Arroyo-Rodríguez et al., 2016; Sánchez-de-Jesús et al., 2016). Por lo tanto, la composición del paisaje puede alterar la dinámica de las poblaciones al prevenir o ralentizar la migración de fragmentos, así como al reducir la disponibilidad de recursos para los organismos especialistas forestales.

Los resultados de estas investigaciones sugieren que las acciones que promueven la adopción más amplia de un manejo agrícola amigable con la vida silvestre, por ejemplo, dejando una mayor proporción de tierra como fragmentos de bosque o árboles de sombra (Manning et al., 2006), probablemente sean de mayor beneficio para un subconjunto de especies que muestran una fuerte respuesta a la calidad del hábitat local (Perfecto & Vandermeer, 2012). Sin embargo, estas medidas pueden ser insuficientes para mantener una variedad adicional de especies que son sensibles al aislamiento del bosque contiguo. El futuro de estas especies puede depender en gran medida de la protección de grandes reservas forestales contiguas dentro de paisajes tropicales (Gibson et al., 2011).

Los paisajes agrícolas cercanos a los bosques tienen más probabilidades de contribuir a la sostenibilidad de diversas comunidades bióticas, incluidas especies especializadas y de distribución restringida, que los sistemas productivos aislados o en matrices altamente transformadas. Los fragmentos de bosque son esenciales para mantener la biodiversidad en los paisajes tropicales dominados por el ganado (Edwards et al., 2015; Gilroy et al., 2014). Un enfoque de separación territorial del uso del suelo maximiza la protección de los sistemas naturales, por lo tanto, puede minimizar el daño de la producción de alimentos a las comunidades bióticas de los ecosistemas naturales. Este enfoque requiere rendimientos crecientes en las tierras agrícolas existentes, ahorrando suelo para la conservación o restauración del hábitat (Phalan et al., 2011).

Los estudios realizados sobre los efectos de las distintas estrategias para realizar una ganadería más sostenible sugieren que la separación territorial del uso del suelo a múltiples escalas espaciales ofrece la mejor oportunidad para combinar la conservación de la biodiversidad con el mantenimiento de

la producción de alimentos, al tiempo que disminuye las externalidades negativas de Intensificación del ganado en los trópicos (Ekroos et al., 2016; Gabriel et al., 2010).

Particularmente para regiones como la Orinoquia carecemos de estudios de caso comparativos, sin embargo, los estudios realizados allí demuestran que la pérdida de ecosistemas intactos debido a la expansión agrícola es inevitable, el desarrollo debe planificarse estratégicamente para evitar impactos innecesarios en la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas. Dado que la magnitud de los impactos sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas se debe principalmente a la conversión del suelo, la decisión política clave es la planificación y definición de los objetivos de conversión y desarrollo de los usos del suelo (Williams et al., 2020). La planificación espacial puede mejorar los resultados para la persistencia de las especies, la resiliencia del ecosistema, el secuestro de carbono, el suministro de agua y el valor de la producción agrícola para evitar la acumulación de nuevas deudas de oportunidad que existen debido a la expansión no planificada.



Referencias

- Alvarado, F., Andrade, E. R., Santos, B. A., Prescott, G., Souza, G., & Escobar, F. (2018). Forest cover is more important than farmland heterogeneity and livestock intensification for the retention of dung beetle phylogenetic diversity. *Ecological Indicators*, 93, 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.041>
- Alvarado, F., Dáttilo, W., & Escobar, F. (2019). Linking dung beetle diversity and its ecological function in a gradient of livestock intensification management in the Neotropical region. *Applied Soil Ecology*, 143, 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.06.016>
- Alvarado, F., Escobar, F., Williams, D. R., Arroyo-Rodríguez, V., & Escobar-Hernández, F. (2018). The role of livestock intensification and landscape structure in maintaining tropical biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 55(1), 185–194. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12957>
- Alvarado, F., Williams, D. R., Arroyo-Rodríguez, V., & Escobar, F. (2020). Commentary: Forest Cover Is Critical for Biodiversity Conservation in Tropical Livestock-Dominated Landscapes. *Tropical Conservation Science*, 11(1). <https://doi.org/10.1177/1940082918783160>
- Arroyo-Rodríguez, V., Rojas, C., Saldaña-Vázquez, R. A., & Stoner, K. E. (2016). Landscape composition is more important than landscape configuration for phyllostomid bat assemblages in a fragmented biodiversity hotspot. *Biological Conservation*, 198, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.03.026>
- Barragán, F., Moreno, C. E., Escobar, F., Bueno-Villegas, J., & Halffter, G. (2014). The impact of grazing on dung beetle diversity depends on both biogeographical and ecological context. *Journal of Biogeography*, 41(10), 1991–2002. <https://doi.org/10.1111/jbi.12351>
- Carrara, E., Arroyo-Rodríguez, V., Vega-Rivera, J. H., Schondube, J. E., Freitas, S. M. de, & Fahrig, L. (2015). Impact of landscape composition and configuration on forest specialist and generalist bird species in the fragmented Lacandona rainforest, Mexico. *Biological Conservation*, 184, 117–126. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.01.014>
- Chown, S. L. (2001). Physiological variation in insects: Hierarchical levels and implications. *Journal of Insect Physiology*, 47(7), 649–660. [https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(00\)00163-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(00)00163-3)
- Edwards, D. P., Gilroy, J. J., Thomas, G. H., Uribe, C. A. M., & Haugaasen, T. (2015). Land-sparing agriculture best protects avian phylogenetic diversity. *Current biology*, 25(18), 2384–2391.
- Ekroos, J., Ödman, A. M., Andersson, G. K. S., Birkhofer, K., Herbertsson, L., Klatt, B. K., Olsson, O., Olsson, P. A., Persson, A. S., Prentice, H. C., Rundlöf, M., & Smith, H. G. (2016). Sparing Land for Biodiversity at Multiple Spatial Scales. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3. <https://doi.org/10.3389/fevo.2015.00145>
- Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B., & Norberg, J. (2003). Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(9), 488–494. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0488:RDECAR\]2.o.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0488:RDECAR]2.o.CO;2)
- Fajardo, D., Johnston González, R., Neira, L., Chará, J., & Murgueitio, E. (2009). *Influencia de sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia*.
- FEDEGAN. (2018). *Ganadería Colombiana, Hoja de ruta 2018-2022*.
- Gabriel, D., Sait, S. M., Hodgson, J. A., Schmutz, U., Kunin, W. E., & Benton, T. G. (2010). Scale matters: The impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters*, 13(7), 858–869. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01481.x>
- Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., Peres, C. A., Bradshaw, C. J. A., Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., & Sodhi, N. S. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, 478(7369), 378–381. <https://doi.org/10.1038/nature10425>

- Gilroy, J. J., Woodcock, P., Edwards, F. A., Wheeler, C., Medina Uribe, C. A., Haugaasen, T., & Edwards, D. P. (2014). Optimizing carbon storage and biodiversity protection in tropical agricultural landscapes. *Global Change Biology*, 20(7), 2162–2172. <https://doi.org/10.1111/gcb.12482>
- Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J. D., & Calle, Z. (2011). The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity*, 4(2), 115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00112.x>
- Halffter, G., & Arellano, L. (2002). Response of Dung Beetle Diversity to Human-induced Changes in a Tropical Landscape. *Biotropica*, 34(1), 144–154. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00250.x>
- Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J., & Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75(1), 3–35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>
- Klein, B. C. (1989). Effects of Forest Fragmentation on Dung and Carrion Beetle Communities in Central Amazonia. *Ecology*, 70(6), 1715–1725. <https://doi.org/10.2307/1938106>
- León Sarmiento, A. C. D. (2016). *Ganadería colombiana sostenible-resultados del proyecto en las regiones de Boyacá, Santander y el piedemonte orinocense*.
- Manning, A. D., Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2006). Scattered trees are keystone structures – Implications for conservation. *Biological Conservation*, 132(3), 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.04.023>
- Montoya-Molina, S., Giraldo-Echeverri, C., Montoya-Lerma, J., Chará, J., Escobar, F., & Calle, Z. (2016). Land sharing vs. Land sparing in the dry Caribbean lowlands: A dung beetles' perspective. *Applied Soil Ecology*, 98, 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.017>
- Newbold, T., Scharlemann, J. P. W., Butchart, S. H. M., Şekercioğlu, Ç. H., Alkemade, R., Booth, H., & Purves, D. W. (2013). Ecological traits affect the response of tropical forest bird species to land-use intensity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1750), 20122131. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2131>
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A. L., Escobar, F., Favila, M., & Vulinec, K. (2007). Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. *Biological Conservation*, 137(1), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023>
- Noy-Meir, I. (2005). *Producción ganadera y conservación de la biodiversidad: Conflictos y soluciones*. 29, 2007.
- Nyström, M., Folke, C., Moberg, F., Nyström, M., Folke, C., Moberg, F., Nyström, M., Folke, C., & Moberg, F. (2000). Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(10), 413–417. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01948-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01948-0)
- Pedraza, G. X., Giraldo, L. P., & Chará, J. D. (2008). Efecto de la restauración de corredores ribereños sobre características bióticas y abióticas de quebradas en zonas ganaderas de la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Zootecnia tropical*, 26(3), 179–182.
- Peñuela, L., & Fernández, A. P. (2010). La ganadería ligada a procesos de conservación en la sabana inundable de la Orinoquia. *Orinoquia*, 14(1), 5–17.
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2012). *Separación o integración para la conservación de biodiversidad: La ideología detrás del debate "land-sharing" frente a "land-sparing"*. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/23857>
- Phalan, B., Onial, M., Balmford, A., & Green, R. E. (2011). Reconciling food production and biodiversity conservation: Land sharing and land sparing compared. *Science*, 333(6047), 1289–1291.

- Prescott, G. W., Gilroy, J. J., Haugaasen, T., Medina Uribe, C. A., Foster, W. A., & Edwards, D. P. (2016). Managing Neotropical oil palm expansion to retain phylogenetic diversity. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 150–158. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12571>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.09.011>
- Sánchez-de-Jesús, H. A., Arroyo-Rodríguez, V., Andresen, E., & Escobar, F. (2016). Forest loss and matrix composition are the major drivers shaping dung beetle assemblages in a fragmented rainforest. *Landscape Ecology*, 31(4), 843–854. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0293-2>
- Silva-Junior, V., Souza, D. G., Queiroz, R. T., Souza, L. G. R., Ribeiro, E. M. S., & Santos, B. A. (2018). Landscape urbanization threatens plant phylogenetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest. *Urban Ecosystems*, 21(4), 625–634. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0745-y>
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & Haan, C. de. (2009). *La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Williams, B. A., Grantham, H. S., Watson, J. E. M., Alvarez, S. J., Simmonds, J. S., Rogéliz, C. A., Silva, M. D., Forero-Medina, G., Etter, A., Nogales, J., Walschburger, T., Hyman, G., & Beyer, H. L. (2020). Minimising the loss of biodiversity and ecosystem services in an intact landscape under risk of rapid agricultural development. *Environmental Research Letters*, 15(1), 014001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5ff7>



1

Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Referentes para Colombia

2

Ganadería

3

Palma de aceite

4

Café y cacao

5

Aguacate

6

Cereales, papa y otros cultivos de importancia para Colombia

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Palma de aceite



Autores

Julián Ávila

Consultor WCS

Lucas Buitrago

Especialista instrumentos para la sostenibilidad WCS

ISBN: 978-958-5461-94-9

Diciembre 2020

Equipo WCS Colombia

Catalina Gutiérrez

Directora

Germán Forero

Director Científico

Silvia Alvarez

Coordinadora Paisajes Sostenibles

Leonor Valenzuela

Coordinadora Análisis y Síntesis

Pato Salcedo

Coordinador Comunicaciones

Johanna Gutiérrez

Especialista Gestión de Proyectos

Equipo TNC Colombia

María Isabel Vieira

Especialista compensaciones

Diego Lizcano

Especialista en biodiversidad

Andrés Felipe Zuluaga

Director de Conservación

Puntoaparte
Editores

www.puntoaparte.com.co

Diseño y diagramación

Valeria Cobo

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Palma de aceite

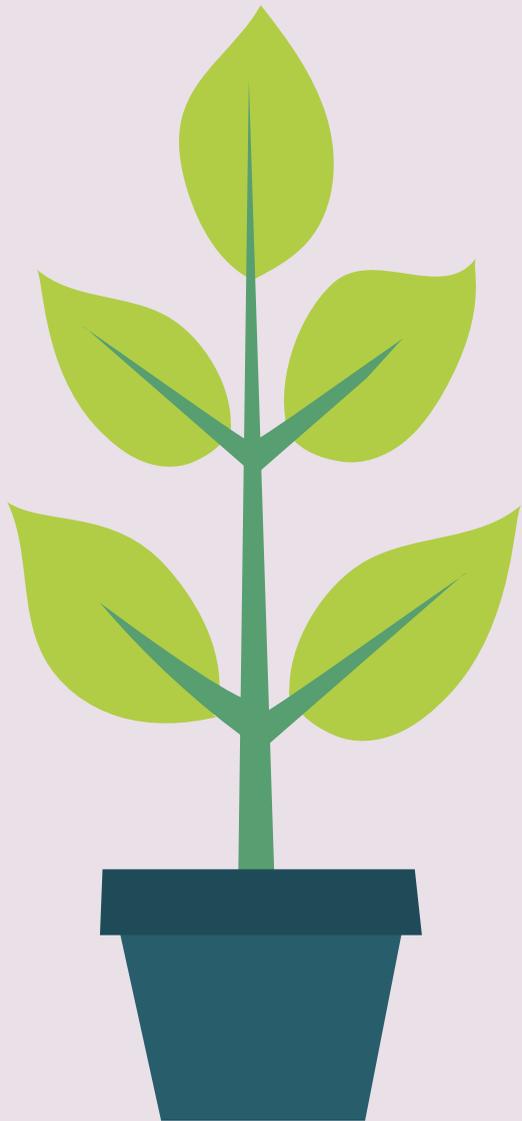


Con el apoyo de:

The Nature
Conservancy 

Fundación 
Santo Domingo

Contenido



1 Guía de consulta

4

2 Caracterización del sistema

7

Modelo convencional

8

Alternativas

3 Caso 1 Sabanas naturales

11

Hormigas

12

Escarabajos

13

Herpetofauna

14

Avifauna

16

Mamíferos

17

Diversidad funcional y diversidad filogenética

18

Captura de carbono

4 Caso 2 Bosque seco

21

Avifauna

22

Mamíferos

23

Conectividad y dispersión

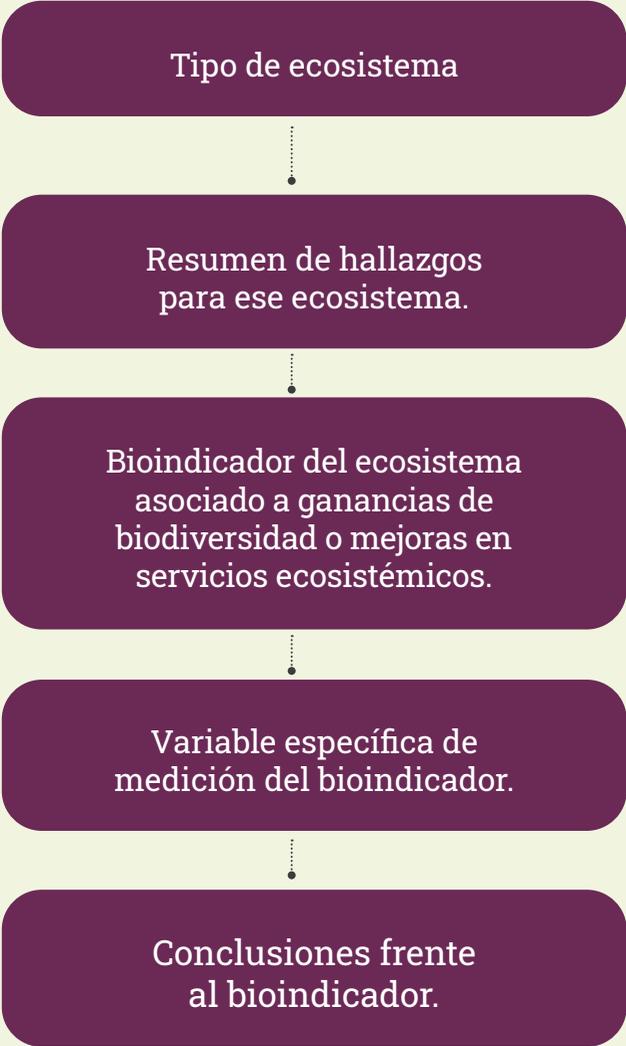
5 Conclusiones y recomendaciones

24

6 Referencias

25

Guía de consulta



4

Las secciones dedicadas a cada sistema productivo están creadas para poder profundizar en detalles sobre los impactos positivos y/o negativos en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos de diferentes intervenciones.

Cada sección inicia con una descripción general de el sistema productivo, que incluye cifras a nivel del país, una descripción de los principales impactos que este tipo de sistema productivo puede causar a ecosistemas naturales y las principales intervenciones que se han usado para hacer más sostenible su producción.

La información recolectada se presenta en el siguiente orden:



Esta información se presenta para cada ecosistema del que se haya encontrado información.

Finalmente, se ofrecen unas conclusiones generales sobre la sostenibilidad de ese sistema productivo.

2

Caracterización del sistema

Modelo convencional

7

Alternativas

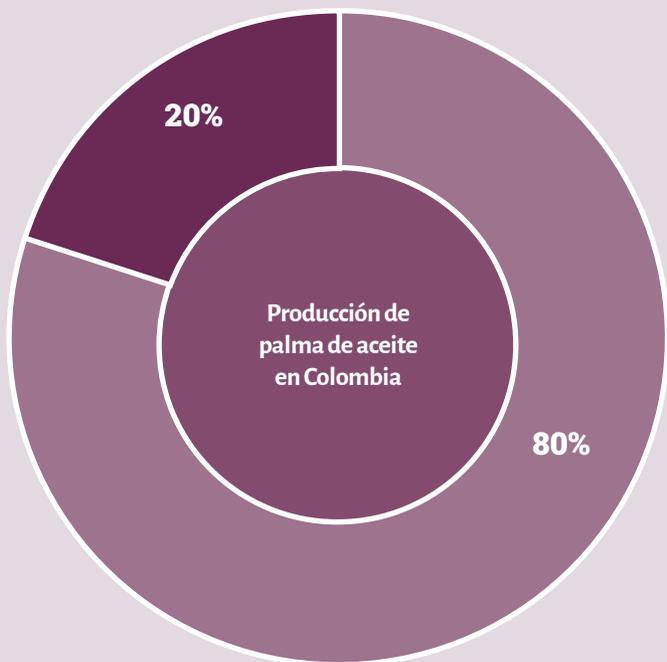
8

Colombia tras 60 años de haber empezado en el negocio es actualmente el principal productor de aceite de palma en América y el cuarto a nivel mundial, con un cultivo que asciende a las 560 mil hectáreas (una superficie mayor a la de todo el departamento de Risaralda), distribuidas en 161 municipios de 21 departamentos (Fedepalma, 2020). Los departamentos de Meta, Cesar,

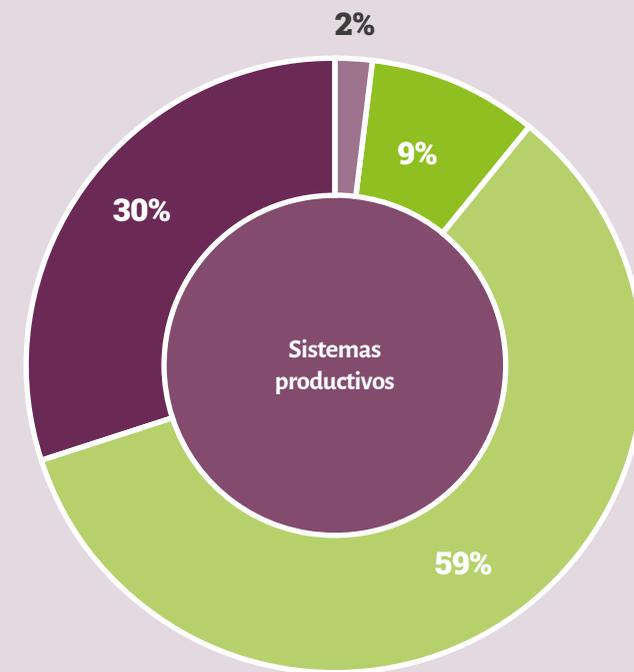
Casanare, Santander y Magdalena representan el 80,7% de la producción de aceite crudo de palma en el país. En el país se reconocen unos 6.000 palmicultores, de los cuales el 80% son pequeños productores que se organizan en emprendimientos asociativos, el 20% restante corresponde a los grandes productores que poseen vastas extensiones de cultivo.



Desde el establecimiento del cultivo de palma de aceite en Colombia los usos de suelo que han sido transformados han sido principalmente en tierras previamente intervenidas por otros sistemas productivos como pastizales (59%), cultivos de ciclo corto (30%) y banano (2%) y en bosques y fragmentos forestales (9%).



- Grandes productores
- Pequeños productores



- Cultivos ciclo corto
- Banano
- Bosques
- Pastizales



Modelo convencional

El modelo convencional de cultivo de palma de aceite ha sido polémico en materia ambiental debido a sus principales exponentes que son Indonesia que tiene un 52% de producción a nivel mundial y Malasia con un 33%, en estos países se delimitan grandes extensiones de tierra para el desarrollo de monocultivos que más tarde se expanden fuera de esos límites cambiando los tipo de usos de suelo que esas tierras tuvieran previamente ya fueran de otros sistemas productivos o en su mayoría de bosques tropicales (Azhar et al., 2014). La palma requiere de fertilizantes agroquímicos para mejorar su productividad y de productos químicos que ayuden al control de enfermedades incluyendo algunos insecticidas no específicos en las regiones con mayor humedad.

Afectaciones comunes al medio ambiente

La principal afectación por la que se reconoce al cultivo a nivel internacional es la deforestación en países tropicales, donde las plantaciones de palma aceitera sustituyen a los bosques naturales. Únicamente en Indonesia se deforestó 1 millón de hectáreas para el 66% de sus cultivos, con la consecuente pérdida de biodiversidad. La expansión del cultivo de palma africana dependiendo de sus técnicas de cultivo puede producir impactos ambientales como: erosión y compactación del suelo, contami-

nación hídrica y de los terrenos por el uso de insumos químicos y desechos sólidos, alteración y disminución de las fuentes de agua por desviación, alteración de la actividad biológica de algunas especies (diseminación de plagas, hibridación), y contaminación por efluentes líquidos. Estos impactos conllevan a la degradación de la base productiva natural en dichas zonas, así como al fraccionamiento de la integridad ecológica y funcionalidad de los ecosistemas naturales (GEF-BID, 2013).



Alternativas

A raíz de las grandes afectaciones reportadas e los ecosistemas del sudeste asiático, se sembró la discusión sobre la sostenibilidad del cultivo y la disminución de sus impactos ambientales. La industria de la palma de aceite adoptó entonces la estrategia de la RSPO (Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible) que desarrolló estándares y criterios con la participación de todas las partes interesadas de su cadena de valor y un sistema de certificación del cumplimiento de esos estándares.

El estándar de la RSPO incorpora los requerimientos de los tres pilares de la sostenibilidad, buscando que la actividad palmera sea:

- Viable económica y financieramente en el largo plazo, adopte las mejores prácticas disponibles en las actividades de cultivo y beneficio,

- Respete el medio ambiente y los derechos de los trabajadores y de las comunidades vecinas a las zonas palmeras.
- No genere deforestación ni afectación en áreas con alto valor de conservación.
- Sea responsable en la identificación de sus potenciales impactos ambientales y sociales y en una gestión efectiva para su prevención, mitigación o compensación.
- Adopte una filosofía de mejora continua.

El cultivo de palma sostenible para reducir sus impactos sobre la biodiversidad está direccionado a no ocupar nuevas zonas de alto valor medioambiental, no amenazar a la biodiversidad y promover prácticas agrícolas más limpias con un uso limitado de agroquímicos.



3

Caso 1. Sabanas Naturales

Hormigas

11

Escarabajos

12

Herpetofauna

13

Avifauna

14

Mamíferos

16

Diversidad Funcional y
diversidad filogenética

17

Captura de carbono

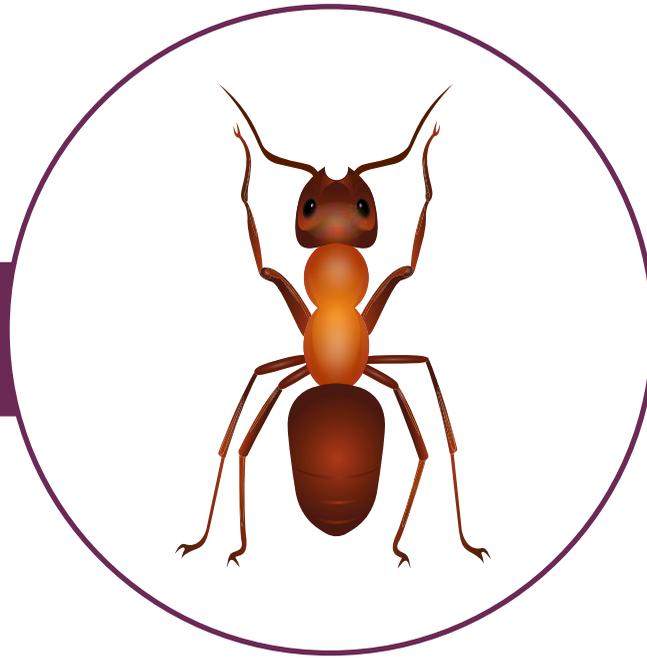
18

Bioindicadores		Tratamientos:	Estudios
   	Hormigas Escarabajos Herpetofauna Avifauna	Cultivos de palma Sabana natural Bosque ripario y morichal	Gilroy et al., 2015
	Avifauna	Cultivos de palma Sabanas naturales	López-Ricaurte et al., 2017
	Avifauna	Cultivos de palma Sabana natural Bosque ripario y morichal	Prescott, Gilroy, Haugaasen, Uribe, et al., 2016
	Avifauna	Cultivos de palma Sabana natural Bosque ripario y morichal	Prescott, Gilroy, Haugaasen, Medina Uribe, et al., 2016
	Mamíferos	Palma de aceite Bosque ripario	Pardo et al., 2019
	Captura de carbono	Cultivos de palma Pastizales uso agrícola	Quezada et al., 2019

Ecosistema: llanuras 130 - 250 msnm. Departamentos de Casanare, Cundinamarca, Meta y Vichada, Colombia. Sistemas de sabana natural y plantaciones de palma.



