

Conservación de aves, abejas y los servicios
ecosistémicos que estas prestan a la producción de café:

Guía de buenas prácticas



Adina Chain-Guadarrama
Elias de Melo Virginio Filho
Alejandra Martínez-Salinas

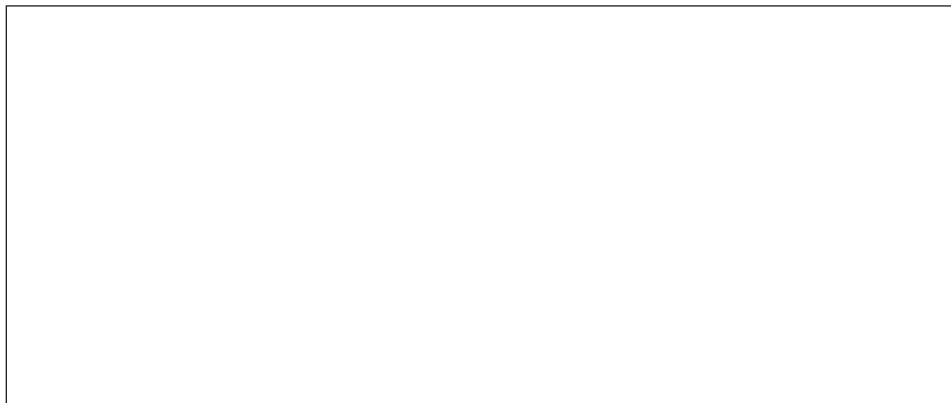
Conservación de aves, abejas y los servicios ecosistémicos que estas prestan a la producción de café: **Guía de buenas prácticas**



Adina Chain-Guadarrama
Elias de Melo Virginio Filho
Alejandra Martínez-Salinas

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2021.



Cita recomendada

Créditos

Este material es una publicación liderada por el proyecto "Conservando Aves Migratorias Neotropicales a través del Manejo de Servicios Ecosistémicos en Fincas de Café", ejecutado por el CATIE en coordinación con el Instituto Gund para el Ambiente de la Universidad de Vermont, y financiado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EE. UU. (USFWS, por sus siglas en inglés) a través de la Ley para la Conservación de Aves Migratorias Neotropicales (NMBCA, por sus siglas en inglés). El proyecto es ejecutado en colaboración con el Programa Centroamericano de Gestión Integral de la Roya del Café-PROCAGICA, y con el apoyo del Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales (CINAT) de la Universidad Nacional (UNA) de Costa Rica, el Instituto del Café de Costa Rica (Icafe), y el Proyecto Capital Natural (NatCap) de la Universidad de Stanford, EE. UU. Se agradece a los productores de café que participan en proyectos de investigación del CATIE.

Autores

Adina Chain-Guadarrama (achain@catie.ac.cr),
Elias de Melo Virginio Filho (eliasdem@catie.ac.cr),
Alejandra Martínez-Salinas (amartinez@catie.ac.cr).

Revisores

Alejandra Echeverri, Universidad de Stanford, EE. UU.
Rodolfo Dirzo, Universidad de Stanford, EE. UU.
Ingrid Aguilar, CINAT, UNA, Costa Rica
Erick Vides Borrell, ECOSUR, México
Mayra Alejandra Ospina Pedroza, CATIE, Costa Rica
Gerencia Técnica Icafe, Costa Rica

Diagramación

Silvia Francis Salazar, Tecnología de Información y Comunicación, CATIE

Fotografías

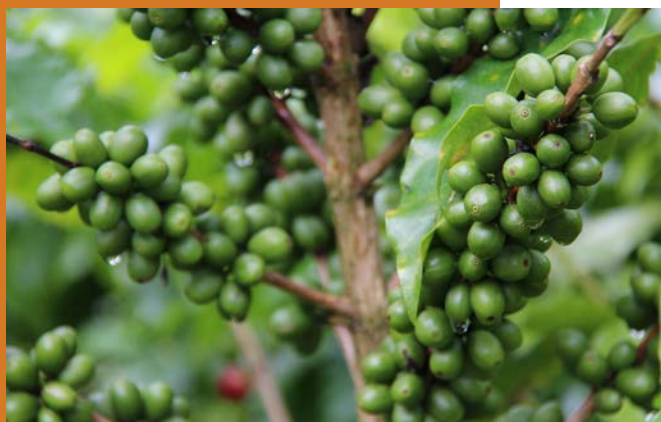
Adina Chain-Guadarrama y Alejandra Martínez-Salinas
Tecnología de Información y Comunicación, página 5
Josanel Sugasti, Becky Matsubara (Creative Commons) y Dave Krueper (fotos de aves en las páginas 8 y 10)
Camila Zanzanini (fotos de las páginas 4, 7: frutos), 22 : vegetación bajo el cafetal, 24: colector de café), 26: frutos