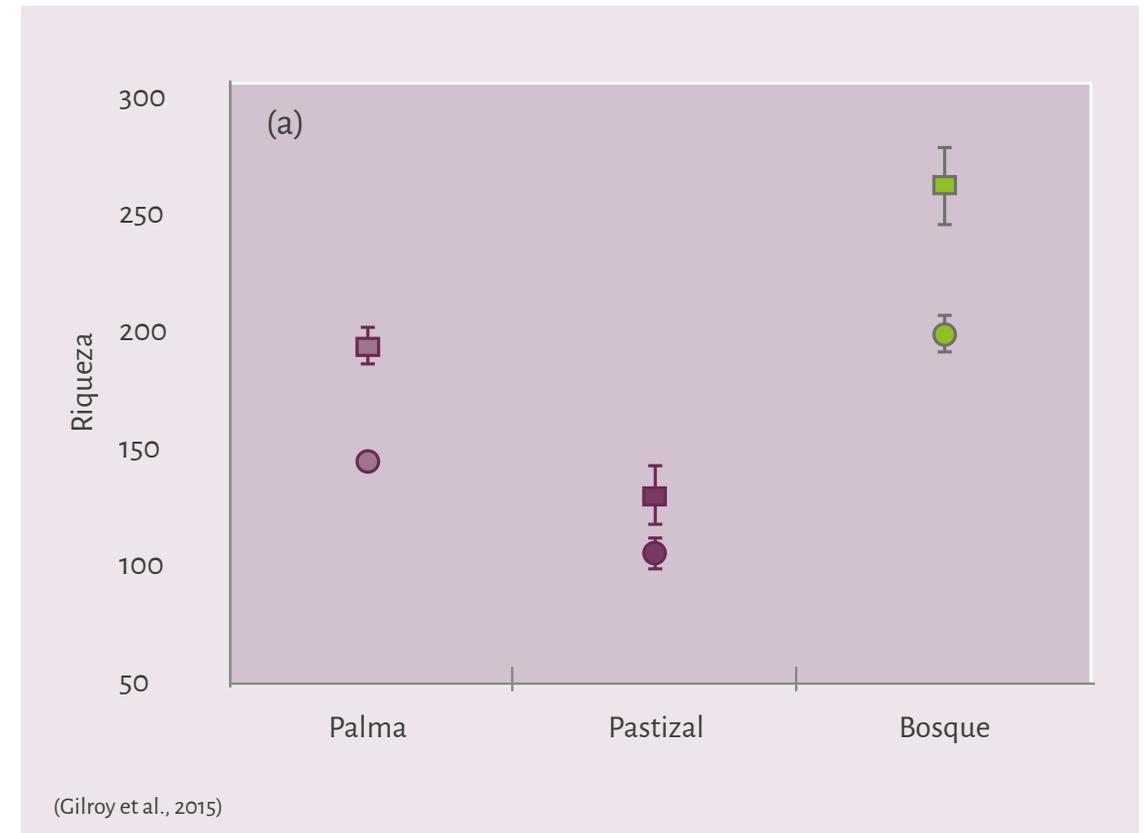
Hormigas



Se identificaron 238 especies de hormigas. La riqueza total estimada de especies fue mayor en los bosques que en la palma de aceite y a su vez la riqueza de especies fue mayor en la palma que en los pastizales. Los análisis de composición de especies indican que todos los

tipos de uso del suelo difieren entre sí. Se analizó la probabilidad de encontrar a las distintas especies de hormigas en cada uno de los tipos de suelo y se encontró que la palma de aceite soporta más especies de bosque que las pasturas (Gilroy et al., 2015)

➔ **Figura 1.** Riqueza de especies estimada de hormigas para los distintos usos del suelo evaluados.

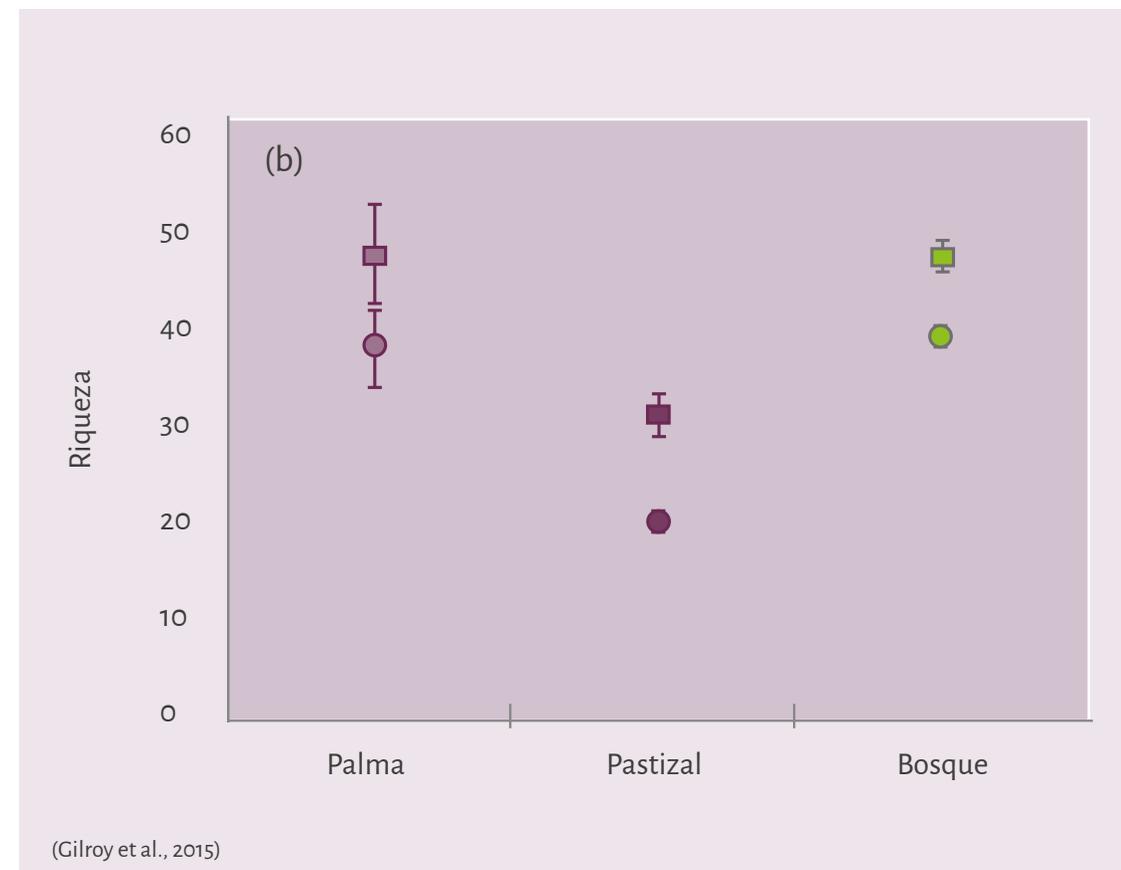




Escarabajos



➔ **Figura 2.** Riqueza de especies estimada de escarabajos para los distintos usos del suelo evaluados.



Para los escarabajos de estiércol la riqueza total estimada de especies fue mayor en la palma aceitera que en los pastizales 51% y no fue diferenciable de la riqueza de especies presentada en los bosques. Los escarabajos de estiércol fueron considerablemente más abundantes en el bosque que en la palma de aceite, y esta a su vez más abundante que en

que los pastizales. Los análisis de composición de especies indican que todos los tipos de uso del suelo difieren entre sí. Se analizó la probabilidad de encontrar a las distintas especies de escarabajos en cada uno de los tipos de suelo y se encontró que la palma de aceite soporta casi tantas especies de este grupo de invertebrados que el bosque.

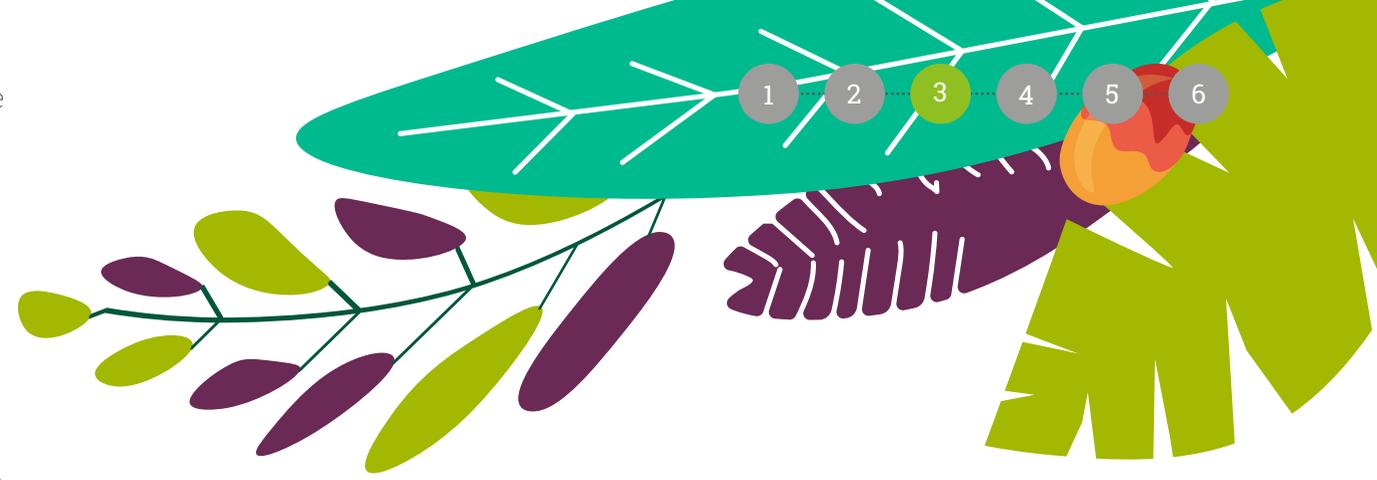
(Gilroy et al., 2015)

Herpetofauna

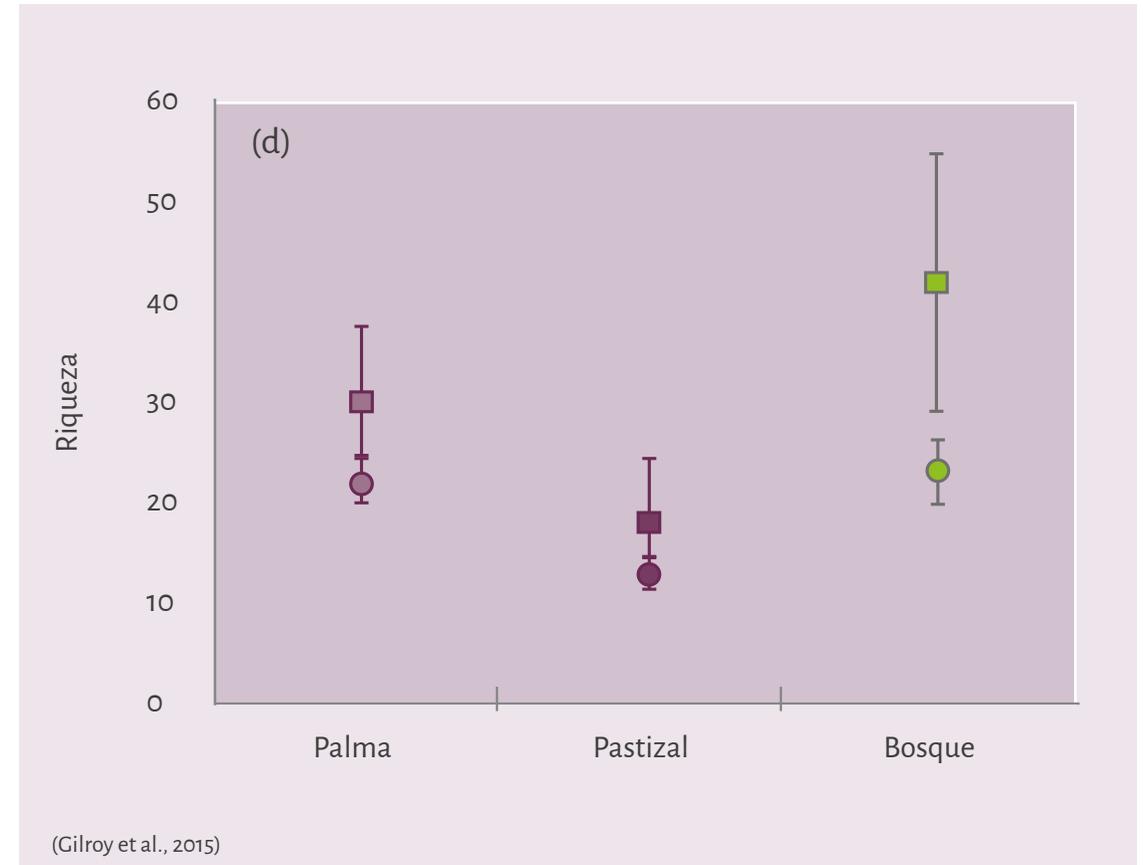


Para la herpetofauna, la riqueza total estimada de especies fue mayor en los bosques que en los cultivos de palma de aceite y a su vez la riqueza en las plantaciones fue mayor que en los pastizales. La abundancia de herpetofauna no varió significativamente entre los distintos hábitats. Los análisis de compo-

sición de especies indican que todos los tipos de uso del suelo difieren entre sí. Se analizó la probabilidad de encontrar a las distintas especies de este grupo taxonómico en cada uno de los tipos de suelo y se encontró que la palma de aceite soporta más especies del bosque que los pastizales.



→ **Figura 3.** Riqueza de especies estimada de herpetofauna para los distintos usos del suelo evaluados.





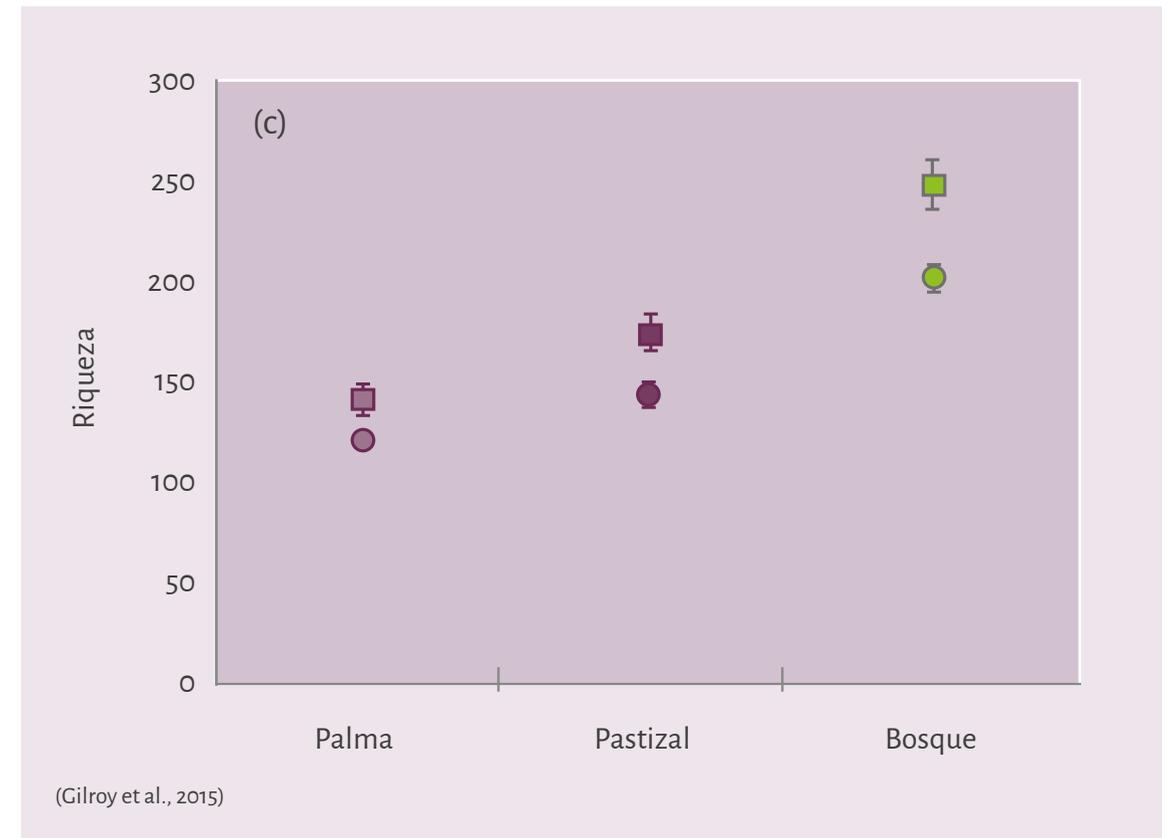
Avifauna



Las aves por el contrario de los demás grupos evaluados mostraron una abundancia y riqueza total de especies mayor en los bosques seguido de los pastizales y por último la palma aceitera. La abundancia general promedio de aves fue significativamente mayor en los pastizales que en el bosque y palma aceitera. Los análisis de composición de las comunidades de aves difieren para cada tipo de uso del suelo. Se

analizó la probabilidad de encontrar a las distintas especies de aves en cada uno de los tipos de suelo y se encontró que la palma de aceite soporta más especies del bosque que los pastizales. No obstante, para este grupo hay diferencias por los requerimientos de un enorme número de aves acuáticas que se distribuyen en las sabanas inundables y que no son soportadas por las plantaciones de palma.

→ **Figura 4.** Riqueza de especies estimada de aves para los distintos usos del suelo evaluados.



El aumento en la cobertura que representan los cultivos de palma es favorable para las aves. Se evaluó la probabilidad de ocurrencia en relación con la distancia a los parches de bosque inmersos en la matriz agrícola dominada por sistemas productivos y se encontró

una relación negativa donde la probable ocurrencia de aves disminuye en los pastizales a medida que la distancia de los parches de bosque aumenta. No se encontró una relación clara entre la distancia de los parches de bosque y la ocurrencia de especies en los cultivos de palma.

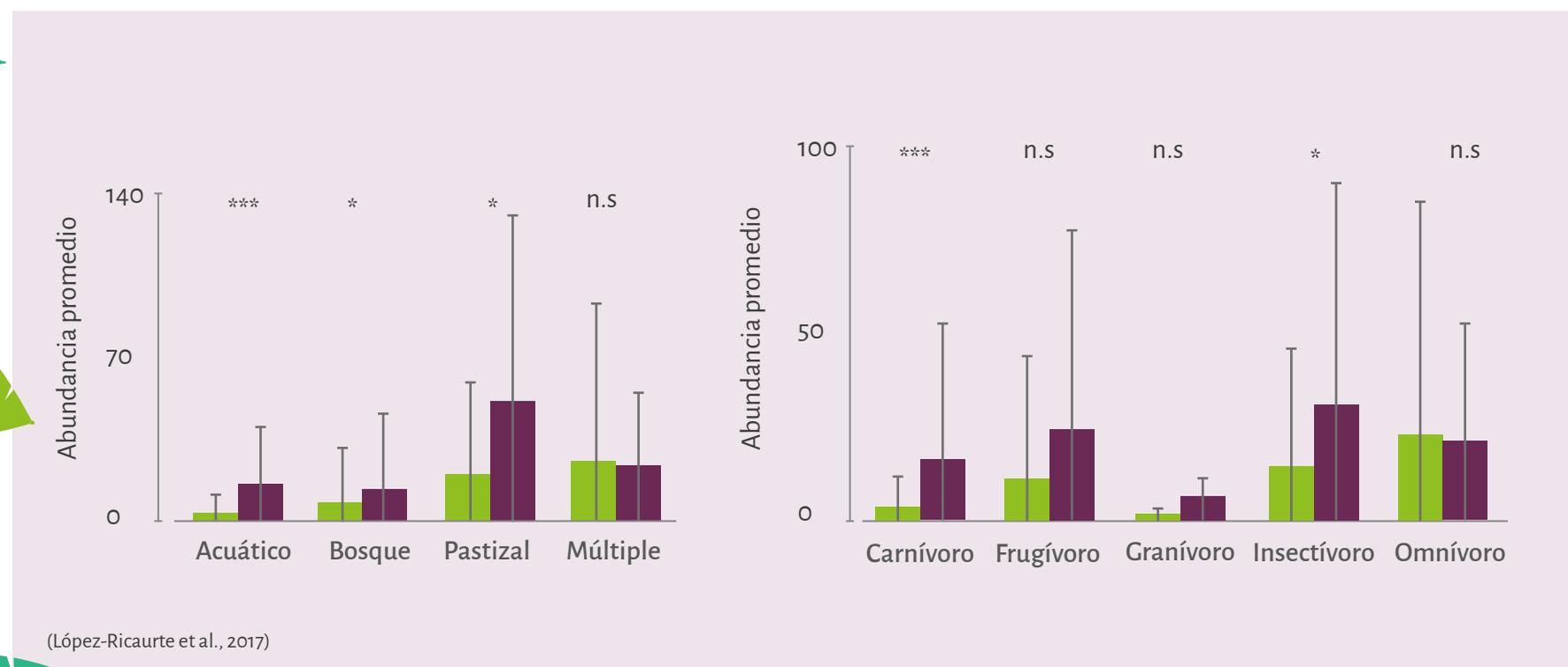
Sensibilidad a la conversión de pasturas en cultivos de palma

Las pérdidas de biodiversidad son evidentemente menores cuando un cultivo de palma reemplaza una pastura que cuando reemplaza un fragmento de bosque y puede ser aprovechado por algunos grupos taxonómicos, en

este análisis se exploran los posibles cambios en la abundancia de algunos grupos de aves dependiendo de sus requerimientos de hábitat y sus hábitos alimenticios (López-Ricaurte et al., 2017). Se identificaron un total de 140 es-

pecies de las cuales 54 especies eran exclusivas de la sabana (41,5%), mientras que 19 eran exclusivas de la palma aceitera (14,6%) y 57 especies (43,8%) se detectaron en ambos hábitats.

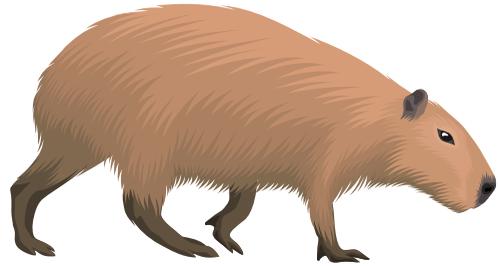
→ **Figura 5.** La abundancia media (\pm DE) dentro de la palma aceitera (verde) y la sabana (morado). a) requerimiento de hábitat; b) gremio trófico. *diferencias significativas; ns: sin diferencias significativas



Conclusiones

Estos resultados demuestran que el cultivo de palma conserva menores abundancias de las especies de aves asociadas a cuerpos de agua, pastizales y bosques y una mayor cantidad de especies generalistas. Por otro lado, respecto a los gremios tróficos, los cultivos de palma presentan menores abundancias de especies carnívoras e insectívoras que los pastizales, mientras no presentan diferencias significativas respecto a las especies granívoras, frugívoras y omnívoras.

Mamíferos



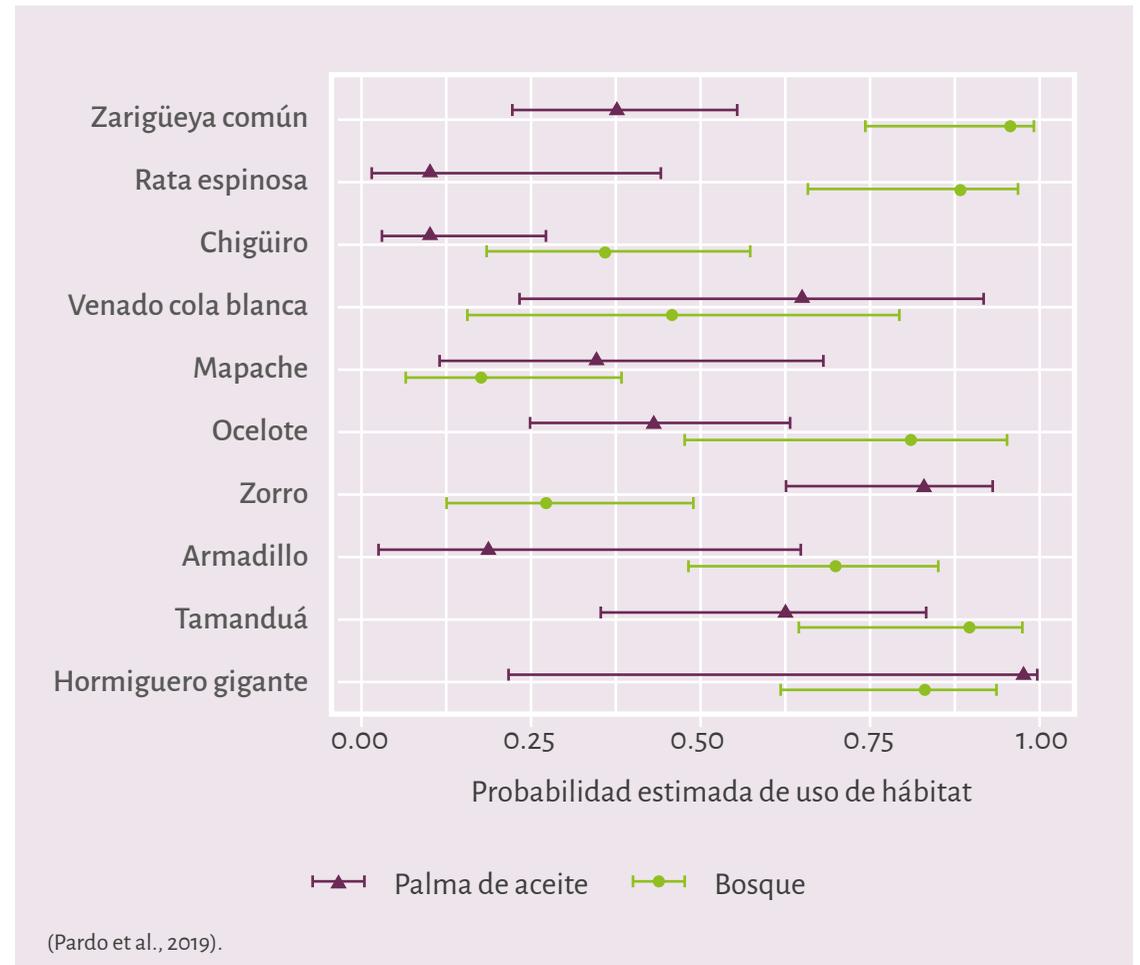
16

La respuesta específica de algunas especies animales a los cambios en el tipo de uso del suelo es difícil de conocer. Aquí se evaluó la preferencia de hábitat entre el bosque y las plantaciones de palma (Pardo et al., 2019). En general, los mesocarnívoros generalistas, el venado cola blanca, el oso hormiguero gigante y el zorro tienen más probabilidades de usar palma aceitera, mientras que las especies restantes, incluido el ocelote y el oso hormiguero menor, mostraron preferencias por el bosque. El tipo de hábitat influyó fuertemente en el uso de la mitad de las especies registradas, la palma de aceite mostró una relación negativa para especies como el chigüiro, la rata espinosa, el armadillo, zarigüeya común y el ocelote.

Conclusiones

Se estudió adicionalmente el efecto de variables como el sotobosque sobre la preferencia del hábitat, los resultados sugieren que permitir la vegetación de sotobosque dentro de las plantaciones y mantener los corredores ribereños cercanos aumentaría la probabilidad de que ocurran mamíferos terrestres en los paisajes de palma aceitera. El uso de hábitat reportado inclusive en las especies que tienen una relación positiva con la palma implica que sus plantaciones por sí solas serían insuficientes para la persistencia de los mamíferos silvestres.

→ **Figura 6.** Probabilidad de uso del hábitat para 12 especies de mamíferos registrados en el área de estudio para los cultivos de palma de aceite y el bosque.



(Pardo et al., 2019).