Contenido

El cultivo del café	4
¿Las aves y las abejas benefician el cultivo del café?	8
Conservemos las aves y las abejas	10
Buenas prácticas para la conservación de aves y abejas	12
A) Cobertura arbórea adecuada	12
B) Manejo adecuado del suelo y la vegetación herbácea.....	19
C) Conservación de la fauna silvestre	27
Glosario	28
Referencias	32



El cultivo del café



El cultivo del café tiene gran relevancia en términos económicos y sociales. Para el año 2015 el valor bruto de la producción de café a nivel mundial se estimó por encima de los 16 000 millones de dólares americanos (USD\$) (FAO 2015), lo que representa una de las principales fuentes de ingreso para alrededor de 20-25 millones de familias (Vega *et al.* 2003; Vega *et al.* 2009; Eakin y Wehbe 2009; Jha *et al.* 2011), que en su mayoría producen el café en fincas pequeñas menores a 10 hectáreas (ha) (Jha *et al.* 2011).

El café es tradicionalmente cultivado bajo sombra densa y diversa, siendo una planta originaria del **sotobosque*** de las tierras altas de Etiopía (Perfecto *et al.* 1996; Moguel y Toledo 1999). En muchas regiones del mundo el café se sigue produciendo bajo la sombra de los árboles, en un sistema de producción conocido como **sistema agroforestal**, en el cual un cultivo –en este caso el café– interactúa con una o más especies de árboles (maderables y/o frutales) (Somarriba 1992).

Estos sistemas tradicionales de café bajo sombra representan sistemas complejos que sirven de refugio para una gran variedad de especies de plantas y animales, y juegan un papel importante en la conservación de la **biodiversidad** (Perfecto *et al.* 1996; Moguel y Toledo 1999; Daily *et al.* 2003; Perfecto *et al.* 2003; Donald 2004; Perfecto y Vandermeer 2008; Jha *et al.* 2011; Tschardtke *et al.* 2011; De Beenhouwer

*Las definiciones de las palabras en **negrita** que se observan a lo largo de todo el documento las puedes encontrar en el glosario incluido en la página 27 de este documento.

et al. 2013; Jha *et al.* 2014; Caudill *et al.* 2015; Hagggar *et al.* 2019), en especial de especies de aves (Greenberg *et al.* 1997a; Greenberg *et al.* 1997b; Komar 2006; Philpott *et al.* 2008; Bakermans *et al.* 2012; Frishkoff *et al.* 2014; Buechley *et al.* 2015; Şekercioglu *et al.* 2019; Bohada-Murillo *et al.* 2020; Sánchez-Clavijo *et al.* 2020) y abejas (Jha y Vandermeer 2010; Jha y Dick 2010). No solo los cafetales albergan biodiversidad, sino que además las áreas donde se cultiva el café coinciden con las áreas de distribución de los hábitats más biodiversos en el planeta (Myers *et al.* 2000; Hardner y Rice 2002). Al mismo tiempo que contienen una gran riqueza de especies de animales, diferentes estudios han demostrado que muchas de ellas utilizan este cultivo como zonas de paso entre parches de bosques aislados, incluyendo diferentes especies de aves, mamíferos, mariposas, abejas y reptiles, lo que indica que el café bajo sombra facilita el movimiento de animales y contribuye a la conectividad (Daily *et al.* 2003; Jha *et al.* 2014; Mendenhall *et al.* 2014; Caudill *et al.* 2015). Es por esto que los sistemas agroforestales son particularmente importantes para la conservación de la biodiversidad en áreas dominadas por la producción agropecuaria (agricultura y ganadería).