Diversidad Funcional y diversidad filogenética

La diversidad funcional (FD) es un concepto desarrollado para encapsular la variedad de roles funcionales que desempeña cada una de las especies dentro de una comunidad (Magurran y McGill, 2010; Petchey y Gaston, 2002). Se espera entonces que una mayor diversidad funcional aumente la provisión de servicios ecosistémicos (Cardinale et al., 2012; Hooper et al., 2005). La diversidad filogenética por otro lado nos cuenta

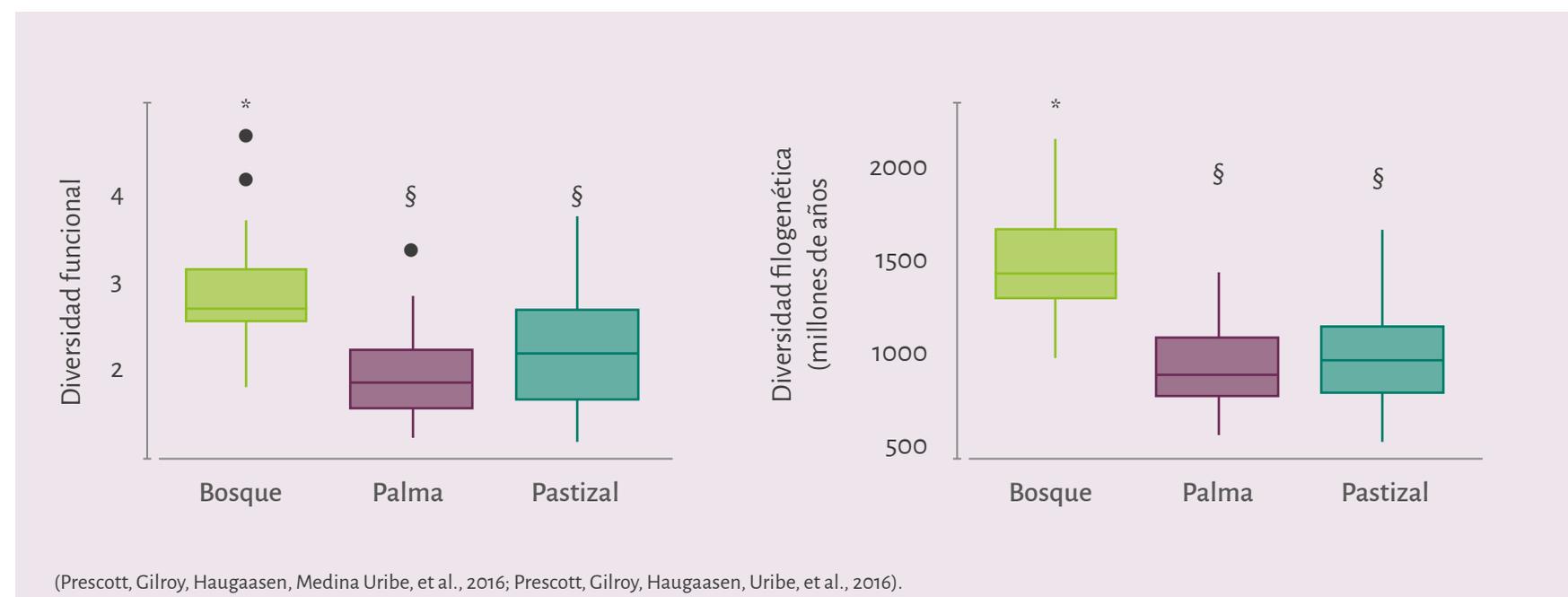
la historia evolutiva de esa comunidad y como a través de mucho tiempo diversas especies se han ido adaptando a ese ecosistema. Una mayor diversidad filogenética se relaciona con una mayor plasticidad y resiliencia de las especies y sus servicios ecosistémicos dentro de un paisaje.

En estos estudios tanto la diversidad funcional como la diversidad filogenética es mayor en los bosques mientras que no se encuentran diferen-

cias entre los cultivos de palma y los pastizales usados para la ganadería en la Orinoquía colombiana (Prescott, Gilroy, Haugaasen, Medina Uribe, et al., 2016; Prescott, Gilroy, Haugaasen, Uribe, et al., 2016). Sin embargo, la distinción evolutiva media es más alta en los pastizales, debido a la abundancia de aves acuáticas que tienen requerimientos de hábitat específicos que solo provee este ecosistema.



➔ **Figura 7.** (a) Diversidad funcional (FD), (b) diversidad filogenética para las comunidades de aves. palma aceitera y pasturas mejoradas. Los diferentes símbolos sobre los cuadros de cuadro. * Diferencias significativas.



Conclusiones

Estos estudios demuestran que los bosques de la Orinoquía tienen la capacidad de albergar una diversidad mayor, que conserva funciones y una historia evolutiva más diversa que los sistemas productivos establecidos en la misma región. El establecimiento de cultivos de palma puede evidenciar pérdidas menores de biodiversidad funcional y filogenética cuando reemplaza pastizales usados previamente por la ganadería, ejerciendo presión sobre un grupo más reducido como las aves acuáticas. Se tendrá un impacto negativo menor sobre este grupo si se evita la afectación de humedales (permanentes o estacionales) por siembra y/o desecación. El establecimiento de sistemas productivos como la palma no reemplazan estos atributos de la diversidad de los bosques y morichales.

Captura de carbono



A diferencia de Malasia e Indonesia, donde los cultivos de palma reemplazan bosque tropical primario y secundario, en Colombia las intervenciones en la Orinoquía ocurren principalmente en pastizales que previamente han sido utilizados para la producción de ganado. En los países del sudeste asiático la deuda de carbono debido a la deforestación (173 Mg C ha^{-1}) no es comparable con la captura que realiza el cultivo durante su ciclo de vida. En la Orinoquía se encontró que los cultivos de palma que reemplazaron pastizales de uso agrícola no tienen esa deuda de carbono liberado a la atmósfera y al reemplazar una cobertura rasante por un sistema

de árboles que alcanzan hasta los 15 m de altura se puede considerar un cultivo neutro de carbono ($-0.5 \pm 8.8 \text{ Mg C ha}^{-1}$) reduciendo las pérdidas del carbono total del ecosistema (Quezada et al., 2019).

Estos resultados no son una justificación válida para la transformación de sabanas naturales, debido a que este ecosistema tiene interacciones específicas de sus comunidades nativas y valores para sus servicios ecosistémicos, las pérdidas de biodiversidad allí no podrán ser reemplazadas por sistemas de cultivo y deberá prestarse especial atención a la historia

de uso del suelo en la Orinoquía colombiana. Adicionalmente, el diseño espacial de las plantaciones de palma de aceite también puede incluir otros elementos naturales de la cubierta del suelo, como los bosques, matorrales y las sabanas remanentes. Este mosaico de paisajes más heterogéneo probablemente proporcionaría una mayor capacidad de recuperación del ecosistema favoreciendo tanto la productividad como la conservación.



4

Caso 2. Selva húmeda tropical

Avifauna

21

Mamíferos

22

Conectividad
y dispersión

23



Ecosistema: Selva húmeda tropical fuertemente fragmentada. Sudeste asiático, Borneo (Malasia – Indonesia).

Bioindicadores	Tratamientos:	Estudios
 Avifauna	Bosque Bosque talado 1 vez Bosque talado 2 veces Palma de aceite	Edwards et al., 2013
 Mamíferos	Grandes cultivos Pequeños cultivos Parches de bosque	Azhar et al., 2014
   Avifauna Murciélagos Insectos no voladores	Sin HCVAs Bosques en HCVAs Bosques y HCVAs	Scriven et al., 2019v



Avifauna



21

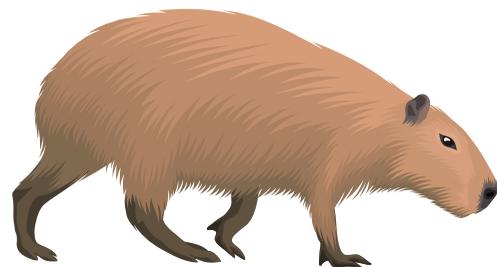
La tala selectiva comercial y la conversión de bosques primarios y degradados a la agricultura son las mayores amenazas para la biodiversidad tropical. Se abordó este problema examinando la diversidad funcional (FD), que cuantifica una variedad de rasgos que afectan el papel ecológico de una especie en una comunidad como una única métrica continua (Edwards et al., 2013). La selva tropical talada retuvo niveles similares de FD a la selva tropical no talada, incluso después de dos rotaciones de tala, pero la conversión del bosque talado en palma aceitera produjo reducciones dramáticas en la FD.

	Sin tala	Tala 1 vez	Tala 2 vez	Palma de aceite
Riqueza especies	139	131	139	32
Diversidad funcional	93±3	87±5	94±5	18±1

(Edwards et al., 2013)

Estos resultados sugieren que en ecosistemas de selva húmeda tropical la extensión de las plantaciones de palma de aceite podría ocasionar pérdidas irreversibles de biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados a esas especies de aves que tienen requerimientos específicos de hábitats boscosos. Aunque la palma ofrezca una cobertura forestal no cuenta con la estructura ni la composición heterogénea que requieren las especies nativas de estos ecosistemas.

Mamíferos



Los mamíferos nativos pueden ver afectados por las plantaciones de palma, debido al cambio del tipo de uso del suelo y por la intervención humana. En este estudio encontraron que la riqueza de especies de mamíferos disminuía en relación con el tamaño de los parches de bosque remanentes dentro de las plantaciones de palma y también con un aumento en las actividades humanas (Azhar et al., 2014). Examinaron si adicionalmente había un efecto del tamaño del cultivo y encontraron que los mamíferos tenían una mayor probabilidad de ser encontrados en las plantaciones pequeñas que en los grandes cultivos extensivos.

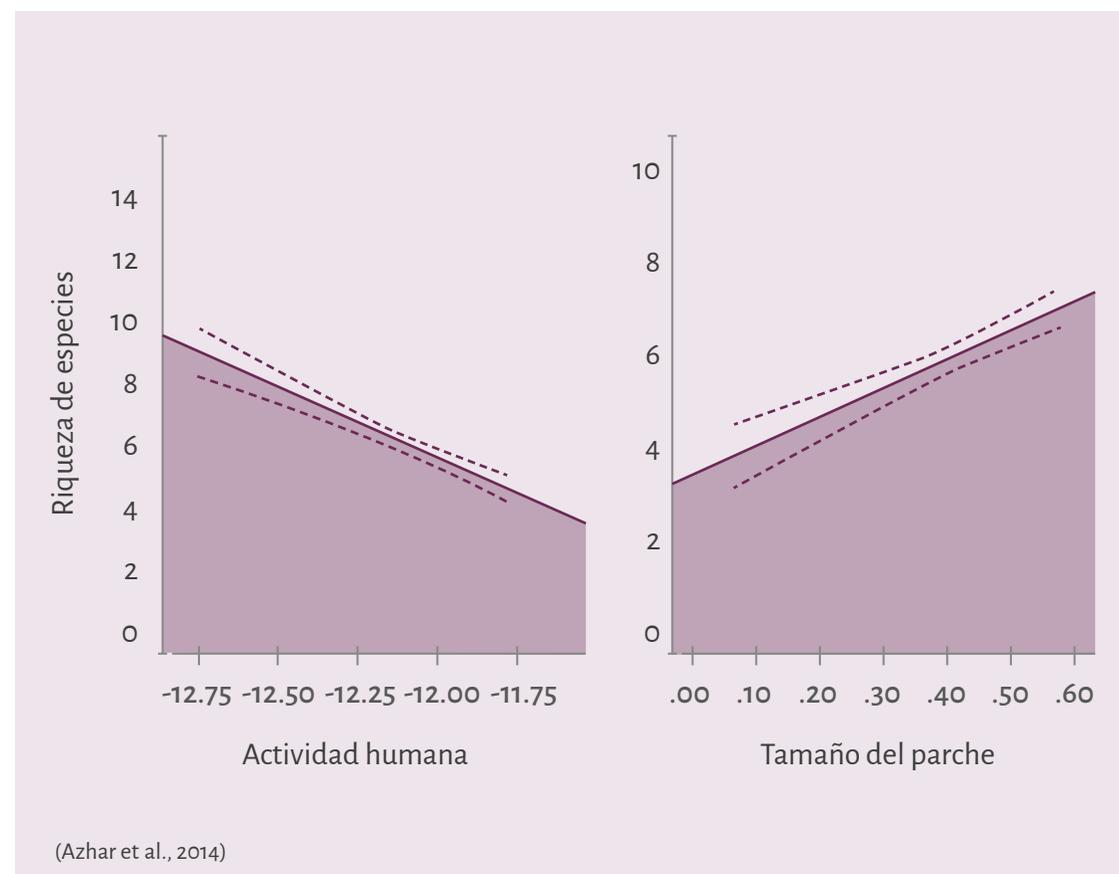
Conclusiones

En los ecosistemas de bosque húmedo tropical es evidente el impacto negativo de las plantaciones de palma de aceite, siendo un reto complejo

la producción sostenible. En este ecosistema los sistemas productivos deben propender por reducir las perturbaciones humanas y proteger los parches de bosque remanentes que existen en matrices muy transformadas. Al existir poblaciones sensibles de mamíferos la caza furtiva debe eliminarse para que no lleve las especies a cuellos de botella de los cuales no podrán recuperarse. El registro de especies de mamíferos en plantaciones de menor tamaño puede estar asociado a una mayor heterogeneidad de hábitat ya que cuentan con palma, relictos de bosque y parches de vegetación secundaria.



→ **Figura 8.** Riqueza de especies de mamíferos en plantaciones de palma en los ecosistemas de selva húmeda tropical del sudeste asiático. A) actividad humana; b) tamaño de los parches de bosque



Conectividad y dispersión



23

Para las certificaciones RSPO los cultivadores deben reconocer las áreas de alto valor para la conservación AAVC, ya que se promueve que la expansión de los cultivos no se haga sobre los remanentes de ecosistemas naturales. Se examinó que beneficios potenciales para la conservación tienen esas áreas dentro de los cultivos. Se evaluó la conectividad y se modeló la capacidad de dispersión de varios grupos animales. En matrices tan degradadas como las áreas de cultivo de palma del sudeste asiático, la conservación de esos remanentes de bosque provee diferencias insignificantes respecto a la conectividad (~3%) respecto a las áreas sin bosque. No obstante, son beneficios para los dispersores pobres como insectos no voladores (Scriven et al., 2019).

La estrategia de la RSPO sobre la conservación de bosques es una buena iniciativa que procura limitar la enorme pérdida de diversidad a causa de la expansión de cultivos, sin embargo, los resultados positivos para la biodiversidad resultan poco significativos debido al estado de degradación del paisaje en general. Aunque se conserven esos pequeños parches de bosque la conectividad no se ve favorecida y la presión sobre el ecosistema está dada por la matriz dominante en la que ya está inmersa. En este escenario, aunque se cum-

plan las acciones de conservación, es difícil considerar un cultivo de palma de aceite como un sistema productivo sostenible ya que no tiene posibilidades de mejorar su impacto sobre la biodiversidad a menos que se implementen acciones adicionales como cambios en el tipo de uso del suelo en el que se reemplace la palma por áreas para la restauración y corredores que conecten los parches dentro de los cultivos con los bosques más conservados (Scriven et al., 2019).

Conclusiones y recomendaciones

Encontrar escenarios alternativos de uso del suelo y la implementación de estrategias de producción más sostenibles pueden ayudar a preservar los ecosistemas más expuestos. Los ecosistemas más amenazados con la expansión de la palma de aceite y otros cultivos de biocombustibles que se encuentran principalmente en la Zona Oriental, humedales y praderas de Meta y Vichada, los bosques naturales, bosques de galería y sabanas inundables de Casanare, Meta, Santander y Vichada. También hay algunas preocupaciones sobre los arbustos de La Guajira y especialmente sobre el bosque seco de la

Zona Norte (Vargas et al., 2015). Los resultados de las investigaciones en bosque húmedo tropical son particularmente relevantes para los cultivos que buscan establecerse en regiones de la Amazonía colombiana, principalmente en los departamentos del Meta y del Guaviare donde los resultados en términos de pérdida de biodiversidad por la deforestación de áreas de alto valor para la conservación podrían ser tan dramáticos como en el sudeste asiático.

Los estudios revisados sobre plantaciones de palma de aceite son reiterativos acerca de la conservación de los fragmentos de bosque y que la expansión del sistema productivo se restrinja únicamente a las áreas

ya utilizadas para la agricultura de baja productividad, como el pastoreo de ganado. Para garantizar que esto no cause deforestación a través del cambio indirecto del uso del suelo en áreas donde puede causar efectos negativos mayores a la biodiversidad (Arima et al., 2011), esto deberá ser parte de una política más amplia de 'expansión agrícola neutral del suelo' en la que el área total asignada a diferentes tipos de la agricultura puede cambiar, pero el área total asignada a la agricultura no (Strassburg et al., 2014). Esta estrategia deberá combinarse con medidas para reducir la demanda de pasturas o para intensificar la producción de ganado existente para garantizar que el bosque no sea reemplazado por pastos en otros lugares (García-Ulloa et al., 2012).

El papel creciente de la RSPO ha servido para regular la actividad de la palma de aceite en los últimos años. En octubre de 2008, Colombia fue sede de la Primera Reunión Latinoamericana de la RSPO, en Cartagena, un año después del compromiso público de "Política para el desarrollo competitivo del sector colombiano de la palma aceitera". El gremio y el gobierno han prestado más atención a los aspectos ambientales, especialmente aquellos relacionados con la reducción de emisiones de carbono "Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. Conpes 3510". Esta política recomendó actualizar las pautas ambientales para el sector y lo alentó a trabajar hacia esquemas de certificación para ser más competitivos en el mercado internacional (Marín-Burgos et al., 2015; Seeboldt & Salinas, 2010).



Referencias

- Arima, E. Y., Richards, P., Walker, R., & Caldas, M. M. (2011). Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 6(2), 024010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/6/2/024010>
- Azhar, B., Lindenmayer, D. B., Wood, J., Fischer, J., & Zakaria, M. (2014). Ecological impacts of oil palm agriculture on forest mammals in plantation estates and smallholdings. *Biodiversity and Conservation*, 23(5), 1175–1191. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0656-z>
- Edwards, F. A., Edwards, D. P., Hamer, K. C., & Davies, R. G. (2013). Impacts of logging and conversion of rainforest to oil palm on the functional diversity of birds in Sundaland. *Ibis*, 155(2), 313–326. <https://doi.org/10.1111/ibi.12027>
- Garcia-Ulloa, J., Sloan, S., Pacheco, P., Ghazoul, J., & Koh, L. P. (2012). Lowering environmental costs of oil-palm expansion in Colombia. *Conservation Letters*, 5(5), 366–375.
- Gilroy, J. J., Prescott, G. W., Cardenas, J. S., Castañeda, P. G. del P., Sánchez, A., Rojas-Murcia, L. E., Uribe, C. A. M., Haugaasen, T., & Edwards, D. P. (2015). Minimizing the biodiversity impact of Neotropical oil palm development. *Global Change Biology*, 21(4), 1531–1540. <https://doi.org/10.1111/gcb.12696>
- Koh, L. P., Levang, P., & Ghazoul, J. (2009). Designer landscapes for sustainable biofuels. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(8), 431–438. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.012>
- López-Ricaurte, L., Edwards, D. P., Romero-Rodríguez, N., & Gilroy, J. J. (2017). Impacts of oil palm expansion on avian biodiversity in a Neotropical natural savanna. *Biological Conservation*, 213, 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.07.009>
- Marin-Burgos, V., Clancy, J. S., & Lovett, J. C. (2015). Contesting legitimacy of voluntary sustainability certification schemes: Valuation languages and power asymmetries in the Roundtable on Sustainable Palm Oil in Colombia. *Ecological Economics*, 117, 303–313. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.011>
- Pardo, L. E., Campbell, M. J., Cove, M. V., Edwards, W., Clements, G. R., & Laurance, W. F. (2019). Land management strategies can increase oil palm plantation use by some terrestrial mammals in Colombia. *Scientific Reports*, 9(1), 7812. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44288-y>
- Prescott, G. W., Gilroy, J. J., Haugaasen, T., Medina Uribe, C. A., Foster, W. A., & Edwards, D. P. (2016). Managing Neotropical oil palm expansion to retain phylogenetic diversity. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 150–158. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12571>
- Prescott, G. W., Gilroy, J. J., Haugaasen, T., Uribe, C. A. M., Foster, W. A., & Edwards, D. P. (2016). Reducing the impacts of Neotropical oil palm development on functional diversity. *Biological Conservation*, 197, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.02.013>
- Quezada, J. C., Etter, A., Ghazoul, J., Buttler, A., & Guillaume, T. (2019). Carbon neutral expansion of oil palm plantations in the Neotropics. *Science Advances*, 5(11), eaaw4418. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw4418>
- Scriven, S. A., Carlson, K. M., Hodgson, J. A., McClean, C. J., Heilmayr, R., Lucey, J. M., & Hill, J. K. (2019). Testing the benefits of conservation set-asides for improved habitat connectivity in tropical agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 56(10), 2274–2285. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13472>
- Seeboldt, S., & Salinas, Y. (2010). Responsabilidad y sostenibilidad de la industria de la palma. ¿Son factibles los principios y criterios de la RSPO en Colombia. *Dos Investigaciones de Febrero de*.
- Strassburg, B. B. N., Latawiec, A. E., Barioni, L. G., Nobre, C. A., da Silva, V. P., Valentim, J. F., Vianna, M., & Assad, E. D. (2014). When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change*, 28, 84–97. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.001>
- Vargas, L. E. P., Laurance, W. F., Clements, G. R., & Edwards, W. (2015). The Impacts of Oil Palm Agriculture on Colombia's Biodiversity: What We Know and Still Need to Know. *Tropical Conservation Science*. <https://doi.org/10.1177/194008291500800317>

1

Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Referentes para Colombia

2

Ganadería

3

Palma de aceite

4

Café y cacao

5

Aguacate

6

Cereales, papa y otros cultivos de importancia para Colombia

Módulo

4

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Café y cacao

Autores

Julián Ávila

Consultor WCS

Lucas Buitrago

Especialista instrumentos para la sostenibilidad WCS

ISBN: 978-958-5461-94-9

Diciembre 2020

Equipo WCS Colombia

Catalina Gutiérrez

Directora

Germán Forero

Director Científico

Silvia Alvarez

Coordinadora Paisajes Sostenibles

Leonor Valenzuela

Coordinadora Análisis y Síntesis

Pato Salcedo

Coordinador Comunicaciones

Johanna Gutiérrez

Especialista Gestión de Proyectos

Equipo TNC Colombia

María Isabel Vieira

Especialista compensaciones

Diego Lizcano

Especialista en biodiversidad

Andrés Felipe Zuluaga

Director de Conservación

Puntoaparte
Editores

www.puntoaparte.com.co

Diseño y diagramación

Valeria Cobo

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Café y cacao

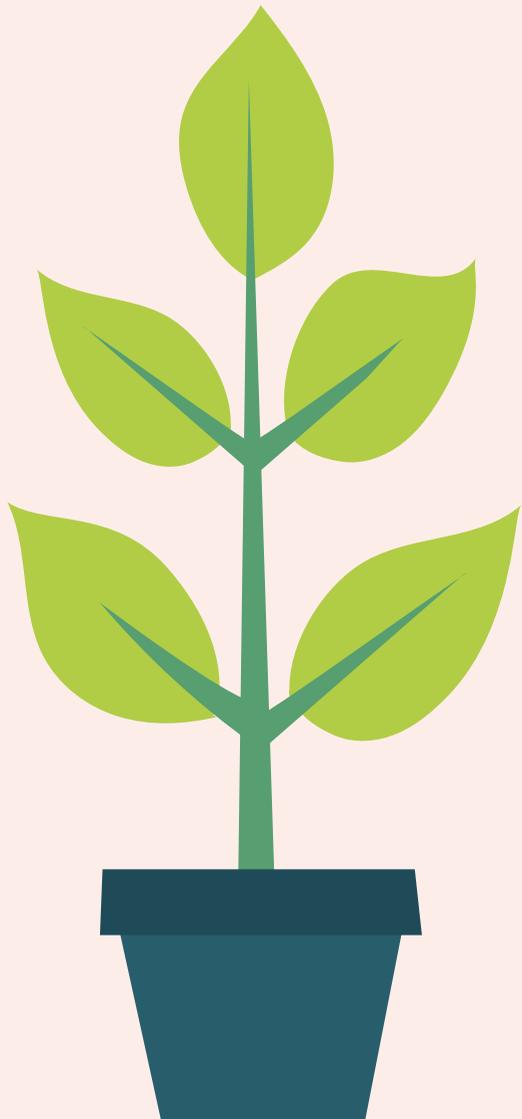


Con el apoyo de:

The Nature
Conservancy 

Fundación 
Santo Domingo

Contenido



1 Guía de consulta

4

2 Caracterización del sistema

6

Café

9

Cacao

3 Caso 1
Global

14

Diversidad

17

Servicios ecosistémicos

4 Caso 2
Bosque seco

20

Anfibios

21

Aves

23

Cobertura vegetal

24

Mamíferos

5 Caso 3.
Diversidad vs Productividad

26

Diversidad y productividad

6 Conclusiones y
recomendaciones

28

7 Referencias

29

Guía de consulta



4

Las secciones dedicadas a cada sistema productivo están creadas para poder profundizar en detalles sobre los impactos positivos y/o negativos en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos de diferentes intervenciones.

Cada sección inicia con una descripción general de el sistema productivo, que incluye cifras a nivel del país, una descripción de los principales impactos que este tipo de sistema productivo puede causar a ecosistemas naturales y las principales intervenciones que se han usado para hacer más sostenible su producción.

La información recolectada se presenta en el siguiente orden:



Esta información se presenta para cada ecosistema del que se haya encontrado información.

Finalmente, se ofrecen unas conclusiones generales sobre la sostenibilidad de ese sistema productivo.

2

Caracterización del sistema

Cafe

6

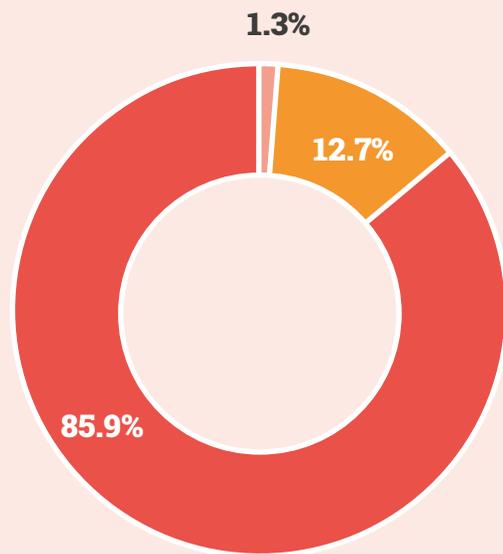
Cacao

9

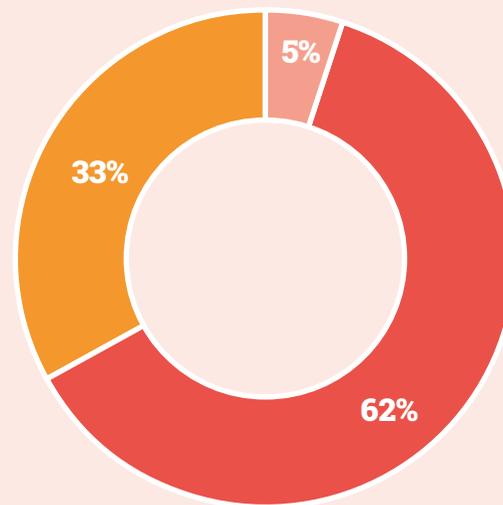
Café

La caficultura en Colombia tiene una historia que se remonta hasta mediados del siglo XVI, con cultivos registrados en el Cauca y en la sierra nevada de Santa Marta. Hoy la caficultura se extiende por 22 departamentos del país y tiene una extensión de 878.000 ha (un área mayor a la superficie de todo el departamento de Caldas) de las cuales dependen 541.000 caficultores. Los mayores productores por número de ha sembradas son Huila, Antioquia, Tolima y Cauca (FNC, 2019).

Aunque la producción viene de pequeñas fincas que se organizan en asociaciones cafetaleras comunitarias, el cultivo se ha ido tecnificando para cumplir con estándares de calidad y productividad a nivel internacional. Únicamente el 2% de los cultivos conserva métodos tradicionales sin trazo con densidades inferiores a los 2500 árboles/ha, mientras que la mayoría han optado por cultivos tecnificados jóvenes con mayor productividad con densidades mayores a 2500 árboles/ha. La mayoría de este café además resistente a las enfermedades y se cultiva a pleno sol (FNC, 2019).



- Tecnificado joven
- Tradicional
- Tecnificado envejecido

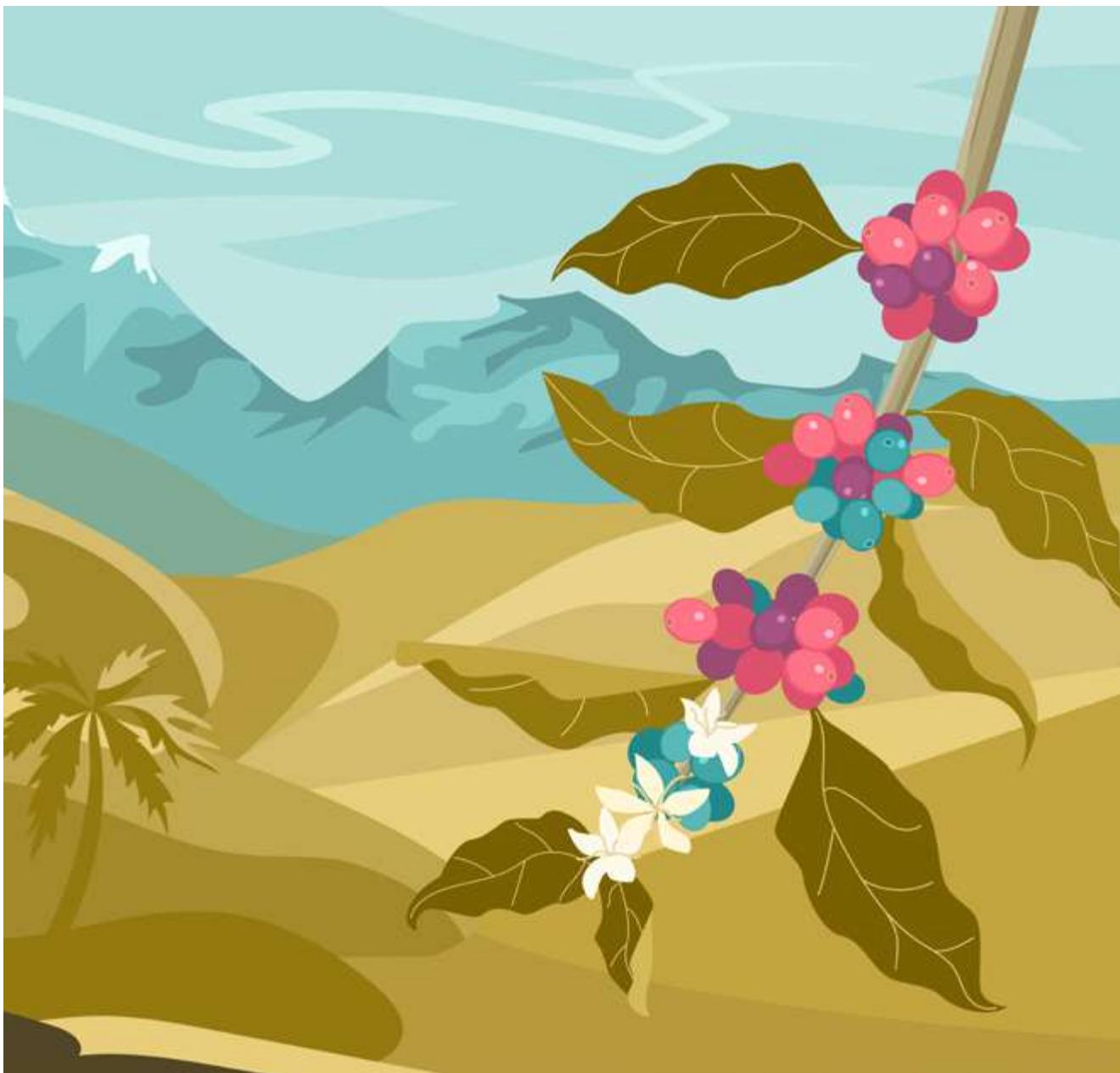


- Sol
- Semisombra
- Sombra

Modelo convencional

El café en Colombia tiene características de cultivo bien definidas, requiere temperaturas entre 21°C y 22°C, 1,800 horas de sol al año y una precipitación anual de entre 1,500 mm y 2,000 mm. Estos factores son intercambiables dependiendo de las condiciones del área del cultivo, por ejemplo, a mayor incidencia solar, menor disponibilidad de agua y por tanto se requeriría más sombra para mantener las condiciones idóneas de cultivo. Las variedades resistentes de café, que son las más productivas se pueden sembrar en densidades desde 2.500 hasta los 10.000 árboles por hectárea, a mayor densidad de árboles, menor cantidad de sombra y de especies forestales nativas en las áreas de cultivo. Una mayor densidad también agota más rápidamente al suelo, los cultivos con 10.000 árboles/ha tendrán una vida media de 4 a 5 años respecto a los de 2.500 que tendrán una vida media productiva de 10 años. Los cultivos tecnificados suelen requerir el uso de fungicidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos para mantener la producción y garantizar la sostenibilidad económica del cultivo (Arcila-Pulgarín, 2007).





Afectaciones comunes al medio ambiente

Durante la etapa de cultivo se produce el 80% de los impactos al medio ambiente de este sistema productivo por varias razones (Olmos, 2020):

- **Ecotoxicidad:** Las emisiones de clorpirifós al suelo y al agua durante la fase de cultivo son las principales responsables.
- **Material particulado:** principalmente debido a las emisiones de amoníaco (67%) durante el cultivo y la emisión de PM durante el procesamiento post-cosecha (29%)
- **Cambio climático:** causada principalmente por las emisiones durante el cultivo (75%), especialmente las emisiones de N_2O y el uso de fertilizantes
- **Acidificación:** el principal contribuyente son las emisiones de amoníaco durante el cultivo
- **Uso del suelo:** relacionada con la extensión y ocupación del suelo para el cultivo del café, las pérdidas de biodiversidad, servicios ecosistémicos y la regeneración natural evitada a propósito.

La optimización de ganancias a partir de la intensificación del cultivo puede desencadenar malos hábitos como la utilización de en grandes cantidades de pesticidas y fertilizantes que provocan la contaminación del agua, la erosión del suelo, y la pérdida de hábitats ricos en biodiversidad.

Alternativas

El cultivo de café en Colombia tiene un compromiso reconocido con el medio ambiente que se centra en la renovación, la gestión de la huella ambiental, el desarrollo de Infraestructura productiva y comunitaria, la implementación de sistemas agroforestales que incluyan un componente de reforestación y la gestión del agua. Las asociaciones de cafeteros han implementado programas de investigación y capacitación para reducir el uso del agua desarrollando herramientas como el beneficio ecológico del café que reduce el 95% del recurso que se empleaba para este proceso (FNC, 2019).

Desde 2005 se implementó el Programa Forestal y de Conservación de Biodiversidad en alianza con los Gobiernos colombiano y alemán, impactando a 59 municipios en ocho departamentos cafeteros. Este programa ha implemen-

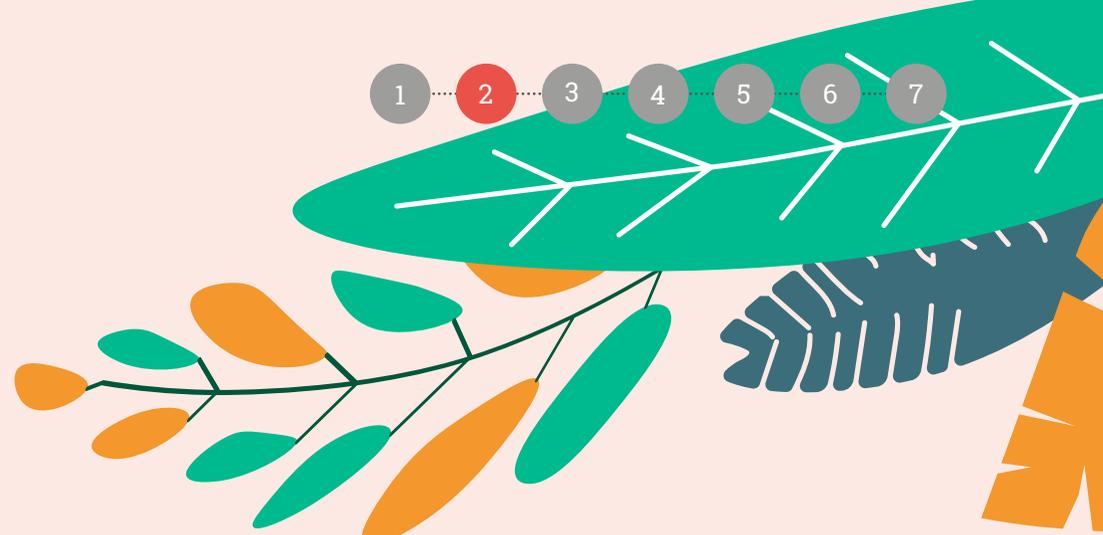
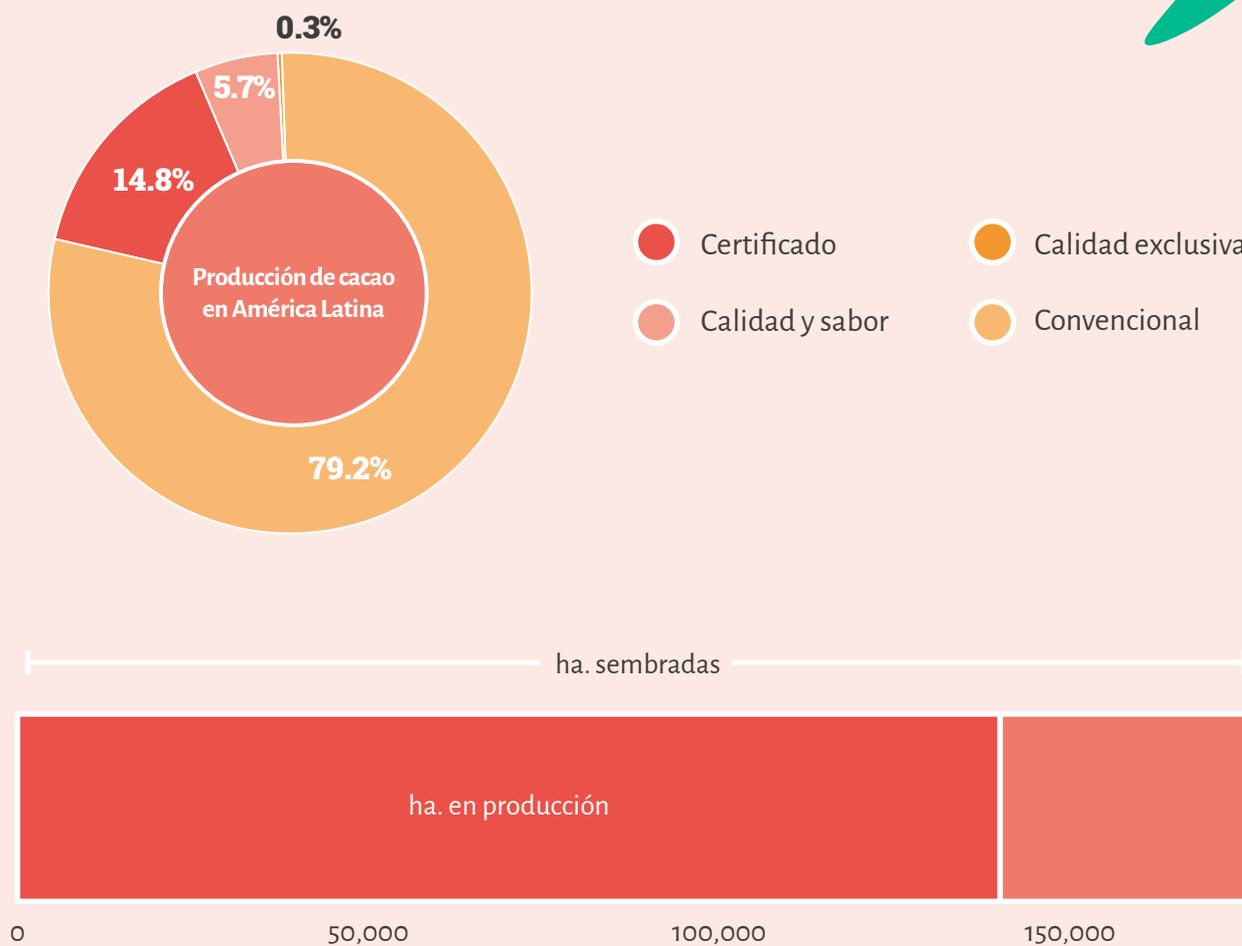
tado acciones para un adecuado uso de suelo, combinando el cultivo de café con arreglos agroforestales, plantaciones forestales y cercos vivos, acompañado de acciones de conservación y cuidado de los bosques naturales, mejorando la conectividad del hábitat y de la biodiversidad en la zona cafetera. Se implementan prácticas de producción sostenibles que usan y contaminan menos agua, racionalizan el uso de agroquímicos y reduzcan los desechos orgánicos e inorgánicos (FNC, 2019). Internacionalmente se han desarrollado estándares para el café sostenible que puede ser un cultivo tecnificado sostenible o un cultivo de café orgánico, para in-

centivar estas prácticas se han gestionado alianzas para certificar las buenas prácticas de producción y comercialización, accediendo a mercados internacionales que dan mejores beneficios económicos. Para aquellas asociaciones que cumplen con los estándares de sostenibilidad del producto Actualmente existen ocho programas que agrupan cerca de 500.000 ha de cultivo, siendo la verificación 4C el programa con mayor número de fincas (61%), seguido de C.A.F.E. Practices (12%) y Nespresso AAA (10%).



Cacao

El cacao en Colombia tiene una extensión de cultivo de 175.000 ha (aproximadamente la superficie de todo el departamento del Quindío) distribuido principalmente en Santander (42%), Antioquia (9%), y Arauca (8%) pero se extiende por más de 400 municipios en 30 departamentos aportando a la economía de alrededor de 52.000 familias. El cultivo y la producción se han ido extendiendo gracias a los rendimientos obtenidos por mejoras del cultivo, las variedades y el control de enfermedades que han hecho del cacao colombiano apetecible para la exportación en mercados que buscan variedades especiales de sabor y aroma. Sin embargo, en América Latina casi el 80% de la producción es convencional y solo el 15% de las fincas está certificada, dejando una oportunidad enorme de enfocarse en los mercados más exigentes que también buscan productos limpios y más amigables con el medio ambiente (Vignati & Gómez-García, 2018).



Modelo convencional

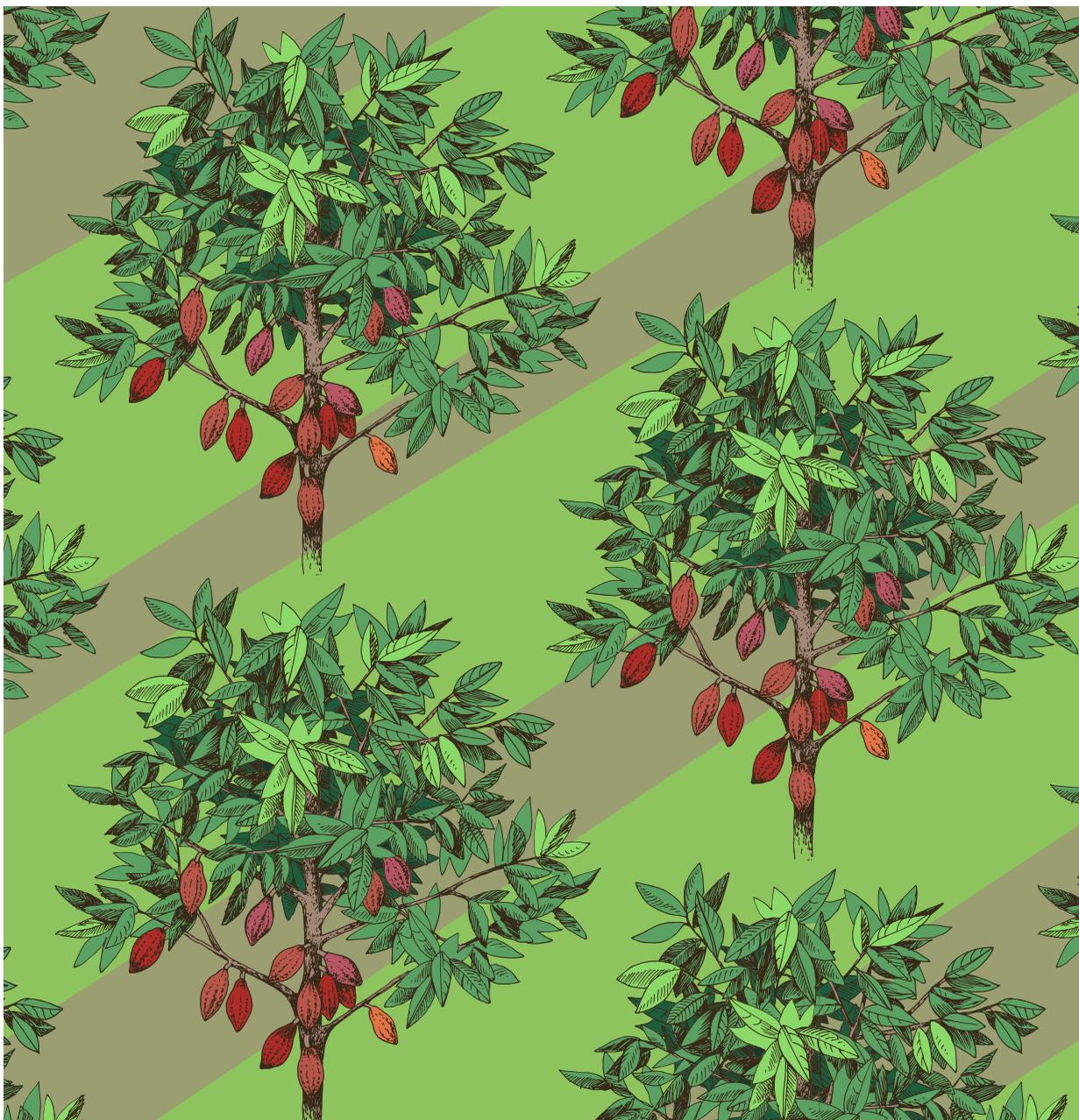
Como un cultivo de trópico húmedo, el cacao es comercialmente cultivado entre las latitudes 15° N. y 15 S. del Ecuador. La precipitación óptima para el cacao es de 1500 a 2,500 mm. Se distribuye en plantaciones ubicadas desde los 300 msnm con cacaos que crecen satisfactoriamente en ecosistemas amazónicos y variedades de altura que se desarrollan en los Andes. Se considera que una intensidad lumínica menor del 50% limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% los aumenta. Se implementa el uso de agroquímicos para fertilizar el suelo, controlar enfermedades, evitar la proliferación de hongos y plantas herbáceas al interior del cultivo.

Afectaciones comunes al medio ambiente

Las principales afectaciones al medio ambiente que el cultivo de cacao produce son las siguientes (Konstantas et al., 2018; Ramos Pérez, 2014):

- **Erosión del suelo:** principalmente durante el desarrollo de las actividades de establecimiento del vivero y la siembra de plantas en el sitio definitivo, como resultado de la remoción de terreno y las coberturas vegetales originales que lo sostienen particularmente en las áreas con pendiente pronunciada.
- **Contaminación de suelo y fuentes de agua:** La contaminación del suelo y las fuentes hídricas ocurre principalmente durante las actividades de manejo de arvenses, manejo fitosanitario de plagas y enfermedades, el establecimiento de viveros y la desinfección de sustratos.
- **Contaminación por residuos sólidos:** Este tipo de contaminación hace referencia a la acumulación de residuos sólidos en campo, especialmente bolsas y envases derivados de las actividades de cultivo.
- **Reducción fuentes hídricas:** La implementación y uso de un sistema de riego inadecuado y/o ineficiente puede aumentar el consumo del agua y por ende una disminución del caudal de las diferentes fuentes hídricas de las que se alimenta el cultivo.
- **Pérdida de biodiversidad:** se deriva de actividades como la adecuación de lotes de siembra en áreas de ecosistemas naturales que implica deforestación y transformación del paisaje, modificando los hábitats de especies de fauna y flora.





Alternativas

En Colombia se han desarrollado una serie de iniciativas que buscan la producción de cacao sostenible. Para ello se plantearon los Lineamientos Básicos del Cacao Sostenible – LBCS, un conjunto de criterios de evaluación aplicables a las organizaciones y sus productores asociados, que permite conocer sus avances en la implementación de prácticas sostenibles y a la vez conocer los vacíos del programa de mejoramiento productivo y de madurez organizacional (LBCS-Organizaciones et al., 2017).

Los criterios básicos de sostenibilidad evaluados en LBCS, están basado en los principios de:

- Fortalecer el relacionamiento interno mediante procesos de planificación conjunta.
- Incorporar principios del comercio justo.
- Implementar buenas prácticas agrícolas, realizando inversiones y utilizando insumos de bajo impacto, promoviendo la autosuficiencia de estos y en clara dirección de mejoramiento de la productividad dentro de las condiciones locales.



- Mejoramiento de la calidad como mecanismo de estímulo y preparación de ingreso a mercados más sofisticados.
- Implementar capacidades y procesos básicos de aseguramiento de calidad.
- Visibilidad de las asociaciones y productores en los primeros pasos hacia la sostenibilidad.
- Articulación temprana con clientes nacionales e internacionales sensibles a los procesos de sostenibilidad y potenciales compradores de producto certificado.

3

Caso 1. Global

Diversidad

14

Servicios ecosistémicos

17



Bioindicadores	Tratamientos:	Estudios
  <p>Servicios ecosistémicos (soporte, regulación y aprovisionamiento) Diversidad: Árboles, epifitas, plantas herbáceas, aves, mamíferos, otros vertebrados y artrópodos</p>	<p>Bosque húmedo Café arreglo agroforestal Plantación café</p>	<p>Beenhouwer et al., 2013</p>

Zonas: Trópico, África, América Latina y Asia.

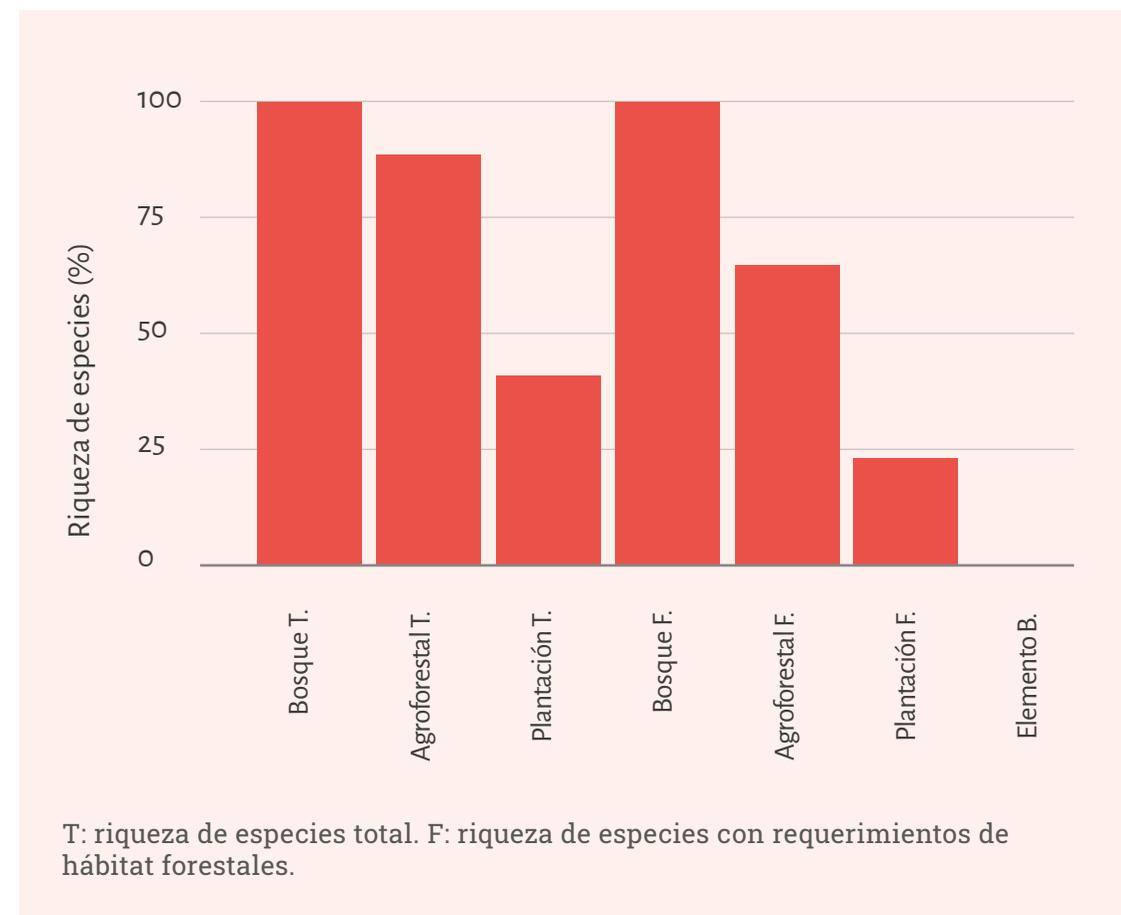
Diversidad

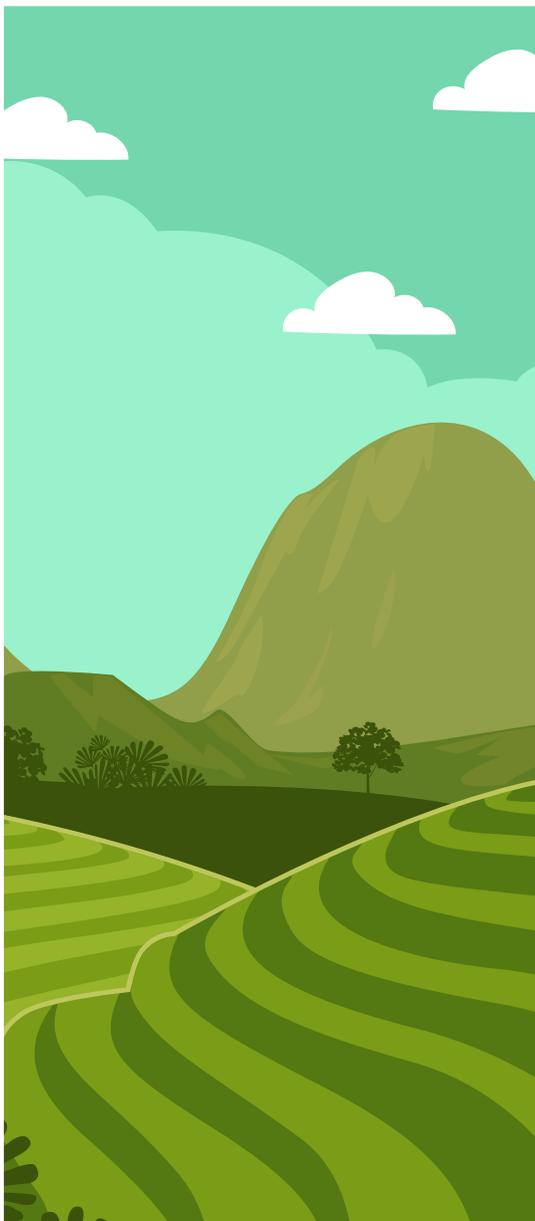


En este metaanálisis se incluyeron los resultados de la riqueza de especies de 59 publicaciones comparando bosques, sistemas agroforestales de cultivo y plantaciones exclusivas. Encontraron que hubo una reducción del 11% en la riqueza de especies en el sistema agroforestal respecto del bosque

y un 59% en la plantación en el total de especies. Cuando se analizaron únicamente las especies que tienen preferencia por las coberturas forestales, se incrementan las diferencias, siendo 35% inferior el agroforestal que el bosque y 77% menor la plantación al bosque (Beenhouwer et al., 2013).

➔ **Figura 1.** Riqueza de especies en una matriz de cultivo de café y cacao.