Conservar la biodiversidad es crucial para mantener **servicios ecosistémicos** (Tilman 1997; Cardinale *et al.* 2012) que son fundamentales para la producción de café y el manejo de la finca (Jha *et al.* 2011; Martínez-Rodríguez *et al.* 2017). Las plantas y animales asociados al cultivo de café bajo sombra generan distintos servicios ecosistémicos que aumentan la productividad de los sistemas de café y benefician a las familias productoras, incluyendo servicios como el secuestro de carbono (Albrecht y Kandji 2003; Tumwebaze y Byakagaba 2016), el mantenimiento del ciclaje de nutrientes y la fertilidad del suelo (Beer *et al.* 1998; Cerda *et al.* 2017), la reducción de la erosión del suelo (Gómez-Delgado *et al.* 2011; Cerdán *et al.* 2012), la provisión de alimentos (Rice 2011), madera y leña (Bacon *et al.* 2008), la regulación de enfermedades que afectan el cultivo (Schroth *et al.* 2000; Soto-Pinto *et al.* 2002), el control de herbáceas (Muschler 1997; Beer *et al.* 1998), la polinización por insectos y aves (Klein *et al.* 2007; Kremen *et al.* 2007; Klein *et al.* 2008) y el control de plagas por diversos organismos, entre los que se encuentran aves y hormigas (Philpott *et al.* 2004; Wenny *et al.* 2011; Milligan *et al.* 2016).

Estos sistemas tradicionales de café bajo sombra representan sistemas complejos que sirven de refugio para una gran variedad de especies de plantas y animales, y juegan un papel importante en la conservación de la biodiversidad.



Recuadro 1. ¿Sabías que actualmente se cultivan casi 11 millones de ha de café? Es decir, el equivalente a 15 millones de canchas de fútbol (FAO 2016). De acuerdo con la FAO (2015), el café se cultiva en más de 70 países en las regiones tropicales de todo el mundo, lo que coincide con las áreas de distribución de los hábitats con mayor **biodiversidad** del planeta (Myers *et al.* 2000; Hardner y Rice 2002).



El café se cultiva en más de 70 países en las regiones tropicales de todo el mundo.

A pesar de los múltiples beneficios de la producción de café bajo sombra, en las últimas décadas el cultivo se ha intensificado dramáticamente (Jha *et al.* 2014). En muchos casos, se han abandonado las prácticas originales de cultivo de café bajo sombra y se ha pasado a una producción a cielo abierto sin árboles de sombra (Perfecto *et al.* 1996; Lin *et al.* 2008; Jha *et al.* 2011; Jha *et al.* 2014; Avelino *et al.* 2015), la cual usualmente viene acompañada por un mayor uso de agroquímicos, incluyendo pesticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes (Perfecto y Vandermeer 2008; Haggard *et al.* 2011; Jha *et al.* 2011; Jha *et al.* 2014).

Estos procesos de **intensificación agrícola** representan una amenaza para la biodiversidad (Perfecto *et al.* 1996; Moguel y Toledo 1999; De Beenhouwer *et al.* 2013; Jha *et al.* 2014; Hipólito *et al.* 2018) y los servicios ecosistémicos derivados de esta (De Beenhouwer *et al.* 2013;



Jha *et al.* 2014), de manera que los cafetales a pleno sol se benefician menos que aquellos sistemas de café bajo sombra (Cerdea *et al.* 2017; Jezeer *et al.* 2017; Meylan *et al.* 2017). Cabe añadir que en algunas regiones la expansión del café hacia zonas boscosas en sí representa también una amenaza para la biodiversidad al ocupar espacios antes destinados a áreas naturales, especialmente el avance del cultivo en zonas altas (Hoang y Kanemoto 2021).

El cultivo del café se encuentra amenazado por el cambio climático (Cleveland *et al.* 2006; Gay *et al.* 2006; Villers *et al.* 2009; Adhikari *et al.* 2015; Avelino *et al.* 2015; Bunn *et al.* 2015; Magrach y Ghazoul 2015; Ovalle-Rivera *et al.* 2015;

Schroth *et al.* 2015; Chemura *et al.* 2016), el aumento en la incidencia de plagas y enfermedades (Damon 2000; Jaramillo *et al.* 2006; Vega *et al.* 2009; Oliveira *et al.* 2013; Avelino *et al.* 2015; Vega *et al.* 2017; Infante 2018) y las variaciones en los precios que, en su conjunto, afectan el ingreso, los medios de vida, la seguridad alimentaria y las estrategias de producción de las familias productoras (Brown y Gibson 2006; Eakin *et al.* 2009; Schroth *et al.* 2009; Eakin *et al.* 2014). Dada la importancia económica del cultivo del café, su impacto potencial sobre la biodiversidad y su vulnerabilidad ante estas amenazas, es importante entender cómo la biodiversidad beneficia la producción de café por medio de servicios ecosistémicos como el control de plagas y la polinización.



¿Las aves y las abejas benefician el cultivo del café?

Existen dos servicios ecosistémicos en particular de los cuales se beneficia la producción de café: el control de plagas por aves y la polinización por abejas.