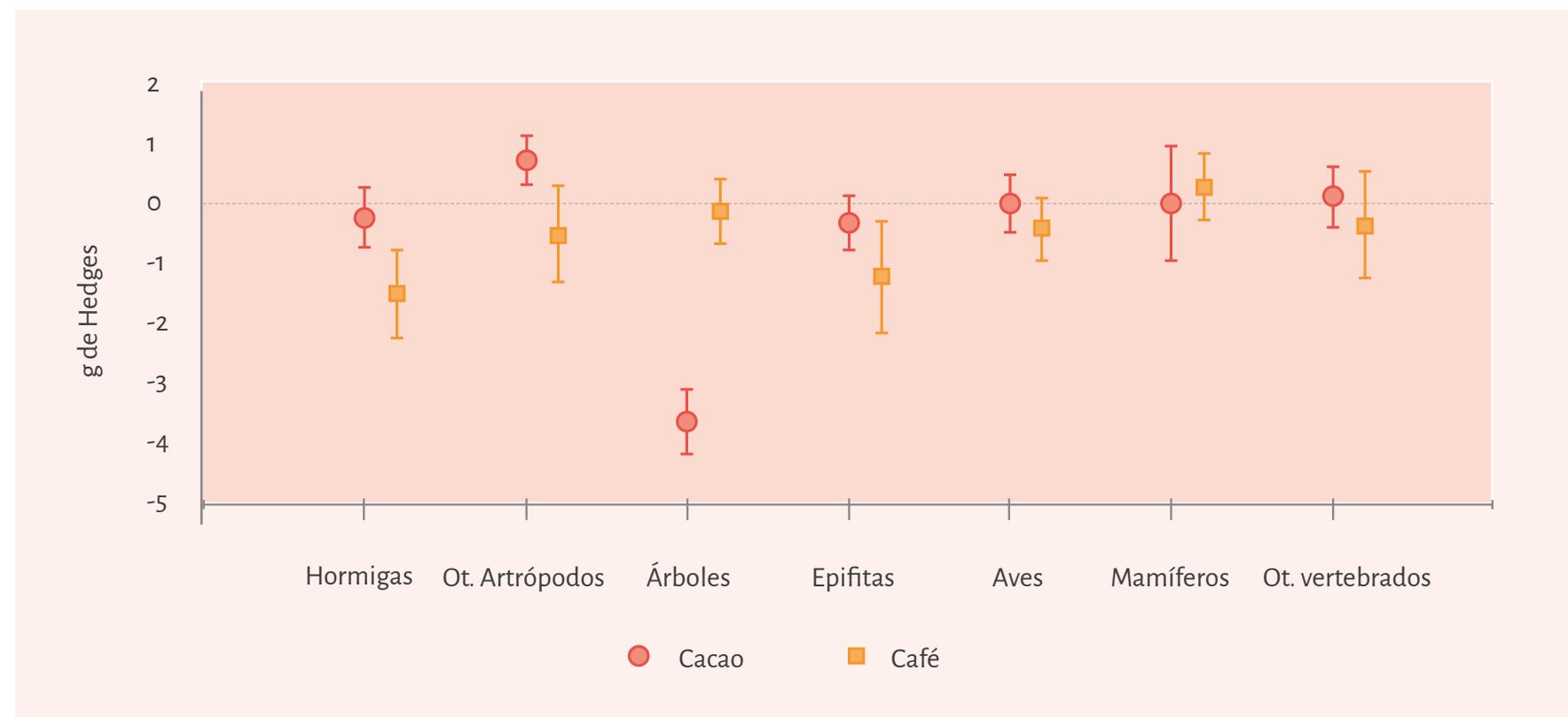


Las comparaciones estadísticas demuestran que solo las especies de bosque se ven reducidas cuando se compara un bosque con un sistema agroforestal, mientras que las especies generalistas no demuestran una reducción de riqueza. Se analizaron los grupos taxonómicos por separado para comparar el efecto so-

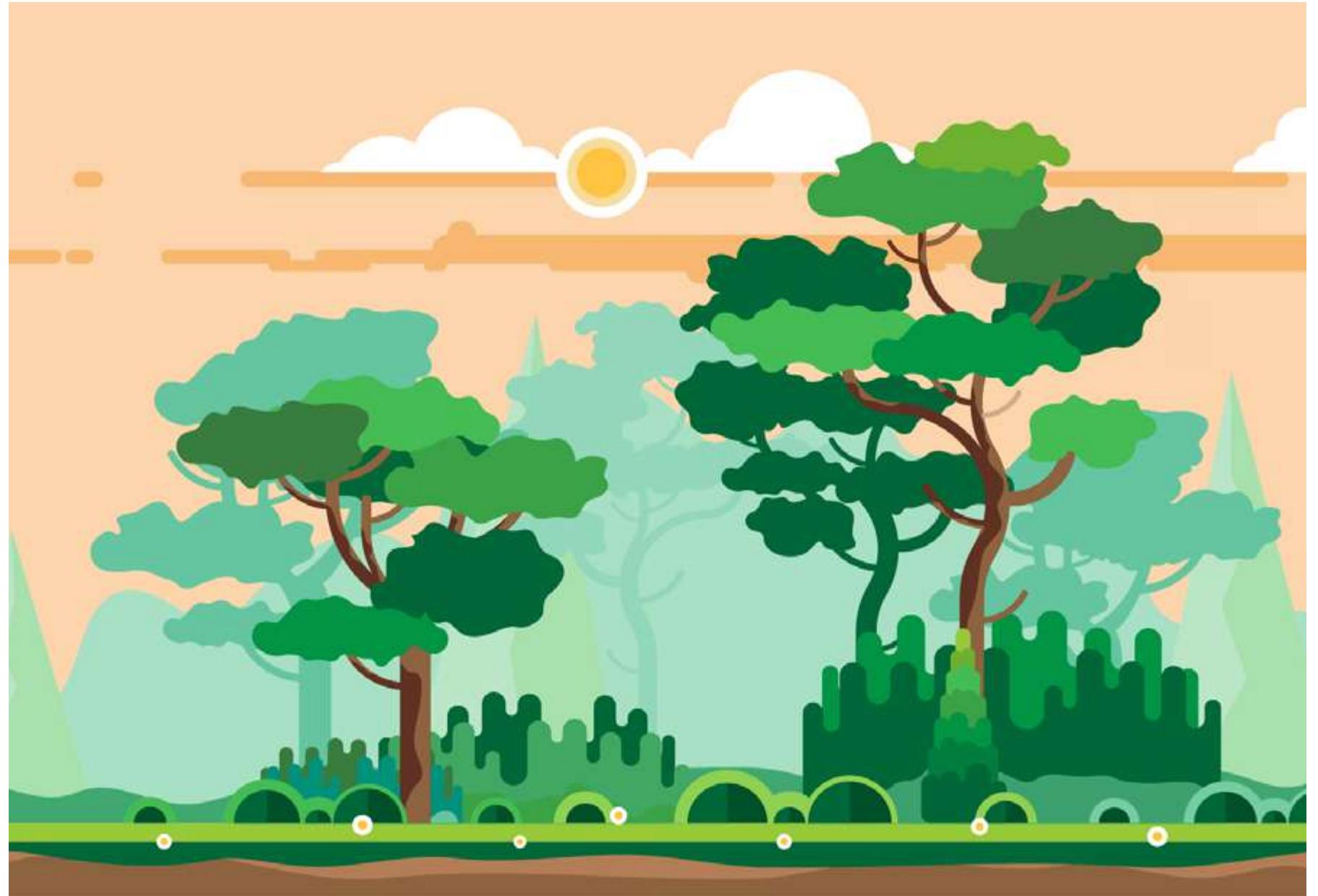
bre la riqueza de especies de la conversión de bosques a sistemas agroforestales (figura 2) muestra el tamaño del efecto (g de Hedges) agrupando los valores de todos los estudios. Cuando el valor es negativo, quiere decir que los valores en el sistema agroforestal son menores que en el sistema natural y viceversa.

El análisis muestra valores negativos para los grupos hormigas, árboles y plantas epífitas. Al mismo tiempo, muestra que no hay diferencias en el número de especies entre los sistemas agroforestales y los bosques en cuanto a los grupos de otros artrópodos, aves y mamíferos (Beenhouwer et al., 2013).

➔ **Figura 2.** Tamaño del efecto. Riqueza de especies de diferentes grupos taxonómicos en la comparación bosque-sistema agroforestal.



Estos resultados muestran que la riqueza de especies de árboles, epífitas y hormigas disminuye significativamente con la intensificación del manejo. Los árboles son los más sensibles debido a la pérdida de especies. La eliminación de árboles grandes puede tener un impacto negativo directo en las plantas epífitas y las hormigas a través de la reducción del hábitat y los cambios asociados en la disponibilidad de recursos y cambios posteriores en el microclima (Hundera et al., 2013). Por otro lado, los grupos menos sensibles a cambios en el uso del suelo de bosque a sistemas agroforestales son los artrópodos, mamíferos y aves. Para los mamíferos, se ha registrado una tolerancia bastante alta de especies de pequeñas en bosques perturbados y bordes de bosques (Daily et al., 2003; Pardini, 2004). Las aves son un grupo bien estudiado, su riqueza de especies no disminuye significativamente con la intensificación creciente. Sin embargo, este metaanálisis no considero la composición de especies. Otros estudios han mostrado un nivel similar de riqueza de especies entre los sistemas agroforestales, pero la composición de la comunidad de aves es diferente con más frugívoros y aves del sotobosque en las áreas de bosque y especies generalistas y granívoras en los sistemas más intervenidos (Clough et al., 2011; Harvey & González Villalobos, 2007).



Servicios ecosistémicos



En este metaanálisis se incluyeron 24 publicaciones que hacían mediciones sobre diversos servicios ecosistémicos en ecosistemas tropicales. La provisión de servicios ecosistémicos en sistemas agroforestales fue un 63% del valor del bosque y un 46% en las plantaciones respecto al bosque.

Los hábitats naturales pueden proporcionar niveles más altos de servicios ecosistémicos, como ya lo subrayaron muchos otros autores (Naidoo et al., 2008). Algunos investigadores, por ejemplo, indicaron una relación negativa de la intensificación del manejo del café en México con el servicio de polinización de abejas nativas, encontrando plantas más saludables en los cultivos

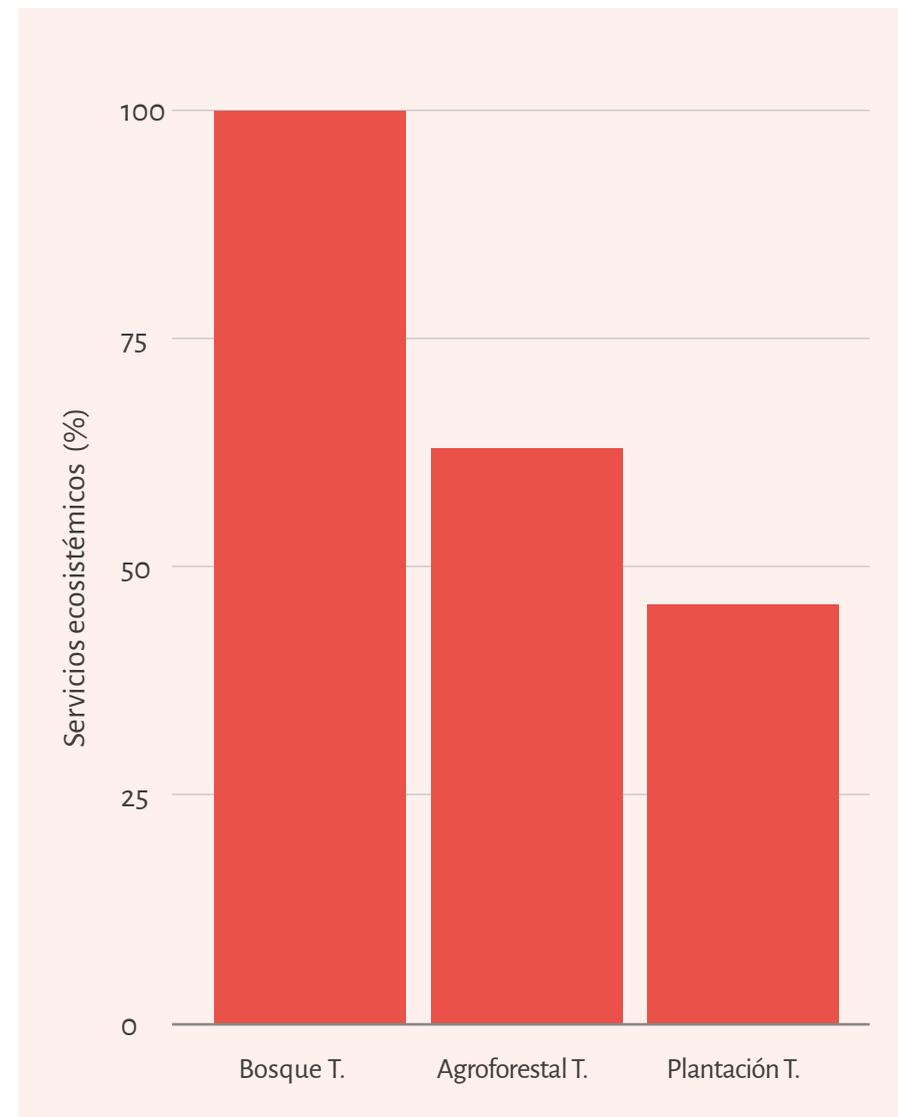
desarrollados con menor intensidad. Por otro lado, servicios ecosistémicos como el secuestro de carbono pueden no estar relacionados con las medidas reportadas de pérdidas de biodiversidad en los sistemas más alterados, siendo así que los cultivos pueden tener rendimientos equivalentes para la provisión de este servicio.

Conclusiones

Los resultados de este estudio demuestran que la conversión de bosques y ecosistemas naturales a plan-

taciones de café o cacao ya sean de tipo agroforestal o intensivos a cielo abierto, conlleva una pérdida de biodiversidad importante y por tanto no debe ser promovida. Por otro lado, la diversificación de las plantaciones monoespecíficas actuales de café y cacao mejorará la provisión de servicios ecosistémicos y aportará a la conservación de la biodiversidad (Beenhouwer et al., 2013).

→ **Figura 3.** Porcentaje de provisión de servicios ecosistémicos para el bosque, los sistemas agroforestales de café y cacao y las plantaciones extensivas convencionales de cielo abierto.



4

Caso 2. Neotrópico

Anfibios

20

Aves

21

Cobertura
vegetal

23

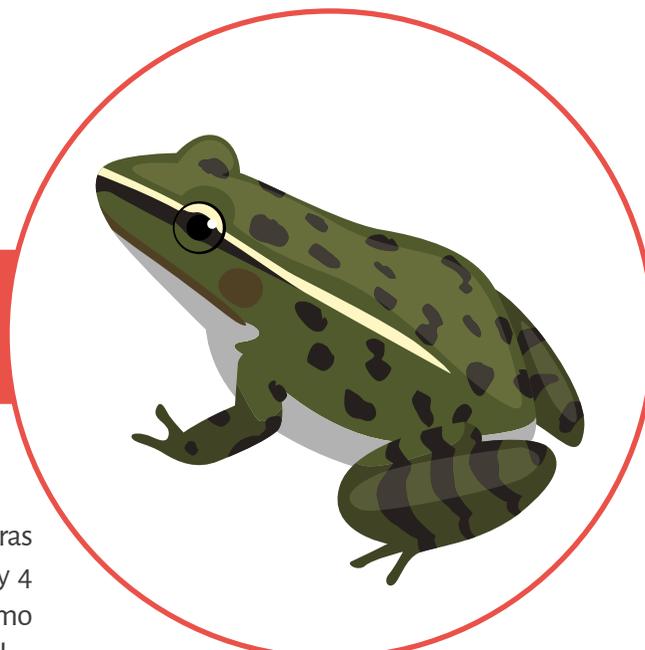


Bioindicadores	Tratamientos:	País	Estudios
	Anfibios	Bosque de niebla Plantaciones agroforestales de café o cacao con sombra: PS Plantaciones agroforestales de café o cacao sin sombra: NPS	Colombia Brüning et al., 2018
	Aves: movilidad	Plantaciones tradicionales de café y cacao Plantaciones agroforestales de café o cacao con sombra Plantaciones agroforestales de café o cacao con cercas vivas múlti-estrato Contraste con el peor escenario de degradación del paisaje	Costa Rica Estrada-Carmona et al., 2019





Anfibios



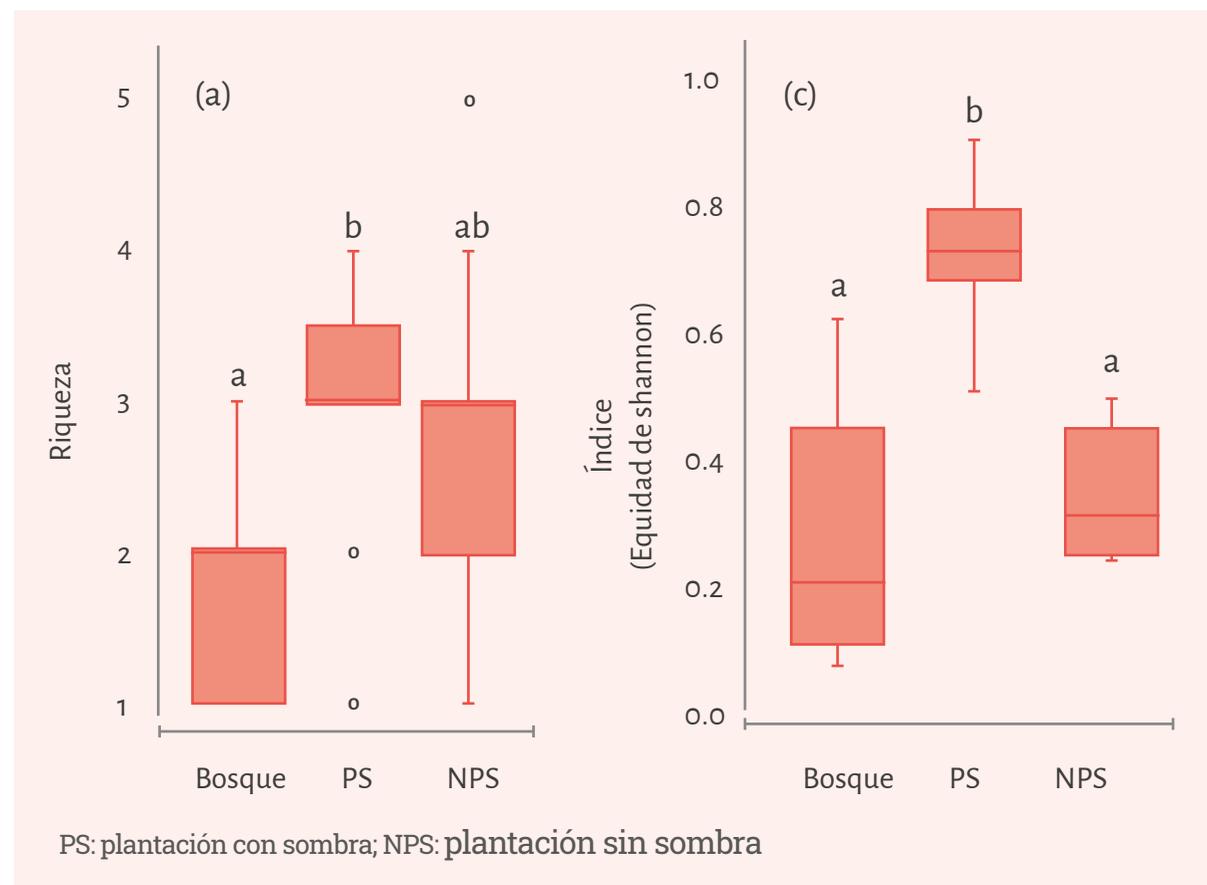
La riqueza de anfibios total para las coberturas evaluadas fue de 3 especies para el bosque y 4 especies tanto para los cultivos con sombra como para los cultivos sin sombra. Estos resultados muestran que las plantaciones de café y cacao con sombra tienen un efecto positivo para los anfibios representado en una comunidad más equitativa. Cabe destacar que los valores medios de la riqueza solo difieren por una especie respecto al bosque. Se compararon estos resultados respecto a pastos de ganadería (1 especie) y los humedales cercanos (7 especies) siendo estos últimos los que registraron una mayor riqueza de especies total y una comunidad más equitativa que los cultivos con sombra (Brüning et al., 2018).

Conclusiones

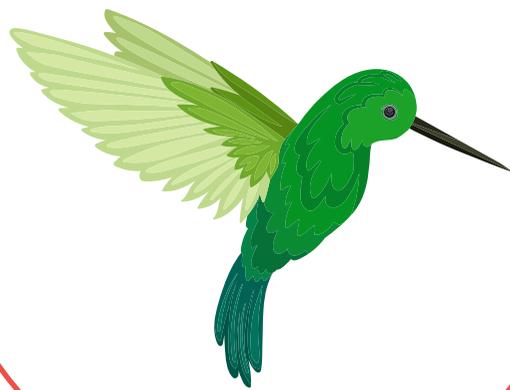
La composición de las especies difirió notablemente entre los diferentes tipos de uso del

suelo, lo que indica que no había un solo tipo de sistema que fuera preferido por todas las especies. Esto pone de evidencia la necesidad de un enfoque paisajístico para la conservación de la biodiversidad en bosques fragmentados. La conservación debe centrarse en las unidades de los sistemas productivos, así como en la matriz del paisaje. Este estudio sugiere que, en los paisajes de bosques montañosos modificados por uso del suelo humano, se debe promover la agricultura a pequeña escala que genere heterogeneidad del paisaje para salvaguardar efectivamente la biodiversidad.

➔ **Figura 4.** Riqueza de especies y equidad de la comunidad de anfibios en sistemas productivos de café/cacao.



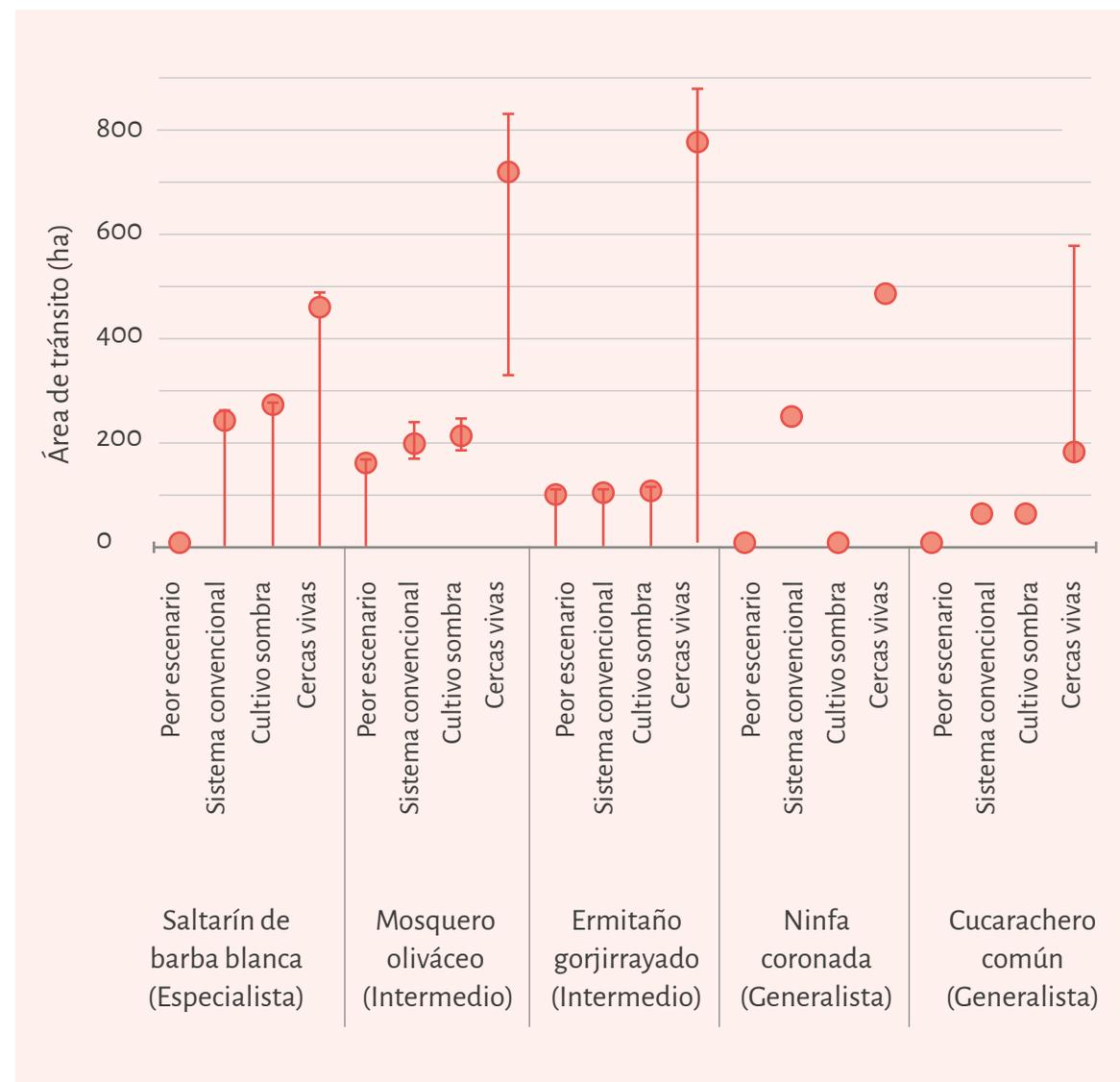
Aves

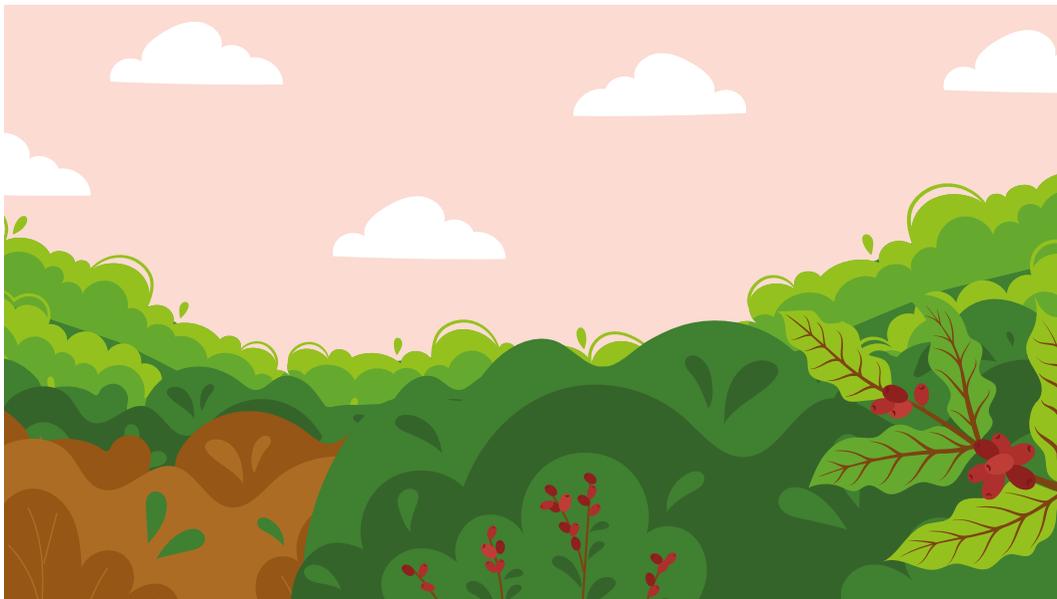


Los paisajes agrícolas pueden representar una barrera para la movilidad y dispersión de algunas especies nativas. En plantaciones de café y cacao se evaluó el efecto de 4 arreglos de cultivo distintos en la movilidad de cinco especies de aves con requerimientos de hábitat distintos (especialistas del bosque, generalistas e intermedias). Las alternativas consideraron 1: el peor escenario, que

considera cambiar todas las cercas vivas existentes por postes y alambre, 2: el cultivo convencional a cielo abierto con una densidad baja de árboles, 3: convertir todos los cultivos a plantaciones agroforestales múlti-estrato y 4: convertir todas las cercas y caminos en cercas vivas y pasajes múlti-estrato (Estrada-Carmona et al., 2019).