Las aves son importantes depredadoras de insectos en los sistemas de café y juegan un papel esencial en el control de plagas que afectan a este cultivo (Greenberg *et al.* 2000; Perfecto *et al.* 2004; Philpott *et al.* 2004; Borkhataria *et al.* 2006; Van Bael *et al.* 2008; Kellermann *et al.* 2008; Philpott *et al.* 2008; Johnson *et al.* 2009; Johnson *et al.* 2010; Wenny *et al.* 2011; Karp *et al.* 2013; Karp *et al.* 2014; Martínez-Salinas *et al.* 2016; Milligan *et al.* 2016; Sherry *et al.* 2016; Barrios *et al.* 2018; Nyffeler *et al.* 2018). Específicamente, en el caso de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), que es el insecto que más afecta este cultivo a nivel mundial (Damon 2000; Jaramillo *et al.* 2006; Vega *et al.* 2009; Oliveira *et al.* 2013; Vega *et al.* 2017; Infante 2018), se sabe que existen diferentes especies de **aves residentes** y **migratorias** que se alimentan de él y contribuyen a su control (Kellermann *et al.* 2008; Johnson *et al.* 2010; Karp *et al.* 2013; Martínez-Salinas *et al.* 2016). En fincas de café **agroforestal simplificadas** y manejadas de forma intensiva existe evidencia de que las aves pueden disminuir las tasas de infestación de la broca hasta en 58% (Johnson *et al.* 2010; Martínez-Salinas *et al.* 2016).

Si bien es cierto que el café Arábica es una **planta autógama** (Raw y Free 1977; Manrique y Thimann 2002; Klein *et al.* 2003a), es decir, que se autofecunda, varios estudios han reportado que la producción de café se beneficia de la visita de **especies** de abejas **nativas** y **no nativas**, así como de la **polinización cruzada**, lo que incrementa el número de frutos cuajados, el tamaño y peso de estos y en general, el rendimiento de la finca cafetalera (Klein *et al.* 2003a; De Marco y Coelho 2004; Olschewski *et al.* 2006; Klein *et al.* 2008; Veddeler *et al.* 2008; Ngo *et al.* 2011; Boreux *et al.* 2013; Classen *et al.* 2014; Bravo-Monroy *et al.* 2015; Saturni *et al.* 2016).

Las abejas mieleras (*Apis mellifera*) son importantes polinizadores del cultivo del café y se ha observado que un aumento en el número de visitas de esta especie está relacionado con la producción de un mayor número de frutos de mayor peso (Manrique y Thimann 2002; Roubik 2002; Klein *et al.* 2003c; Ricketts *et al.* 2004; Ngo *et al.* 2011; Boreux *et al.* 2013; Saturni *et al.* 2016). Sin embargo, la abeja mielera no es la única especie de importancia para la polinización del café. Las abejas nativas también mejoran e incrementan el servicio de polinización y se ha observado también un mayor número

de frutos y un rendimiento más alto asociado con la visita de estas especies a las flores de café (Klein *et al.* 2003b; Klein *et al.* 2003c; Ricketts *et al.* 2004; Veddeler *et al.* 2008; Vergara y Badano 2009; Munyuli 2014).

Tanto las abejas como las aves se encuentran amenazadas por el **cambio climático**, la pérdida de hábitat, el **cambio de uso de suelo y la intensificación agrícola** (asociada con el uso desproporcionado de **pesticidas**), entre otros (Şekercioğlu *et al.* 2004; Robinson *et al.* 2008; Brown y Paxton 2009; Grünewald 2010; Şekercioğlu *et al.* 2012; Potts *et al.* 2016; Rafferty 2017; Buderman *et al.* 2020), por lo que la implementación de ciertas prácticas por parte de los productores de café puede contribuir a contrarrestar los efectos negativos de estos fenómenos de cambio global.

Tanto las abejas como las aves se encuentran amenazadas por el cambio climático, la pérdida de hábitat, el cambio de uso de suelo y la intensificación agrícola.



Conservemos las aves y las abejas

La presente guía pretende ilustrar y apoyar a productores, técnicos e interesados en la producción de café, con ideas sencillas y claras para implementar buenas prácticas que contribuyan a la conservación de las aves y las abejas en los cafetales y por tanto, al mantenimiento de servicios ecosistémicos, como el control de la broca del café y la polinización.

El potencial de un sistema de café para mantener poblaciones saludables de aves y abejas depende de su capacidad para proveer espacios idóneos para el **percheo**, **forrajeo** y anidación. Las prácticas aquí descritas involucran decisiones de manejo a nivel de la parcela, la finca y el **paisaje** circundante, pues se sabe que, al ser organismos móviles, las aves y las abejas responden a la **composición y configuración del paisaje** (Perfecto *et al.* 2003; Ricketts 2004; Karp *et al.* 2013; Boesing *et al.* 2017).