→ **Figura 5.** Modelación del área de tránsito de 5 especies de aves en distintos escenarios de una matriz transformada por cultivos de café.





22

Los resultados del modelo sugieren que las cercas vivas multi-estrato existentes mantienen el movimiento esporádico de las cinco especies aparte de su dependencia del bosque. En este modelo la adición de cercas vivas duplicó las áreas disponibles de paso, aumentando la movilidad de especies, pero también produjo callejones sin salida (cercas vivas o caminos que no llevaba a ningún lado). Los sistemas agroforestales múlti-estrato también aumentan la movilidad de las especies intermedias y generalistas, pero sin caminos de conexión entre los relictos de

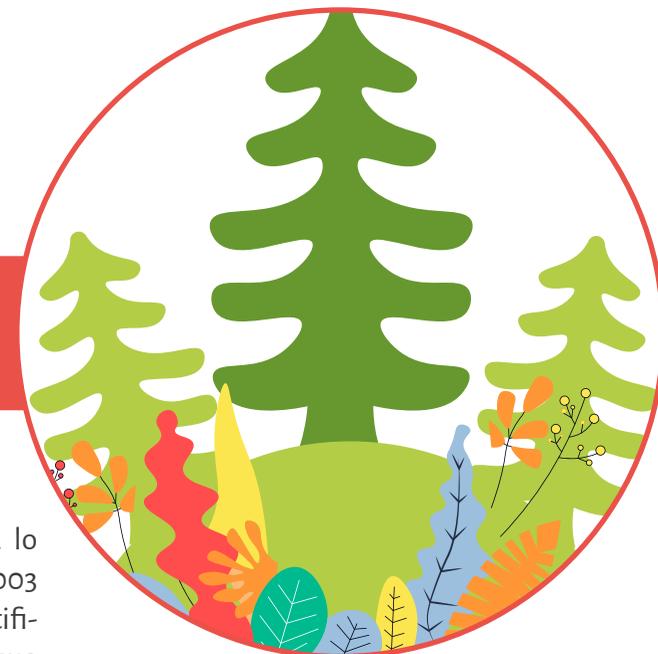
bosque y los cultivos tienden a ser menos eficientes (Estrada-Carmona et al., 2019).

Conclusiones

Si bien la conservación de grandes parches de hábitat sigue siendo importante para la conservación, la gestión de la conectividad en las fincas productoras complementa estos esfuerzos al aumentar la probabilidad de movimiento y reducir la resistencia a la dispersión de las especies de aves que dependen del bosque (Estrada-Carmona et al., 2019).



Cobertura vegetal

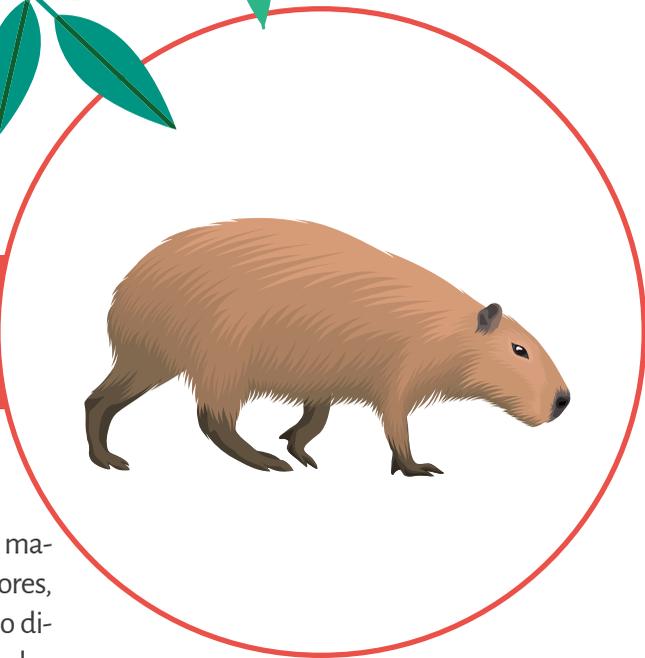


En el departamento de Santander a lo largo del Rio Suárez entre los años 2003 a 2009 se inició un programa de certificación de café (Rain Forest Alliance) que requirió a los productores proteger los parches de vegetación natural y ejercer acciones de restauración. Durante este periodo hubo una ganancia de 850 ha de cobertura forestal boscosa en la región en las áreas de producción cafetalera. Se comparó el aporte realizado por fincas certificadas y no certificadas, encontrando que las fincas certificadas realizaron un aporte de 5,95 ha en promedio, respecto a un aporte a la cobertura forestal neto igual a cero en las fincas no certificadas (Rueda et al., 2015).

los sistemas naturales y acciones de mejora de cobertura como el programa de certificación RFA, que promueve la conservación de los remanentes forestales y la vegetación ribereña, está asociada con un aumento detectable de la cubierta forestal en la región cafetalera. La cubierta forestal densa ha aumentado en el área de estudio en su conjunto desde la introducción del programa de certificación RFA sugiriendo adicionalidad, las fincas certificadas contribuyeron significativamente más a esa tendencia que las no certificadas (Rueda et al., 2015).

Bioindicadores	Tratamientos:	País	Estudios
 Cobertura vegetal	Café certificado Café convencional	Colombia	Rueda et al., 2015
 Mamíferos	Bosque Café de sombra Café intensivo al sol	Costa rica	Caudill et al., 2015

Mamíferos



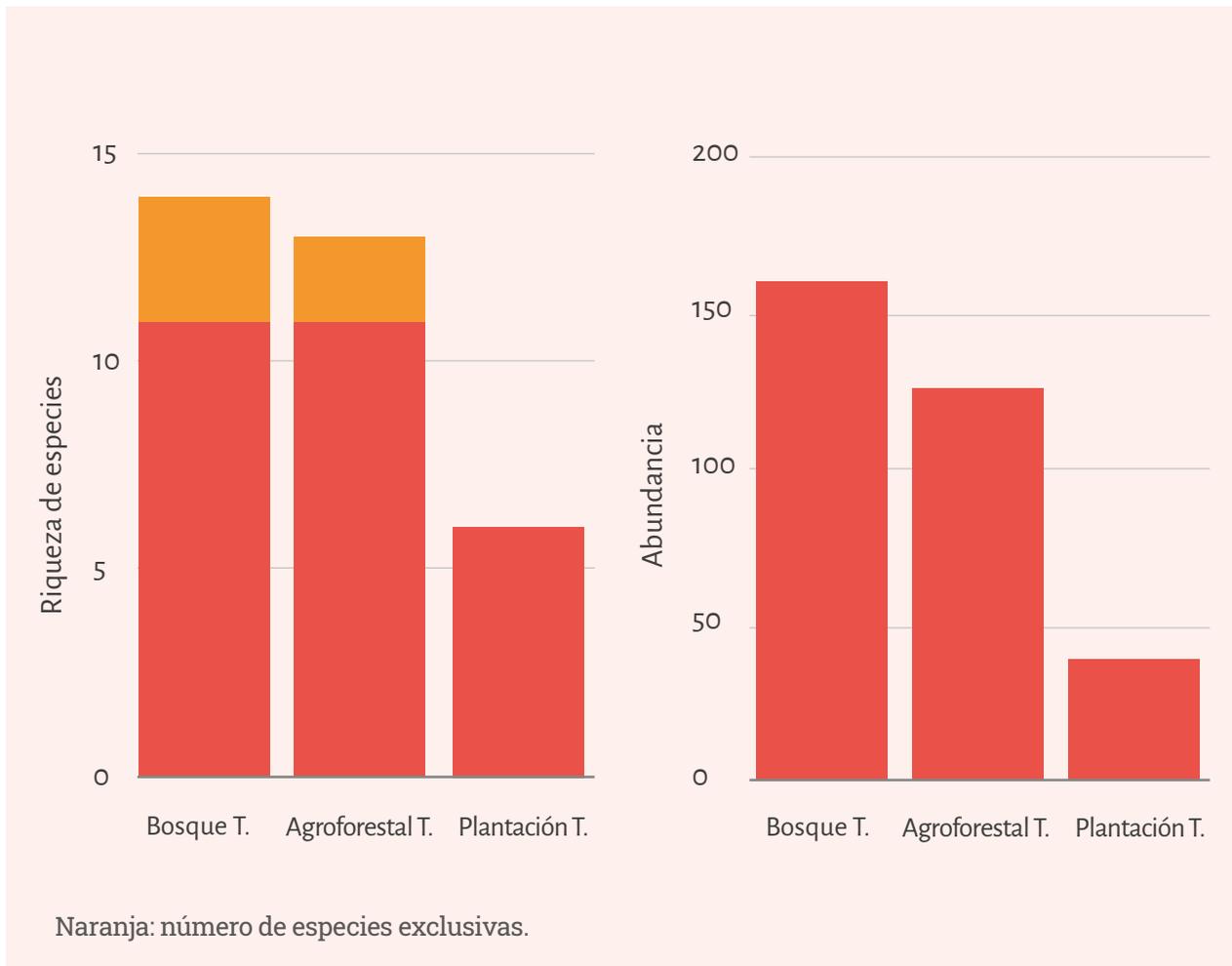
Se registraron un total de 17 especies de mamíferos pequeños y medianos no voladores, su abundancia y riqueza no voladores no difirió entre el café el bosque adyacente y los cultivos de café con sombra (Caudill et al., 2015). Ambos sistemas difirieron de la plantación de café a pleno sol que tuvo una riqueza y abundancia menores. Dentro de los hábitats estudiados, a nivel de parcela, mayores cantidades de cubierta de dosel y vegetación de estratos más bajos (es decir, malezas, pastos, plantas y arbustos del sotobosque de 5 cm – 1 m de altura) estuvieron relacionadas con un aumento significativo de la abundancia y riqueza de mamíferos pequeños.

Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que, si bien no hay sustituto para el bos-

que nativo, el café de sombra proporciona hábitat para pequeños mamíferos no voladores, particularmente en comparación con el café a pleno sol. Se recomienda incluir árboles de sombra, mantener altas cantidades de cobertura de copas, (5cm – 1 m) dentro de los cafetales (Caudill et al., 2015). Se recomienda también preservar o restablecer áreas forestales incrustadas dentro del paisaje cafetero para mejorar la diversidad de pequeños mamíferos. El café de sombra es prometedor como estrategia de conservación para promover la conservación de la vida silvestre y proteger la biodiversidad de los mamíferos.

→ **Figura 6.** Riqueza y abundancia de mamíferos pequeños no voladores.

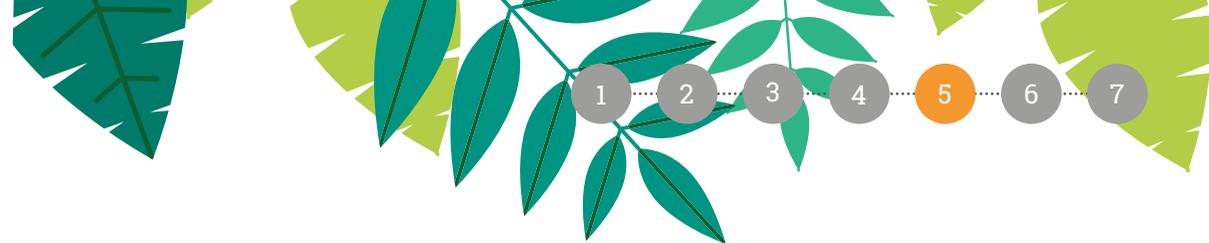


5

Caso 3. Diversidad vs Productividad

Diversidad
y productividad

26



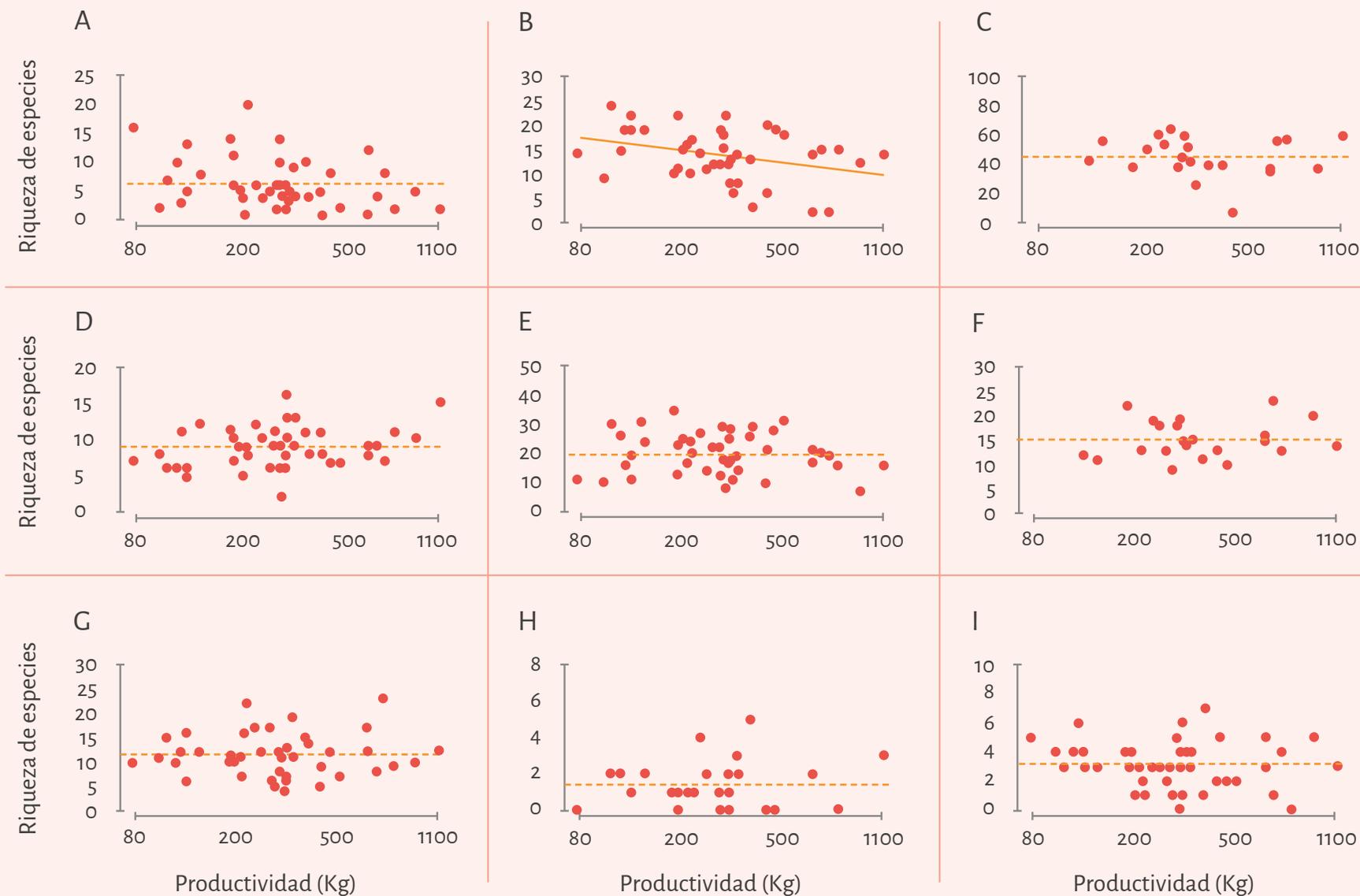
Bioindicadores	Tratamientos:	País	Estudios
Arboles Herbáceas Hongos Invertebrados Aves Mamíferos Anfibios	Cacao de sombra Productividad vs biodiversidad	Indonesia	Clough et al., 2011

Diversidad y productividad

Se evaluó la respuesta de la riqueza de especies de varios grupos taxonómicos con el aumento de la productividad en cultivos agroforestales de cacao. La riqueza de especies de árboles, hongos, invertebrados y vertebrados no disminuyó con

el rendimiento. Por el contrario, el grupo que redujo mayormente su riqueza de especies fue el de las plantas herbáceas ya que los cultivadores de café realizan un control activo de “malezas” (Clough et al., 2011).

➔ **Figura 7.** Biodiversidad y productividad en los cultivos agroforestales de cacao



Conclusiones

Los agroecosistemas de cacao ofrecen la oportunidad de combinar un alto rendimiento agrícola y objetivos de conservación de la biodiversidad. La relación productividad-biodiversidad muestran que con una buena relación entre la sombra y prácticas adecuadas de cultivo pueden lograrse aumentos sustanciales del rendimiento en los paisajes agroforestales de pequeños propietarios sin aumentar la presión sobre resto del hábitat natural del bosque (Clough et al., 2011). Sin embargo, las especies endémicas y especialistas de los ecosistemas naturales pueden verse afectadas en mayor medida por la extensión de uso de suelo de estos sistemas productivos (Steffan-Dewenter et al., 2007).

➔ (A) árboles, (B) plantas herbáceas (C) hongos endofíticos, (D) mariposas, (E) hormigas, (F) arañas, (G) aves, (H) ratas y (I) anfibios, pero disminuye significativamente en (B) hierbas. Las líneas discontinuas son modelos lineales de intercepción.

Conclusiones y recomendaciones

A medida que los biomas de bosques primarios son intervenidos alterando su estructura original, los hábitats modificados o secundarios empiezan a tomar importancia para la conservación de la biodiversidad (Asner et al., 2009; Edwards et al., 2014). Si bien muchos ecosistemas forestales de tierras bajas están amenazados por los monocultivos a gran escala y la deforestación para pastoreo de ganado, la mayoría de los sistemas forestales montañosos se enfrentan a la fragmentación a pequeña escala a través de múltiples prácticas agrícolas que producen una matriz compleja y heterogénea. En estas regiones las estrategias de conservación deben considerar esa complejidad y maximizar su eficiencia valiéndose de la capacidad de los sistemas productivos para realizar aportes a la preservación, dispersión y conectividad de las especies y los ecosistemas.

Los estudios que se revisaron en esta sección dan cuenta de la utilidad de sistemas como las plantaciones agroforestales, su complejidad estructural demostró claramente una mayor capacidad para mantener niveles más altos de diversidad en comparación con los entornos estructuralmente más pobres como los monocultivos o los pastizales. Diversos estudios con otros grupos taxonómicos han encontrado resultados similares en la

implementación de sistemas rústicos y cultivos orgánicos con la capacidad de soportar una diversidad similar a los sistemas forestales naturales adyacentes (Mas & Dietsch, 2004).

La actualización de cultivos es una forma económica de realizar aportes a la biodiversidad sin necesidad de extender las plantaciones hacia los ecosistemas naturales. Esta actualización puede realizarse sobre la estructura de la plantación de café o cacao dependiendo de los requerimientos de las variedades y las condiciones microclimáticas del área de producción. Las plantas improductivas en los campos de los agricultores pueden ser sustituidos por otros más vigorosos, jóvenes y con mayor productividad o reemplazados por plantas y árboles nativos útiles (madera y productos forestales no maderables) asociados que producen un paisaje más heterogéneo, cuidando que se conserve el sotobosque y la estratificación (Sonwa et al., 2019).

La diversificación de estas alternativas de cultivo ha incentivado el desarrollo de programas de certificación que buscan una mejora en las prác-

ticas agrícolas y que a su vez este esfuerzo por parte de los agricultores se vea reflejado en una mejora de sus ingresos económicos. Además, el proceso de certificación provee información al consumidor sobre las prácticas de producción y los beneficios ambientales, económicos y comerciales que se apoyan lo que puede generar una preferencia de adquisición. Una vez implementados este tipo de programas debe existir un seguimiento de la calidad de las coberturas forestales y el origen de las plantaciones agroforestales, ya que pueden incentivar iniciativas de conversión de ecosistemas naturales para obtener los beneficios de la venta de café o cacao valorado con mejores precios (Tejeda-Cruz et al., 2010). En ese caso los beneficios de un cultivo agroforestal certificado serían menores que los de retener y conservar los ecosistemas naturales adyacentes a una plantación convencional, llevando a costas un pasivo ambiental mayor en el contexto de las compensaciones por pérdida de biodiversidad.





Referencias

- Arcila-Pulgarín, J. (2007). Renovación y Administración de los Cafetales para Estabilizar la Producción Fina. En *Sistemas de Producción de Café Colombia* (p. 309). <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo7.pdf>
- Asner, G. P., Rudel, T. K., Aide, T. M., Defries, R., & Emerson, R. (2009). A Contemporary Assessment of Change in Humid Tropical Forests. *Conservation Biology*, 23(6), 1386–1395. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01333.x>
- Beenhouwer, M. D., 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. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.05.003>
- Brüning, L. Z., Krieger, M., Meneses-Pelayo, E., Eisenhauer, N., Pinilla, M. P. R., Reu, B., & Ernst, R. (2018). Land-use heterogeneity by small-scale agriculture promotes amphibian diversity in montane agroforestry systems of northeast Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 264, 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.011>
- Caudill, S. A., DeClerck, F. J. A., & Husband, T. P. (2015). Connecting sustainable agriculture and wildlife conservation: Does shade coffee provide habitat for mammals? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.023>
- Clough, Y., Barkmann, J., Jührbandt, J., Kessler, M., Wanger, T. C., Anshary, A., Buchori, D., Cicuzza, D., Darras, K., Putra, D. D., Erasmi, S., Pitopang, R., Schmidt, C., Schulze, C. H., Seidel, D., Steffan-Dewenter, I., Stenchly, K., Vidal, S., Weist, M., ... Tschardt, T. (2011). Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8311–8316. <https://doi.org/10.1073/pnas.1016799108>
- Daily, G. C., Ceballos, G., Pacheco, J., Suzán, G., & Sánchez-Azofeifa, A. (2003). Countryside Biogeography of Neotropical Mammals: Conservation Opportunities in Agricultural Landscapes of Costa Rica. *Conservation Biology*, 17(6), 1814–1826. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2003.00298.x>
- Edwards, D. P., Tobias, J. A., Sheil, D., Meijaard, E., & Laurance, W. F. (2014). Maintaining ecosystem function and services in logged tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(9), 511–520. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.07.003>
- Estrada-Carmona, N., Martínez-Salinas, A., DeClerck, F. A. J., Vílchez-Mendoza, S., & Garbach, K. (2019). Managing the farmscape for connectivity increases conservation value for tropical bird species with different forest dependencies. *Journal of Environmental Management*, 250, 109504. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109504>
- FNC. (2019). *Informe de Sostenibilidad 2015-2018*.
- Harvey, C. A., & González Villalobos, J. A. (2007). Agroforestry systems conserve species-rich but modified assemblages of tropical birds and bats. *Biodiversity and Conservation*, 16(8), 2257–2292. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9194-2>
- Hundera, K., Aerts, R., De Beenhouwer, M., Van Overtveld, K., Helsen, K., Muys, B., & Honnay, O. (2013). Both forest fragmentation and coffee cultivation negatively affect epiphytic orchid diversity in Ethiopian moist evergreen Afromontane forests. *Biological Conservation*, 159, 285–291.
- Konstantas, A., Jeswani, H. K., Stamford, L., & Azapagic, A. (2018). Environmental impacts of chocolate production and consumption in the UK. *Food Research International*, 106, 1012–1025. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.042>

- LBCS-Organizaciones, Embajada Suiza en Colombia, Red Cacaotera, & ITC. (2017). *Lineamientos Básicos de Cacao Sostenible* (V. 2.).
- Mas, A. H., & Dietsch, T. V. (2004). Linking Shade Coffee Certification to Biodiversity Conservation: Butterflies and Birds in Chiapas, Mexico. *Ecological Applications*, 14(3), 642–654. <https://doi.org/10.1890/02-5225>
- Naidoo, R., Balmford, A., Costanza, R., Fisher, B., Green, R. E., Lehner, B., Malcolm, T. R., & Ricketts, T. H. (2008). Global mapping of ecosystem services and conservation priorities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(28), 9495–9500. <https://doi.org/10.1073/pnas.0707823105>
- Olmos, X. (2020). *El comercio internacional como incentivo a la sostenibilidad: La experiencia de la Red Latinoamericana y del Caribe de la Huella Ambiental del Café*.
- Pardini, R. (2004). Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. *Biodiversity & Conservation*, 13(13), 2567–2586. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000048452.18878.2d>
- Ramos Pérez, D. F. (2014). *Consideraciones ambientales y viabilidad socioeconómica del sistema productivo del cacao el caso de los agricultores de Pueblo Bello, Departamento del César*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Rueda, X., Thomas, N. E., & Lambin, E. F. (2015). Eco-certification and coffee cultivation enhance tree cover and forest connectivity in the Colombian coffee landscapes. *Regional Environmental Change*, 15(1), 25–33. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0607-y>
- Sonwa, D. J., Weise, S. F., Schroth, G., Janssens, M. J. J., & Shapiro, H.-Y. (2019). Structure of cocoa farming systems in West and Central Africa: A review. *Agroforestry Systems*, 93(5), 2009–2025. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0306-7>
- Steffan-Dewenter, I., Kessler, M., Barkmann, J., Bos, M. M., Buchori, D., Erasmi, S., Faust, H., Gerold, G., Glenk, K., Gradstein, S. R., Guhardja, E., Harteveld, M., Hertel, D., Höhn, P., Kappas, M., Köhler, S., Leuschner, C., Maertens, M., Marggraf, R., ... Tcharntke, T. (2007). Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(12), 4973–4978. <https://doi.org/10.1073/pnas.0608409104>
- 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). JSTOR. <https://www.jstor.org/stable/26268117>
- Vignati, F., & Gómez-García, R. (2018). *Iniciativa Latinoamericana del Cacao*.



1

Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Referentes para Colombia

2

Ganadería

3

Palma de aceite

4

Café y cacao

5

Aguacate

6

Cereales, papa y otros cultivos de importancia para Colombia

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Aguacate



Autores

Julián Ávila

Consultor WCS

Lucas Buitrago

Especialista instrumentos para la sostenibilidad WCS

ISBN: 978-958-5461-94-9

Diciembre 2020

Equipo WCS Colombia

Catalina Gutiérrez

Directora

Germán Forero

Director Científico

Silvia Alvarez

Coordinadora Paisajes Sostenibles

Leonor Valenzuela

Coordinadora Análisis y Síntesis

Pato Salcedo

Coordinador Comunicaciones

Johanna Gutiérrez

Especialista Gestión de Proyectos

Equipo TNC Colombia

María Isabel Vieira

Especialista compensaciones

Diego Lizcano

Especialista en biodiversidad

Andrés Felipe Zuluaga

Director de Conservación

Puntoaparte
Editores

www.puntoaparte.com.co

Diseño y diagramación

Valeria Cobo

Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Aguacate

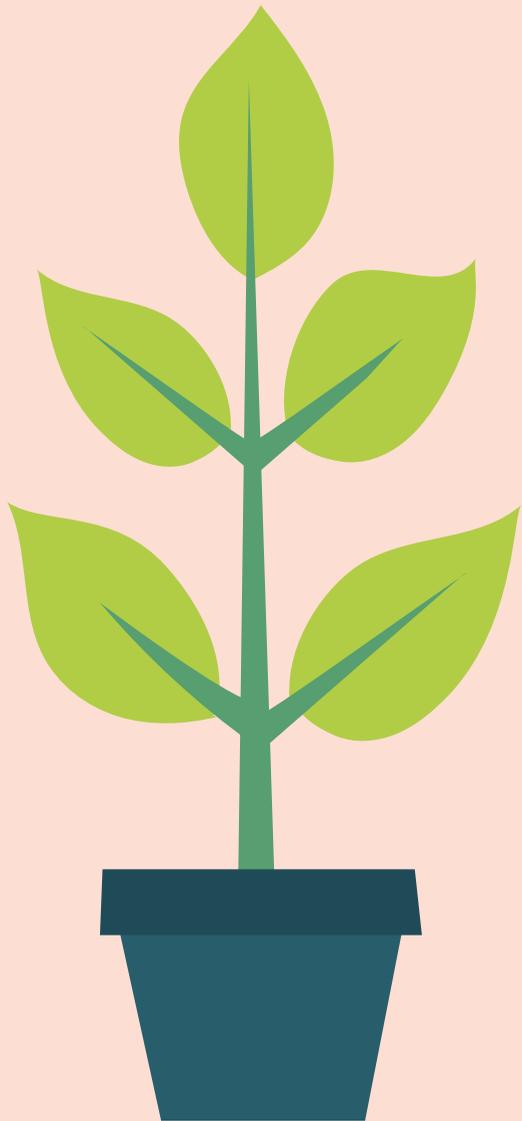


Con el apoyo de:

The Nature
Conservancy 

Fundación 
Santo Domingo

Contenido



1

Guía de consulta

4

2

Caracterización del sistema

6

Modelo convencional

7

Afectaciones comunes al medio ambiente

8

Alternativas

3

Caso 1
Bosque templado

11

Visitantes florales y
plantas herbáceas

13

Cobertura vegetal

4

Conclusiones y
recomendaciones

14

5

Referencias

15

Guía de consulta



4

Las secciones dedicadas a cada sistema productivo están creadas para poder profundizar en detalles sobre los impactos positivos y/o negativos en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos de diferentes intervenciones.

Cada sección inicia con una descripción general de el sistema productivo, que incluye cifras a nivel del país, una descripción de los principales impactos que este tipo de sistema productivo puede causar a ecosistemas naturales y las principales intervenciones que se han usado para hacer más sostenible su producción.

La información recolectada se presenta en el siguiente orden:



Esta información se presenta para cada ecosistema del que se haya encontrado información.

Finalmente, se ofrecen unas conclusiones generales sobre la sostenibilidad de ese sistema productivo.



Caracterización del sistema

Modelo convencional

6

Afectaciones comunes al medio ambiente

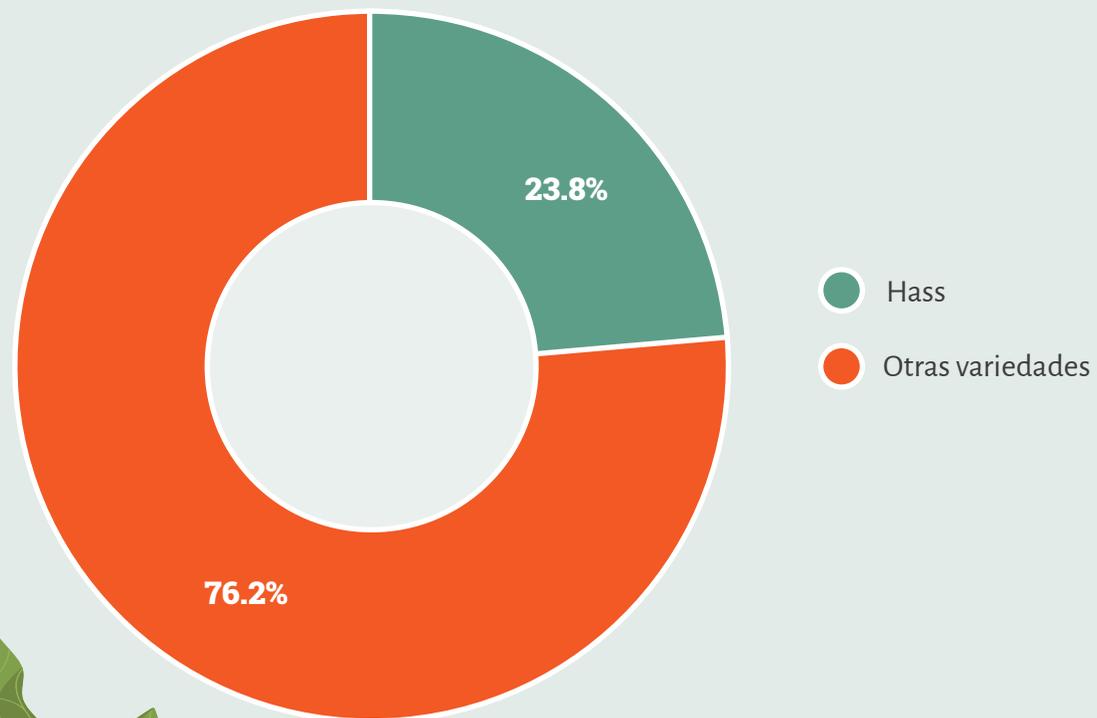
7

Alternativas

8

En Colombia el cultivo de aguacate, en todas sus variedades, produce alrededor de 597.000 toneladas con un área sembrada de 85.000 hectáreas. Los departamentos de Tolima, Caldas, Antioquia, Santander, Bolívar, Cesar, Valle del Cauca, y Quindío, representan el 86% del total del área de cultivo de aguacate en el país. Particularmente la

variedad de aguacate hass, se impulsó en la última década tras el éxito comercial que ha tenido en países como México y Chile, esta variedad en Colombia para el año 2019 alcanzó las 20.200 hectáreas con un incremento muy importante del 27.7% respecto al año anterior, abriendo mercados en Europa, Asia y Estados Unidos (ICA, 2019).



Modelo convencional

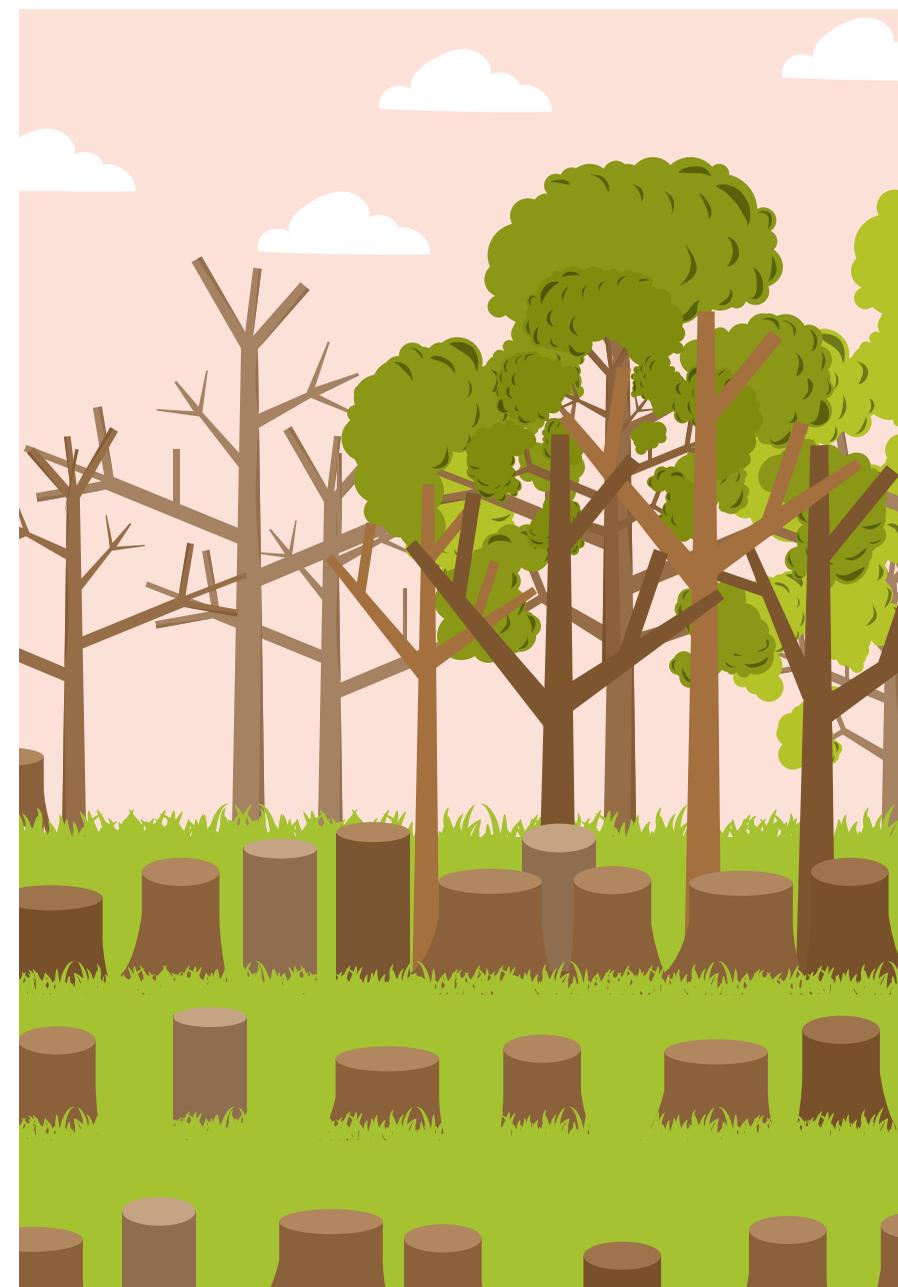
El aguacate se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.500 msnm; siendo más habitual la selección de hábitats montañosos como los Andes en altitudes entre 800 y 2.500 m, para evitar problemas con enfermedades, principalmente de las raíces. Un factor limitante del cultivo es el agua, requiere precipitaciones de 1.200 mm anuales bien distribuidos son suficientes. Sequías prolongadas provocan la caída de las hojas, lo que reduce el rendimiento; el exceso de precipitación durante la floración y la fructificación reduce la producción y provoca la caída de flores y frutos. En medio de la sequía los cultivo requieren riego exógeno y en la temporada de lluvias algunos cultivadores recurren a medidas como cañones antigranizo (sistemas cuya efectividad no está comprobada) para evitar las pérdidas, pretendiendo cambiar el régimen de lluvias a escala local.

El terreno destinado al cultivo debe contar con protección natural contra el viento para lo cual se pueden usar coberturas vegetales naturales o barreras cortavientos con un establecimiento previo al inicio del cultivo. El viento produce daño, rotura de ramas, caída del fruto, especialmente cuando están pequeños. También, cuando el viento es muy seco durante la floración, reduce el número de flores polinizadas y por consiguiente de frutos. Debido a la vida útil del cultivo requiere de fertilizantes en los cuales suelen usarse anualmente agroquímicos ricos en fósforo y nitrógeno con una adición de estos últimos en la temporada de floración y fructificación. Para el control de plagas se recurre al uso de insecticidas de diversos espectros (insectos y ácaros).

Afectaciones comunes al medio ambiente

7

- **Deforestación:** la expansión del cultivo de aguacate ocurre tradicionalmente a expensas de los bosques que se tumban y queman para dar paso a la preparación de suelo de los monocultivos de esta fruta, en México, principal exportador, en algunos estados la expansión del cultivo en la última década aumentó hasta 15 veces, con una relación consecuente en la pérdida de cobertura forestal (WRI, 2019). Adicionalmente, una parte del aguacate se embala para su transporte en cajas de madera que también se obtiene de los sistemas naturales que circundan el cultivo.
- **Consumo y ciclo del agua:** una hectárea de aguacate con apenas 156 árboles consume 1.6 veces más agua que un bosque con 677 arbustos por hectárea (Gómez-Tagle Ch et al., 2015). esta relación es especialmente grave para unidades de producción que superan las 100 ha. La alta demanda de agua del cultivo requiere que los agricultores construyan además ollas de agua para garantizar el riego, estas trampas de agua además afectan al ciclo hidrológico y reducen la cantidad de agua disponible para el resto del ecosistema
- **Erosión de suelo:** la densidad de cultivo (monocultivo tradicional) y la forma de las raíces del aguacatal impiden la captación, filtración y almacenaje del líquido en los acuíferos.
- **Huella ecológica:** un paquete pequeño con dos aguacates (1lb) genera una huella de emisiones de 846,36 g de CO₂, casi el doble que un kilo de plátanos (480 g de CO₂) y el triple del tamaño de un capuchino grande con leche de vaca tradicional que corresponde a 235 g de CO₂ (Stoessel et al., 2012).



Alternativas

Existen soluciones para reducir el impacto ambiental del aguacate, es posible tener cultivos de gran calidad garantizando la inocuidad y el control de químicos en la fruta, la no contaminación de agua y de suelos, y con un compromiso de no deforestación. Para ello se requiere que los nuevos cultivos y las extensiones de los antiguos ocurran únicamente hacia las zonas más degradadas del ecosistema como los pastizales que fueron usados para pastoreo de ganado.

El mercado internacional por presión de los consumidores exige una certificación internacional de protección del medio ambiente. En Colombia la certificación Rainforest Alliance cerró el 2019 con cerca de 1.000 ha de cultivo certificadas, mientras que el programa GlobalGAP incluyó 952 hectáreas certificadas (Procolombia, 2020).



3

Caso 1. Bosque templado

Visitantes florales
y plantas herbáceas 11

Cobertura vegetal 13



Bioindicadores		Tratamientos:	País	Estudios
	Visitantes florales Plantas herbáceas	Cultivo de aguacate convencional Cultivo de aguacate orgánico	México	Villamil et al., 2018
	Cobertura vegetal	Análisis temporal de cambios en la cobertura vegetal	México	Bravo-Espinosa et al., 2014
	Cobertura vegetal	Análisis temporal de cambios en la cobertura vegetal asociados a cambios en la legislación	México	Barsimantov & Antezana, 2012

Ecosistema: Zona montana (1.100-2.900 msnm) clima cálido subhúmedo. Temperatura media 14-19°C. Precipitación anual 1,100–1,500 mm. la vegetación dominante esta compuesta de pino, encinos y bosques mixtos México, estados de Michoacán, Jalisco y Oaxaca.

Visitantes florales y plantas herbáceas

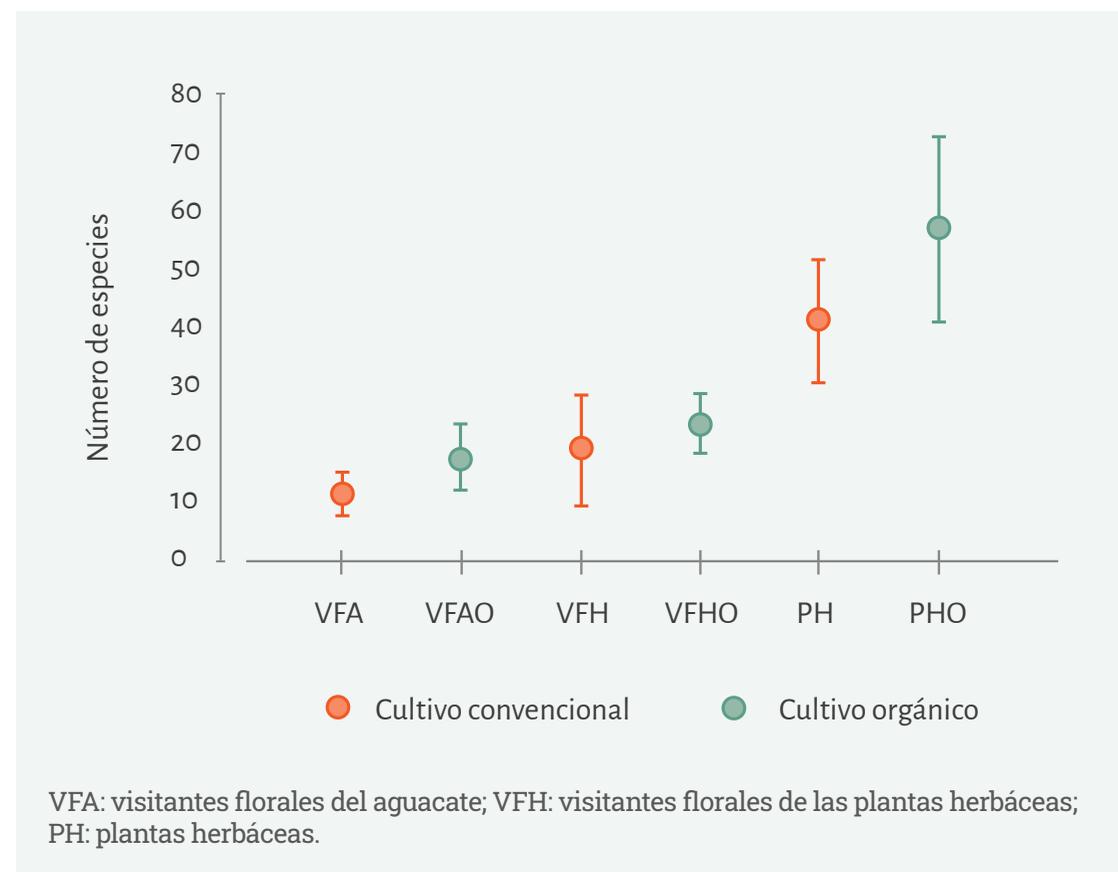


Los visitantes florales son de suma importancia porque están directamente relacionados con la polinización, un servicio ecosistémico primordial para un sistema productivo como el aguacate (Villamil et al., 2018). En este estudio comparan la diversidad de visitantes florales que visitan los árboles de aguacate y los que visitan a las plantas herbáceas que crecen allí, tanto en cultivos convencionales como en cultivos de aguacate orgánicos. Estos últimos se diferencian de los primeros porque: no uti-

lizan agroquímicos como fertilizantes, controladores de plagas o de plantas herbáceas, estas últimas las cortan de forma mecánica con una podadora. Además, tienen un acuerdo de no deforestación.

Los resultados de este estudio concluyeron que existe una diferencia en cuanto a la diversidad de visitantes florales de los árboles de aguacate y en cuanto a la diversidad de plantas herbáceas que se conserva dentro de los cultivos (ver Figura 1)

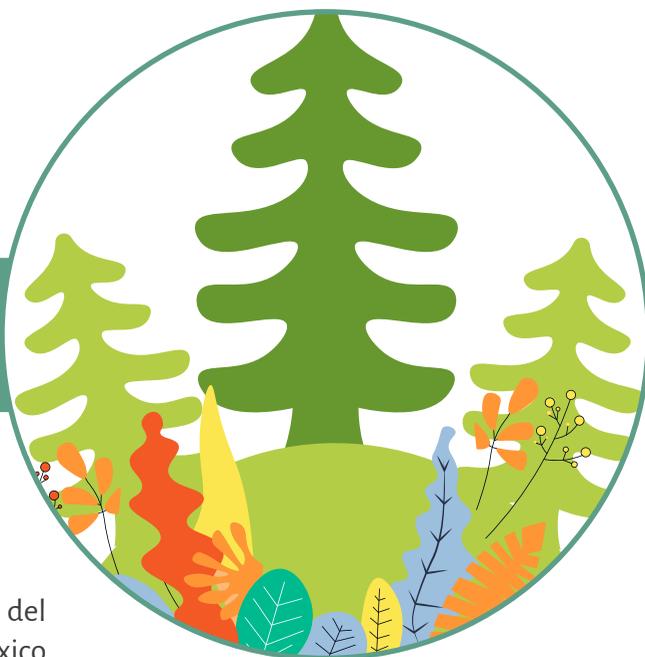
➔ **Figura 1.** Riqueza de especies: visitantes florales y plantas herbáceas.





Los resultados de este estudio que incluyo diversos análisis sobre las comunidades de visitantes florales y plantas herbáceas confirmaron la existencia de una asociación entre el manejo y la biodiversidad de estos grupos taxonómico. Particularmente, evidenciaron diferencias respecto a la intensidad de manejo, a mayor intensidad una menor diversidad y por lo tanto una reducción en la provisión de servicios ecosistémicos (Villamil et al., 2018). Adicionalmente, en este estudio identificaron que no solo lo importante es la proveniencia del producto dependiendo de su etiqueta, de orgánico o convencional, sino la estructura alrededor del cultivo. Como la presencia de un huerto de plantas comestibles y de fragmentos de bosque cerca de los cultivos orgánicos que favorecen la heterogeneidad de hábitat.

Cobertura vegetal



13

En el estado de Michoacán, el responsable del 70% de la producción de aguacate en México evaluaron la tasa de deforestación y la expansión del cultivo de aguacate. Encontraron que entre 1975 y 2008 los bosques templados de coníferas y los bosques tropicales caducifolios se redujeron a una tasa de 0.9% anual (1,001 ha por año), mientras que el cultivo de aguacate se extendía a un 0.7% anual (553 ha por año) en la misma región (Bravo-Espinosa et al., 2014). Posteriormente evaluaron las condiciones de la calidad del suelo, reportando que la estabilidad de los agregados del suelo húmedo, su resistencia mecánica a la penetración, los nitratos ($N-NO_3$) y la concentración de Andosoles en la capa superficial del suelo se vio afectada de forma negativa por la conversión del uso

de la tierra en huertos de aguacate convencional. Además, aunque no mostraron diferencias estadísticamente significativas, otras propiedades del suelo como la materia orgánica, el potasio intercambiable y el fósforo disponible mostraron tendencias de degradación.

Por otro lado, un estudio llevado a cabo en el mismo estado de Michoacán (Barsimantov & Antezana, 2012), contrastó dos condiciones de ordenamiento territorial diferente, comunidades con programas activos de manejo forestal (comunidades forestales) y comunidades con

ausencia de estos programas (comunidades no forestales). Encontrado severas diferencias en su tasa de deforestación de la cobertura vegetal natural, a pesar de que ambas se encuentran dentro de la zona aguacatera y ambas aprovechan su cultivo. Los resultados muestran que el 33,1% de la cubierta forestal se perdió durante un período de 16 años en toda la región. Sin embargo, las comunidades forestales solo perdieron entre el 7,2% y el 15,1% de la cubierta forestal, mientras que las comunidades no forestales adyacentes perdieron entre el 86,5% y el 92,4%.

Este estudio fue más allá e identificó que posiblemente un cambio en la legislación pudo tener efectos sobre el aumento de la deforestación en la región. El 1992 se reformó el artículo 27 de la legislación mexicana y la ley forestal, esta reforma debilitó las asociaciones comunitarias que tenían derechos comunes sobre la tierra

y en cambio permitió la titulación y venta de tierras de propiedad común bajo ciertas condiciones. Adicionalmente, esta reforma pretendía facilitar el proceso de aprovechamiento forestal legal, que lastimosamente terminó propiciando la tala ilegal. Al mismo tiempo cerca del 10% de los ejidos comunales se individualizaron para la venta posterior de tierras.

Los resultados de este estudio demuestran que tener planes de manejo para las coberturas forestales bien ejecutados es sumamente positivo para la conservación de ecosistemas naturales. Se recomienda la implementación de programas de ordenamiento territorial para controlar la introducción de huertos de aguacate en terrenos boscosos, así como la promoción de la restauración de suelos y vegetación para reducir los impactos negativos relacionados con el cultivo.



Conclusiones y recomendaciones

Para tener un cultivo de aguacate sostenible es indispensable implementar políticas de ordenamiento territorial que planifiquen el uso de la tierra basado en la aptitud del suelo, la disponibilidad de agua y vocación del territorio. Un ejemplo a seguir es el caso del Sistema Comunitario para el Manejo y Protección de la Biodiversidad en el estado de Oaxaca (González & Miranda, 2003), donde se llevó a cabo un ejercicio de planificación territorial comunitaria incluyendo las caracte-

rísticas (físicas, biológicas y culturales y a los sistemas productivos a conveniencia.

Es de suma importancia que en Colombia se incentive y se abran las puertas a la investigación sobre la biodiversidad y su relación con el cultivo de aguacate, nuestros ecosistemas y nuestra amplia diversidad pueden tener respuestas específicas a distintos tipos de manejo y trabajando mancomunadamente se puede llegar a propuestas de manejo y compensación que sean favorables tanto para los siste-

mas productivos como para la conservación y mantenimiento de nuestra biodiversidad.

Esa información a nivel local además facilitaría el proceso de certificación de sostenibilidad para los mercados internacionales que también debe seguir promoviéndose, siempre y cuando se tenga claro de que tamaño son los beneficios a la biodiversidad y a las comunidades que esos predios están brindando al acogerse a medidas como mejores prácticas agrícolas, producción libre de deforestación y el monitoreo de las cadenas de valor.