Es importante mencionar que las prácticas aquí mencionadas no solo promueven la conservación de las aves y las abejas y los servicios que dichas especies prestan al cultivo del café, sino que también contribuyen a la conservación de una gran diversidad de especies de plantas y animales que habitan dentro de los sistemas de producción de café y contribuyen al **funcionamiento ecosistémico** y la prestación de servicios benéficos para los humanos. Por ejemplo, se sabe que – además de las aves– las hormigas (Philpott y Armbrrecht 2006; Armbrrecht y Gallego 2007; Larsen y Philpott 2010; Gonthier *et al.* 2013; De la Mora *et al.* 2015; Morris *et al.* 2015; Morris y Perfecto 2016; Aristizábal y Metzger 2018; Morris *et al.* 2018) y los murciélagos (Karp *et al.* 2013; Maas *et al.* 2016) contribuyen en el control de la broca del café, al igual que –además de las abejas– diferentes especies de avispas, mariposas, hormigas, moscas y escarabajos contribuyen a la polinización (Philpott y Armbrrecht 2006; Vergara y Badano 2009; Ngo *et al.* 2011; Krishnan *et al.* 2012; Banks *et al.* 2013; Berecha *et al.* 2015).

Recuadro 2. Otros beneficios de la conservación de aves y abejas. La presencia de aves y abejas puede representar una oportunidad para complementar los ingresos familiares. Por un lado, la apicultura y meliponicultura tienen un reconocido potencial de mercado por la producción de miel y son, incluso, un atractivo turístico (Acosta Leal *et al.* 2017; Espinosa Coria y Figueroa de la Fuente 2017; Quirós y Gamboa 2020) y por otro lado, la conservación de aves podría permitir realizar actividades de aviturismo (observación de aves).



Adicionalmente, las prácticas aquí descritas (**Recuadro 3**) están asociadas con otros beneficios para el cultivo y las familias productoras de café. Algunas de ellas están relacionadas con el control de diferentes plagas y enfermedades. Otras promueven el uso adecuado de agroquímicos que pueden ser riesgosos para la salud

humana y el ambiente (ej. contaminación de suelos y aguas). Y finalmente, otras apuntan a la diversificación del cultivo, vinculado a su vez con diferentes fuentes de alimento e ingresos económicos, lo que contribuye a mejorar la producción y el bienestar de las familias cafetaleras que dependen de este cultivo para su subsistencia.

Recuadro 3. Buenas prácticas en fincas cafetaleras para la conservación de aves y abejas.

Cobertura arbórea adecuada

1. Mantener o aumentar la cantidad de árboles de sombra en el cafetal.
2. Utilizar cercas vivas y barreras rompeviento.
3. Mantener áreas de bosque y/o aumentar la cobertura arbórea en la finca y el paisaje circundante.

Manejo adecuado del suelo y la vegetación herbácea

1. Mantener o aumentar recursos florales.
2. Tener un manejo selectivo de hierbas en el suelo.
3. Evitar o hacer uso reducido de pesticidas.
4. Evitar el uso de quemas.

Conservación de la fauna silvestre

1. Evitar la cacería de aves y la extracción de abejas.



Buenas prácticas para la conservación de aves y abejas

A) Cobertura arbórea adecuada

La producción de café y las familias que dependen de este cultivo pueden beneficiarse sustancialmente del control de plagas y la polinización si las fincas y los paisajes que las rodean proveen suficiente hábitat para especies de aves depredadoras de plagas y especies polinizadoras de las flores del café, especialmente abejas. Por lo tanto, tener árboles dentro y fuera de los cafetales constituye una práctica indispensable.

En el caso de las aves, se ha demostrado que entre mayor es la superficie cubierta por el **dosel** de los árboles, así como la diversidad de tamaños y tipos de árboles, mayor es la **abundancia, riqueza y diversidad** de aves que se encuentran en sistemas de café bajo sombra (Greenberg *et al.* 1997a; Greenberg *et al.* 1997b; Donald 2004; Guido Granados *et al.* 2008; Kellermann *et al.* 2008; Philpott *et al.* 2008; Johnson *et al.* 2010; Bakermans *et al.* 2012; Maas *et al.* 2016) y mayor es la remoción de insectos incluyendo la broca del café (Perfecto *et al.* 2004; Van Bael *et al.* 2008; Johnson *et al.* 2010; Railsback y Johnson 2014; Milligan *et al.* 2016). Del mismo modo, los árboles de sombra en sistemas de café son particularmente importantes para aves migratorias insectívoras reconocidas por su papel como depredadoras de plagas (Van Bael *et al.* 2008; Johnson *et al.* 2010; Karp y Daily 2014; Narango *et al.* 2019).