Referencias

- Barsimantov, J., & Antezana, J. N. (2012). Forest cover change and land tenure change in Mexico's avocado region: Is community forestry related to reduced deforestation for high value crops? *Applied Geography*, 32(2), 844–853. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.09.001>
- Bravo-Espinosa, M., Mendoza, M. E., Allende, T. C., Medina, L., Sáenz-Reyes, J. T., & Páez, R. (2014). Effects of Converting Forest to Avocado Orchards on Topsoil Properties in the Trans-Mexican Volcanic System, Mexico. *Land Degradation & Development*, 25(5), 452–467. <https://doi.org/10.1002/ldr.2163>
- Gómez-Tagle Ch, A., Gómez-Tagle R, A. F., Ávila O, J. A., & Bruijnzeel, L. A. (2015). Partición de la precipitación en un bosque tropical montano de pino-encino en el centro de México. *Bosque (Valdivia)*, 36(3), 505–518. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300017>
- González, M. A., & Miranda, M. E. (2003). *El sistema comunitario para el manejo y protección de la biodiversidad: Cuenca Huatulco-Copalita, Oaxaca, Mexico*. Centro de Investigación e Información sobre Agricultura Sostenible de bajos
- ICA. (2019). *El ICA, principal jalonador de las exportaciones de aguacate Hass colombiano al mundo*. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:K-fW_9DV-VcJ:https://www.ica.gov.co/noticias/ica-principal-jalonador-exportacion-aguacate-hass+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=co
- Procolombia. (2020, marzo 6). *Colombia apuesta por un aguacate hass cada vez más sostenible*. Sala de Prensa | PROCOLOMBIA. <https://procolombia.co/noticias/colombia-apuesta-por-un-aguacate-hass-cada-vez-mas-sostenible>
- Stoessel, F., Juraske, R., Pfister, S., & Hellweg, S. (2012). Life Cycle Inventory and Carbon and Water FoodPrint of Fruits and Vegetables: Application to a Swiss Retailer. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3253–3262. <https://doi.org/10.1021/es2030577>
- Villamil, L., Astier, M., Merlín, Y., Ayala-Barajas, R., Ramírez-García, E., Martínez-Cruz, J., Devoto, M., & Gavito, M. E. (2018). Management practices and diversity of flower visitors and herbaceous plants in conventional and organic avocado orchards in Michoacán, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(5), 530–551. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1410874>
- WRI. (2019). *¿Crecerá la industria aguacatera a expensas de los bosques Mexicanos?* | WRI Mexico. <https://wrimexico.org/blog/%C2%BFcrecer%C3%A1-la-industria-aguacatera-expensas-de-los-bosques-mexicanos>



1

Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Referentes para Colombia

2

Ganadería

3

Palma de aceite

4

Café y cacao

5

Aguacate

6

Cereales, papa y otros cultivos de importancia para Colombia

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Cereales, papa y otros cultivos de importancia para Colombia



Autores

Julián Ávila

Consultor WCS

Lucas Buitrago

Especialista instrumentos para la sostenibilidad WCS

ISBN: 978-958-5461-94-9

Diciembre 2020

Equipo WCS Colombia

Catalina Gutiérrez

Directora

Germán Forero

Director Científico

Silvia Alvarez

Coordinadora Paisajes Sostenibles

Leonor Valenzuela

Coordinadora Análisis y Síntesis

Pato Salcedo

Coordinador Comunicaciones

Johanna Gutiérrez

Especialista Gestión de Proyectos

Equipo TNC Colombia

María Isabel Vieira

Especialista compensaciones

Diego Lizcano

Especialista en biodiversidad

Andrés Felipe Zuluaga

Director de Conservación

Puntoaparte
Editores

www.puntoaparte.com.co

Diseño y diagramación

Valeria Cobo

Sistemas agropecuarios sostenibles,
biodiversidad y servicios ecosistémicos

Cereales, papa y otros cultivos de importancia para Colombia

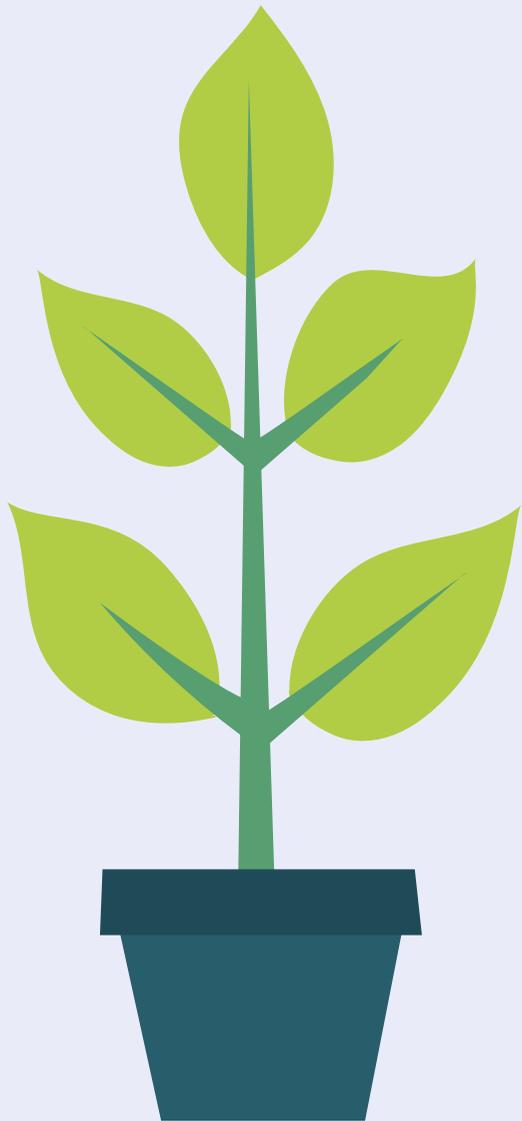


Con el apoyo de:

The Nature
Conservancy 

Fundación 
Santo Domingo

Contenido



1 Guía de consulta

4

2 Caracterización del sistema

7

Afectaciones comunes al medio ambiente de los sistemas productivos convencionales

8

Alternativas

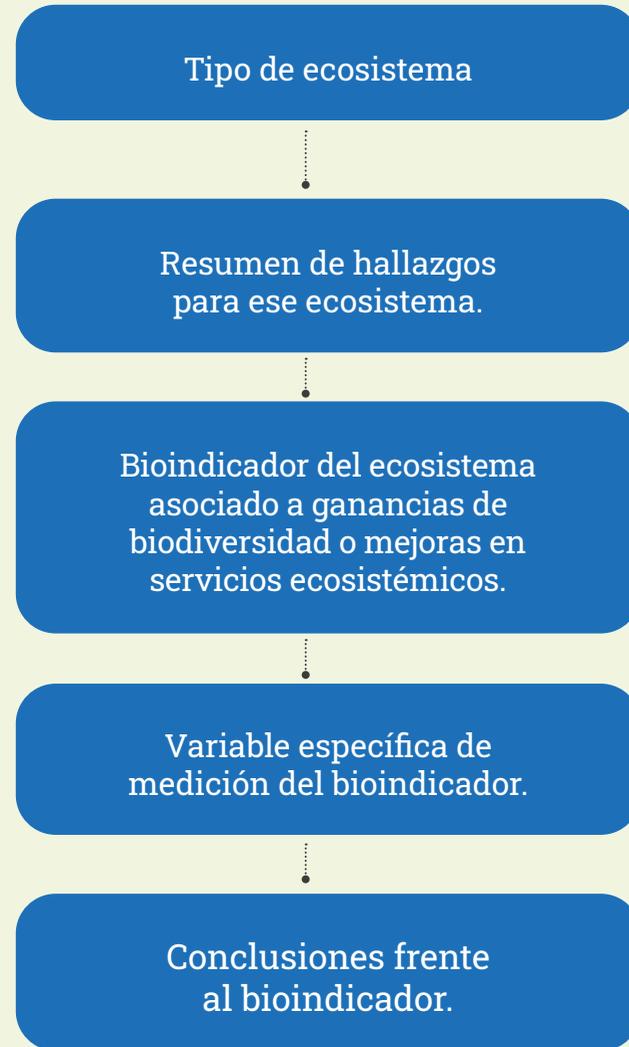
3 Posibles resultados de la implementación de sistemas productivos sostenibles

9

4 Referentes

12

Guía de consulta



4

Las secciones dedicadas a cada sistema productivo están creadas para poder profundizar en detalles sobre los impactos positivos y/o negativos en términos de biodiversidad y servicios ecosistémicos de diferentes intervenciones.

Cada sección inicia con una descripción general de el sistema productivo, que incluye cifras a nivel del país, una descripción de los principales impactos que este tipo de sistema productivo puede causar a ecosistemas naturales y las principales intervenciones que se han usado para hacer más sostenible su producción.

La información recolectada se presenta en el siguiente orden:



Esta información se presenta para cada ecosistema del que se haya encontrado información.

Finalmente, se ofrecen unas conclusiones generales sobre la sostenibilidad de ese sistema productivo.

2

Caracterización del sistema

Afectaciones comunes al medio ambiente de los sistemas productivos convencionales

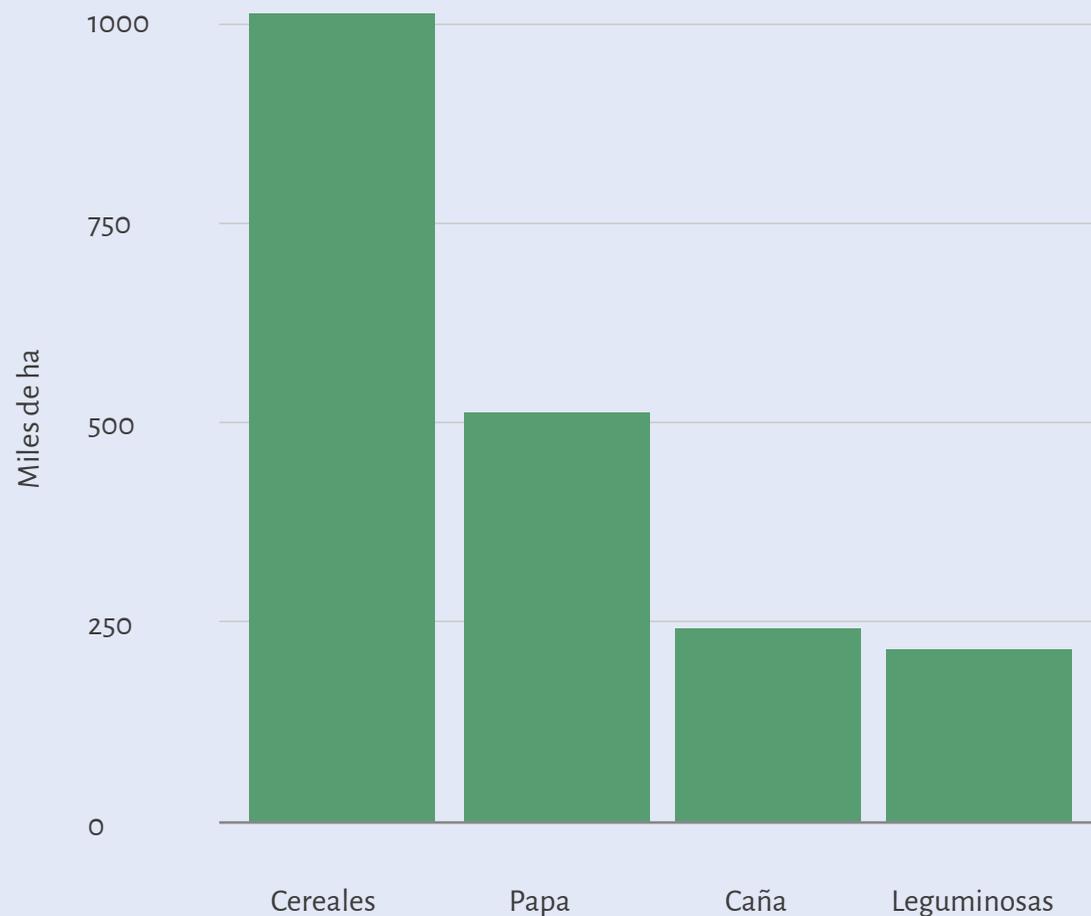
7

Alternativas

8

Los cultivos agroindustriales como el café, el cacao y la palma de aceite, entre otros, ocupan un 38% del área cultivada a nivel nacional, llamando la atención por su relevancia económica y social. Adicionalmente, estos cultivos han llamado la atención a nivel internacional por su distribución alrededor del mundo y gracias a ello hemos obtenido datos sobre su impacto ambiental y como distintas estrategias de agricultura sostenible pueden beneficiar a la biodiversidad y a los servicios ecosistémicos. Ese escenario es muy distinto cuando entramos en otro tipo de sistemas agrícolas con enorme importancia en Colombia y que ocupan un área significativa del territorio cultivado, como la papa (24.8%), los cereales (16.8%), la caña (7.7%) y las leguminosas (3,5%) Dane 2014.

→ **Figura 1. Área de los cultivos sembrados a nivel nacional.**



El área que ocupan los cultivos de cereales es del mismo tamaño que el departamento de sucre, mientras que los cultivos de papa en todo el país alcanzan a abarcar un área total mayor que la de todo el departamento de Risaralda



Para estos sistemas agrícolas en particular, existen enormes vacíos de información respecto a las ganancias o pérdidas evitadas de biodiversidad y servicios ecosistémicos cuando se implementa una estrategia de producción más sostenible. Si bien se han medido los efectos de la implementación de los sistemas de producción convencionales sobre la biodiversidad en algunos ecosistemas, y se puede suponer donde estarían las ganancias y la reducción de impactos ambientales cuando se implementa un sistema de producción más limpio, no hay claridad, ni evidencia que permita estimar los posibles beneficios que esa implementación traería para la biodiversidad, convirtiéndolo en un ejercicio muy complejo en el contexto de las obligaciones ambientales donde es necesario saber cual es la equivalencia ecológica de las acciones que se emplearán respecto a las pérdidas de los ecosistemas afectados.



Afectaciones comunes al medio ambiente de los sistemas productivos convencionales

Cereales

Los principales conflictos ambientales de los cereales tienen que ver con la expansión de cultivos en planicies, cambiando la cobertura vegetal como las sabanas naturales por este tipo de cultivos. Que estructuralmente no tienen un impacto tan fuerte como cuando se tumba un bosque para abrir campo de cultivo o pastoreo, pero sí genera pasivos ambientales con respecto a la diversidad vegetal y faunística original de ese ecosistema. Por otro lado, el cultivo de cereales impacta fuertemente a los cuerpos de agua por el uso de distintos insecticidas y herbicidas agroquímicos. Por la escorrentía del agua se ha encontrado en algunos casos hasta 17 tipos de plaguicidas distintos en cuerpos de agua adyacentes a los cultivos de cereales.

En algunos cereales como el arroz, que es el de mayor extensión en

Colombia se ha registrado que contribuye con altas emisiones de metano (entre un 10% y un 25% de las emisiones de metano a nivel global) y óxido nítrico (un gas con un potencial de calentamiento 300 veces mayor el dióxido de carbono) por la utilización de fertilizantes (Jackson et al., 2020)2020. Particularmente en el cultivo de arroz no se han implementado mejoras sustanciales en el manejo del cultivo que lleven a una reducción de las emisiones alrededor del mundo (ESG, 2019).

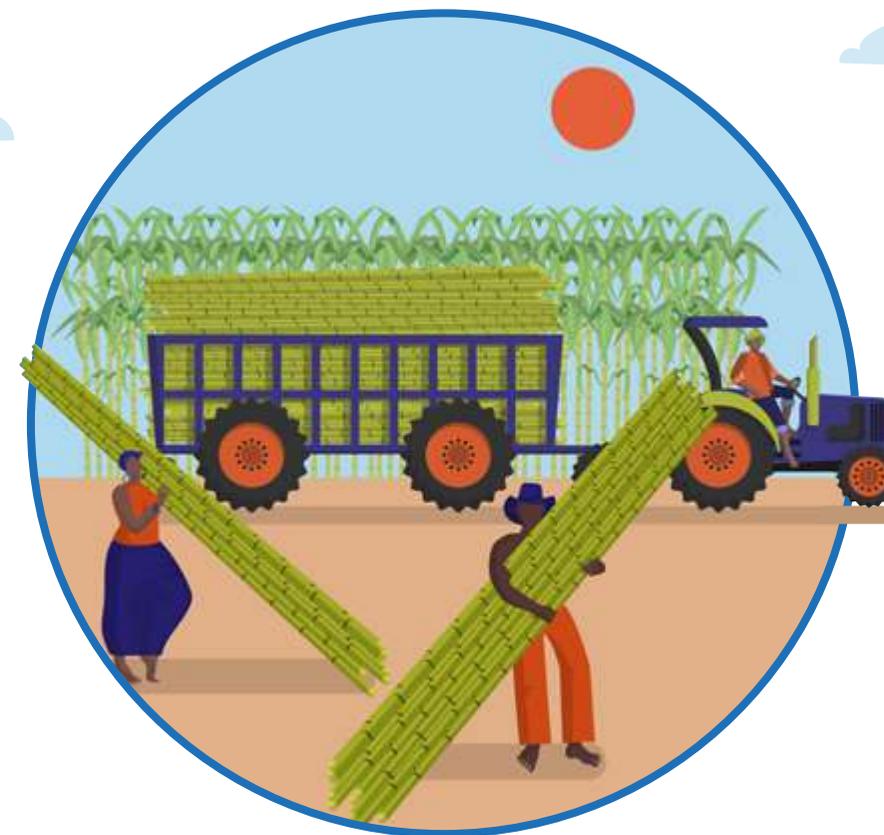
Papa

Las actividades que causan mayor impacto ambiental sobre el suelo durante el proceso de cultivo de papa son las actividades de selección del lote donde los procesos de arado,

pulida y surcado influyen sobre su compactación y la infiltración. Además, la fertilización del cultivo y el manejo de plagas, enfermedades y malezas con la adición de agroquímicos que acaban por escorrentía en las vertientes de los nacimientos de los ríos. La extensión de cultivos de papa no planificada también ha reemplazado ecosistemas de páramo que son vitales para el ciclo del agua con la consecuente pérdida de biodiversidad única de estas regiones.

Caña y leguminosas

Los impactos de los cultivos convencionales se comparten, aunque se cambie de ecosistema, al igual que



la papa o los cereales los principales efectos de la caña y las leguminosas tienen que ver con el uso inapropiado de agroquímicos (glifosato en el caso de la soya), la compactación del suelo por el uso de maquinaria pesada y la pérdida de biodiversidad por extensión del cultivo hacia ecosis-

temas naturales o en mejor estado de conservación como vegetación secundaria. Particularmente para la caña el efecto de la temporada de quema puede tener efectos para el ambiente y para la salud por el aumento en la emisión de partículas $PM_{(2.5)}$ y $PM_{(10)}$ (Cañado et al., 2006).

Alternativas



8

Para cada tipo de cultivo se han desarrollado alternativas particulares con recomendaciones sobre cómo realizar cambios en el manejo del cultivo para reducir el impacto ambiental en búsqueda de una producción sostenible. En el cuadro siguiente se encuentran algunas de las alternativas desarrolladas:

Sistema productivo	Documento
Cereales	Ahorrar para crecer en la práctica. Guía para la producción sostenible de cereales. Reeves et al., 2016.
Cereales y leguminosas	Guía ambiental para los cultivos de cereales y leguminosas. MADS, 2002.
Papa	Estrategias de desarrollo sostenible para el cultivo de papa en el páramo de Guerrero Calderón Guzmán & Granados, 2012.
Papa	Aproximación al manejo sostenible del cultivo de papa variedad Pastusa Suprema (<i>Solanum tuberosum</i> subes. Andígena) en ecosistemas de páramos y sabana del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia .Díaz Tapias et al., 2015.
Papa	Guía ambiental para el cultivo de papa . Suárez Pérez, 2008.
Caña	Sistema de caña sostenible. AgSri, 2012.
Caña	Guía de caña sostenible para Colombia – Proyecto Fénix
Caña	Guía ambiental para el subsector de la caña de azúcar . Asocaña, 2010.
Soya	Soja sostenible en Paraguay. SEAM, 2017.



Posibles resultados de la implementación de sistemas productivos sostenibles

9

Para conocer cuál sería el impacto potencial de la implementación de sistemas productivos más amigables con el medio ambiente se han realizado análisis modelando las diferencias que podría tener la implementación de cultivos orgánicos de cereales y leguminosas. Los resultados sugieren que la producción de cultivos orgánicos consumiría, en promedio, el 39% de la energía y generaría el 77% de las emisiones de calentamiento global, el 17% de las emisiones que agotan la capa de ozono y el 96% de las emisiones acidificantes

asociadas con la producción de cultivos convencionales (Pelletier et al., 2008). Estas diferencias se debieron casi exclusivamente a los fertilizantes utilizados en la agricultura convencional y orgánica, en particular por la influencia que tiene la demanda de energía acumulada y las emisiones asociadas con la producción de estos fertilizantes nitrogenados convencionales en comparación con la producción de abono verde utilizado para la fijación biológica de nitrógeno en la agricultura orgánica (Pelletier et al., 2008).

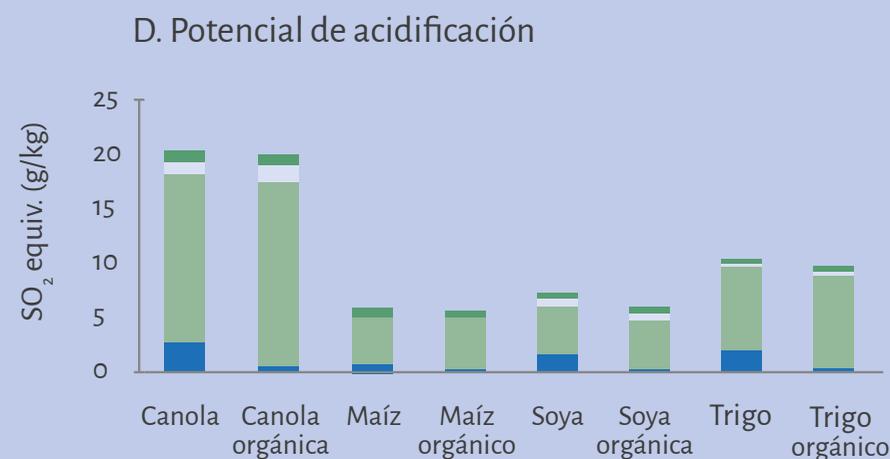
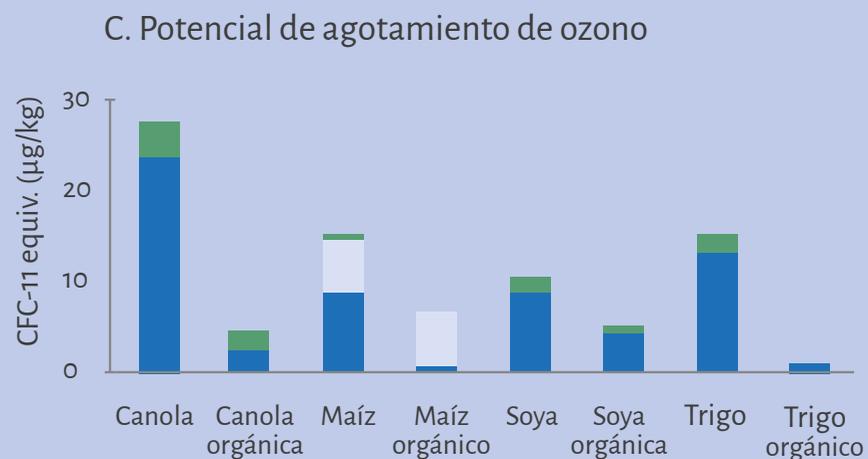
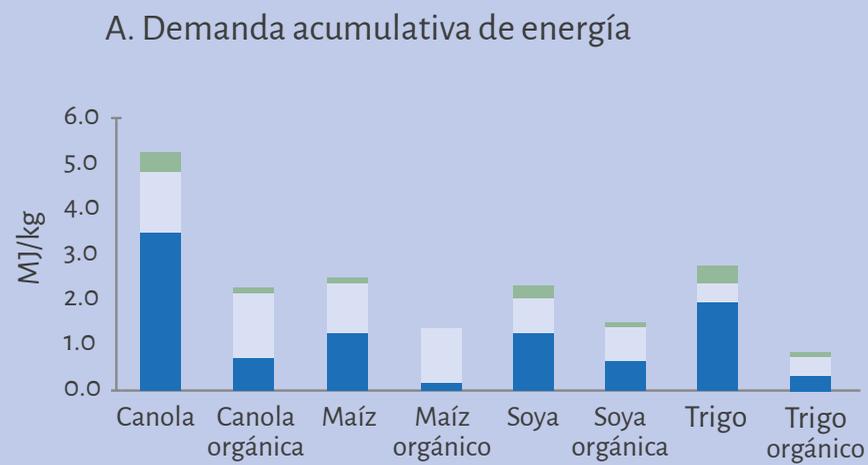


En la Figura 2 se representan las diferencias en el consumo de fertilizantes (Nitrógeno, Fosforo y Potasio), la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, el uso de

combustibles fósiles y otros (semillas, pesticidas y azufre), para los sistemas convencionales y para los sistemas de producción orgánica. En estos resultados se pueden evi-

denciar las claras diferencias entre estrategias de cultivo, donde disminuye el consumo energético, las emisiones de CO₂ y las emisiones de CFC's que alteran la capa de ozono.

→ **Figura 2.** Valores asociados con la producción de 1 kg de canola, maíz, soja y trigo convencionales y orgánicos en Canadá.



- Fertilizantes
- Emisiones
- Combustibles
- Otros

→ “Fertilizantes” se refiere a la producción de insumos de N, P y K. “Emisiones” se refiere a las emisiones a nivel de campo de compuestos de N y CO₂ asociados con el uso de fertilizantes. “Combustible” se refiere a todos los insumos de energía para la maquinaria agrícola y el secado de cultivos. “Otros” se refiere a la producción de todos los demás insumos a nivel de campo (semillas, pesticidas, azufre) modificado de (Pelletier et al., 2008).

El mundo tiene un desafío urgente que atender, se espera que la producción mundial de cereales y leguminosas se duplique para 2050 (Alexandratos, 1999; Cassman, 1999) para satisfacer las demandas de una población en creciente y de las industrias ganadera y de biocombustibles. Los análisis de este estudio son claves para responder a la pregunta de cómo lograr este objetivo sin comprometer aún más la integridad ecológica de los agroecosistemas y los ciclos biogeoquímicos. Una transición a las prácticas de producción de cultivos orgánicos podría ser fundamental para alcanzar este objetivo.

Adicionalmente estos modelos subrayan la importancia de considerar las implicaciones más amplias y a macro-escala de la producción de cultivos convencionales y orgánicos (y las actividades industriales en general), con especial referencia a las limitaciones presentes y futuras sobre la disponibilidad de combustibles fósiles y las contribuciones al cambio climático, la precipitación ácida, el agotamiento del ozono y otras preocupaciones (Pelletier et al., 2008).

Por otro lado, para los sistemas productivos que presentan vacíos sobre los posibles efectos de la implementación de estrategias sostenibles, podemos recurrir a modelos que han tratado de generalizar los efectos sobre la pérdida de biodiversidad en diversos ecosistemas bajo la influencia de diversos sistemas

productivos. Un estudio llevado a cabo en la Orinoquía Colombiana (Williams et al., 2020) llegó a la conclusión de que donde la pérdida de ecosistemas intactos debido a la expansión agrícola es inevitable, el desarrollo debe planificarse estratégicamente para evitar impactos innecesarios sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas.

Esto ocurre porque los impactos más altos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos están determinados por la conversión de uso del suelo y entonces es allí, en la definición de esos objetivos (qué proporción del suelo y con qué finalidad se debe convertir) que puede estar la clave política y de manejo de los agroecosistemas, maximizando la eficiencia productiva de la tierra. La planificación espacial puede mejorar los resultados para la persistencia de especies, retención de ecosistemas, captación de carbono, suministro de agua y valor de la producción agrícola, evitando los daños en ocasiones exagerados que causa la expansión no planificada de sistemas productivos.

Incentivar la investigación y la recolección de datos comparativos entre los sistemas productivos convencionales y las estrategias sostenibles es necesario para poder considerar el desarrollo de estas iniciativas en el contexto de las compensaciones por pérdida de la biodiversidad.





Referencias

- AgSri. (2012). *Sistema de caña sostenible*.
- Alexandratos, N. (1999). World food and agriculture: Outlook for the medium and longer term. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11), 5908–5914. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.5908>
- Asocaña. (2010). *Guía ambiental para el subsector de la caña de azúcar*.
- Calderón Guzmán, E., & Granados, J. A. (2012). Estrategias de desarrollo sostenible para el cultivo de papa en el páramo de Guerrero. *instname:Universidad Libre*. <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11317>
- Cançado, J. E. D., Saldiva, P. H. N., Pereira, L. A. A., Lara, L. B. L. S., Artaxo, P., Martinelli, L. A., Arbex, M. A., Zanobetti, A., & Braga, A. L. F. (2006). The Impact of Sugar Cane–Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. *Environmental Health Perspectives*, 114(5), 725–729. <https://doi.org/10.1289/ehp.8485>
- Cassman, K. G. (1999). Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(11), 5952–5959. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.11.5952>
- Díaz Tapias, M. A., Cubillos Quijano, L. G., & Bello Castañeda, G. N. (2015). *Aproximación al manejo sostenible del cultivo de papa variedad Pastusa Suprema (Solanum tuberosum subes. Andígena) en ecosistemas de páramos y sabana del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia*. V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52300>
- ESG. (2019). Financing Sustainable Rice for a Secure Future. *Earth Security Group*. <https://earthsecuritygroup.com/news/strategy-briefs/financing-sustainable-rice-for-a-secure-future>
- Jackson, R., Saunio, M., Bousquet, P., Canadell, J., Poulter, B., Stavert, A., Bergamaschi, P., Niwa, Y., Segers, A., & Tsuruta, A. (2020). Increasing anthropogenic methane emissions arise equally from agricultural and fossil fuel sources. *Environ. Res. Lett.*, *in press*, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9edz>.
- MADS. (2002). *Guía ambiental para el subsector cerealista: Guía ambiental para los cultivos de cereales y leguminosas*. Ministerio del Medio ambiente.
- Pelletier, N., Arsenault, N., & Tyedmers, P. (2008). Scenario Modeling Potential Eco-Efficiency Gains from a Transition to Organic Agriculture: Life Cycle Perspectives on Canadian Canola, Corn, Soy, and Wheat Production. *Environmental Management*, 42(6), 989–1001. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9155-x>
- Reeves, T., Thomas, G., & Ramsay, G. (2016). *Ahorrar para crecer en la práctica: Maíz, arroz, trigo. Guía para la producción sostenible de cereales*.
- SEAM. (2017). *Soja Sostenible en Paraguay*. <http://greencommoditiesparaguay.org/wp-content/uploads/2017/08/Soja-Sostenible-en-Paraguay.pdf>
- Suárez Pérez, S. (2008). *Guía ambiental para el cultivo de papa*.
- Williams, B. A., Grantham, H. S., Watson, J. E. M., Alvarez, S. J., Simmonds, J. S., Rogéliz, C. A., Silva, M. D., Forero-Medina, G., Etter, A., Nogales, J., Walschburger, T., Hyman, G., & Beyer, H. L. (2020). Minimising the loss of biodiversity and ecosystem services in an intact landscape under risk of rapid agricultural development. *Environmental Research Letters*, 15(1), 014001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5ff7>



1

Sistemas agropecuarios sostenibles, biodiversidad y servicios ecosistémicos

Referentes para Colombia

2

Ganadería

3

Palma de aceite

4

Café y cacao

5

Aguacate

6

Cereales, papa y otros cultivos de importancia para Colombia