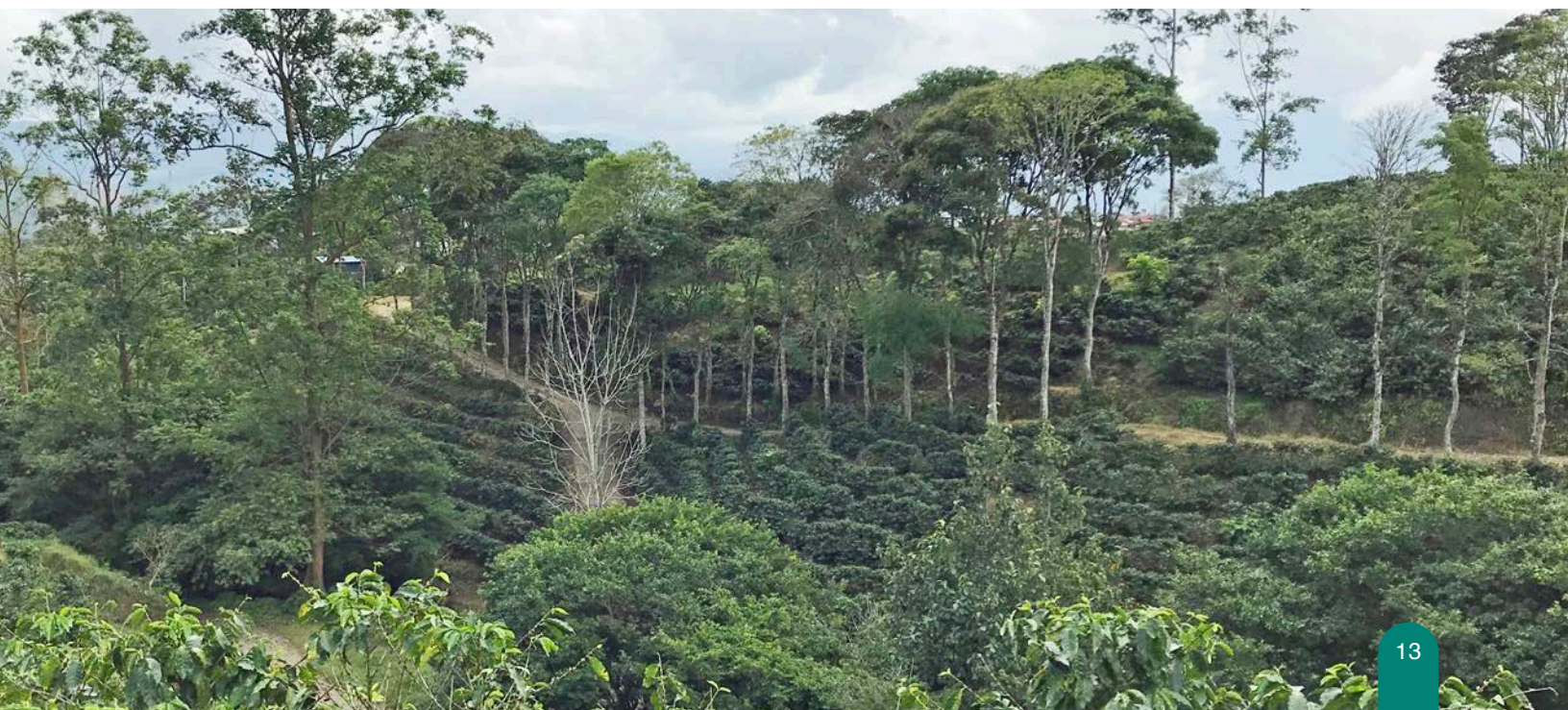
En el caso de las abejas, se sabe que su riqueza y diversidad puede estar influenciada por el tipo de manejo aplicado en las fincas de café, de manera que aquellas con un manejo menos intensivo y más riqueza de especies de árboles y cobertura de las copas de los árboles tienen mayor número de individuos, así como mayor número y tipos de especies de abejas (Vergara y Badano 2009; Jha y Vandermeer 2010; Berecha *et al.* 2015; Caudill *et al.* 2016).



El manejo del paisaje, más allá del manejo realizado a nivel de la parcela o la finca, también contribuye a conservar la biodiversidad y los beneficios que las diferentes especies de plantas y animales prestan. En el caso de las aves, la presencia y riqueza de especies reguladoras de plagas en el cultivo del café dependen de la composición y la configuración del paisaje, es decir, de la cantidad, forma y tamaño de los usos de suelo que hay alrededor de la finca. De esta manera, una mayor área de bosque y/o mayor proximidad y tamaño de los fragmentos de bosque contribuye a la presencia de especies depredadoras de plagas, lo cual está asociado con un mejor control sobre estas poblaciones dañinas (Kellermann *et al.* 2008; Karp *et al.* 2013; Jordani *et al.* 2015; Maas *et al.* 2016; Milligan *et al.* 2016; Boesing *et al.* 2017; Librán-Embido *et al.* 2017; Lindell *et al.* 2018). Estos resultados indican que incluso fincas de café con baja cobertura arbórea podrían beneficiarse de la presencia y

cercanía de elementos boscosos en el paisaje (Johnson *et al.* 2010; Karp *et al.* 2013).

En cuanto a las abejas, varios estudios han demostrado que estar cerca de áreas de bosque o tener más bosque en los alrededores de la finca (paisaje circundante) incrementa la abundancia, riqueza y diversidad de abejas y por tanto, el servicio de polinización que estas prestan (Klein *et al.* 2003b; Klein *et al.* 2003c; De Marco y Coelho 2004; Ricketts 2004; Olschewski *et al.* 2006; Priess *et al.* 2007; Klein 2009; Garibaldi *et al.* 2011; Munyuli 2011; Boreux *et al.* 2013; Bravo-Monroy *et al.* 2015; Caudill *et al.* 2016; Saturni *et al.* 2016; Hipólito *et al.* 2018). Es importante mencionar que—además de la conservación de áreas de bosque en el paisaje circundante— la presencia de árboles en áreas dedicadas a otros cultivos agrícolas o bien, en usos de suelo ganaderos es fundamental para mantener poblaciones saludables de aves y abejas.



La incorporación de árboles es también en sí una práctica que contribuye a la conservación de la biodiversidad, siendo las plantas parte de la riqueza y diversidad de organismos que se busca conservar. Aumentar la cobertura arbórea, sin comprometer la producción de café, ayuda a conservar especies de árboles dentro de estos sistemas productivos, en particular de especies nativas o de importancia cultural para las comunidades humanas, tal y como indican los lineamientos de la certificación *Bird Friendly* del Instituto Smithsonian (Smithsonian Institution).

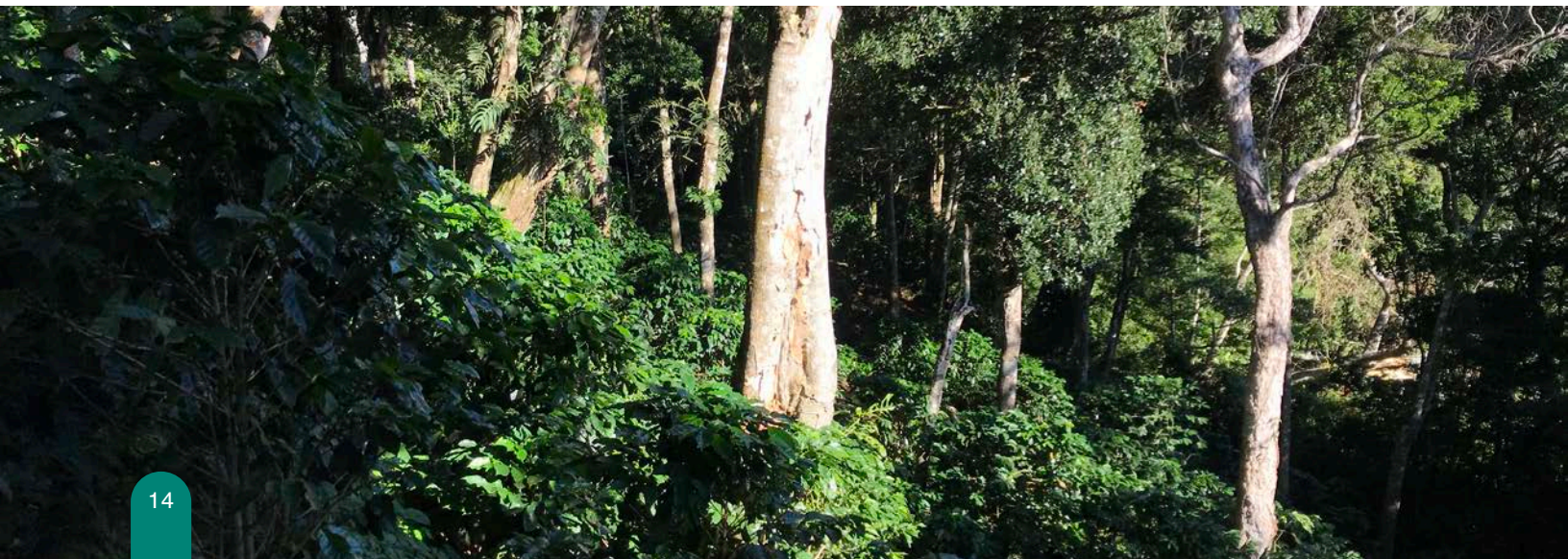
Una cobertura arbórea adecuada se puede lograr a través de:

1. Mantener o aumentar la cantidad de árboles de sombra en el cafetal

Además de aportar recursos para el forrajeo y la anidación para aves y abejas (Dicks *et al.* 2016; Castillo y Calderón 2017; Narango *et al.* 2019; Requier y Leonhardt 2020), se sabe que la utilización de sombra regulada (30-50% de cobertura), bien distribuida y con composición adecuada

de diferentes tipos de árboles (principalmente con árboles leguminosos que nutren el cafetal), favorece el control de enfermedades como la roya (*Hemileia vastatrix*) (Virginio Filho 2017). Asimismo, el uso y manejo adecuado de los árboles de sombra se relaciona con la regulación de múltiples plagas y enfermedades que afectan el cultivo del café, tales como la antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*), mancha de hierro o cercosporiosis (*Cercospora coffeicola*), ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y minador (*Leucoptera coffeella*) (Barrios *et al.* 2018).

El diseño y el manejo de los árboles en los cafetales debe estar dirigido a una mayor diversidad de especies, pero tomando en cuenta el mantenimiento de una densidad adecuada de individuos (número de árboles por ha) que permita una buena entrada de luz para estimular la producción y sirva de hábitat para diferentes especies animales, particularmente aves y abejas. Los cafetales con exceso de sombra (más de 55% de cobertura) no tienen buen potencial productivo y, por tanto, se convierten en alternativas poco viables (Virginio Filho *et al.* 2015).



La composición (tipos o especies) de la comunidad de árboles dentro de un cafetal es algo también a considerar, ya que diferentes tipos de árboles interactúan de manera distinta con el café. Por ejemplo, los árboles de servicio –como son especies de los géneros *Inga*, *Erythrina* y *Gliricidia*– aportan nutrición al suelo a través de su hojarasca y la fijación de nitrógeno en el suelo por medio de sus raíces. Además, toleran un manejo flexible de sus copas a través de la poda para la regulación de la entrada de luz. De este tipo de árboles se pueden tener en cantidades importantes, entre 150 y 300 árboles por ha, pero siempre bien distribuidos y con mínimo dos ciclos de podas anuales (fin de cosecha e inicio de lluvias) (Virginio Filho 2020).

Por otro lado, los árboles maderables y frutales leñosos en general, principalmente cuando son adultos, no deben exceder los 150 árboles por ha, pues compiten por luz y nutrientes con la plantación de café. Si se tiene una buena cantidad y distribución de árboles de servicio en el cafetal, con buen manejo de copas para la entrada de luz y producción de materia orgánica, es posible contar con

árboles maderables y frutales juntos. Por ejemplo, si en zonas de mayor nubosidad hay que realizar podas más frecuentes para garantizar la entrada de luz (Virginio Filho 2005). Igualmente, los maderables y frutales deben ser ubicados y manejados para que haya buena entrada de luz. En resumen, con una buena composición y manejo, un cafetal puede tener de 150 a 600 árboles adultos por ha (en algunas condiciones adecuadas se puede llegar a tener hasta 800 árboles por ha sin comprometer la producción de café, pero pocas veces se da) (Virginio Filho 2020).

2. Utilizar cercas vivas y barreras rompeviento

Las cercas vivas se refieren a la utilización de líneas de árboles para delimitar las áreas de cultivos o fincas, reemplazando el uso de cercas muertas (estacas y alambre de púas o cercos eléctricos) por árboles vivos (Sánchez *et al.* 2008). Las barreras o cortinas rompeviento son una práctica para el control de la erosión eólica, que consiste en una hilera de árboles o arbustos de diferentes alturas que forman una barrera contra el viento (Méndez *et al.* 2000).





El uso de cercas vivas y/o barreras rompeviento puede influenciar positivamente la abundancia, riqueza o actividad de aves e incrementar los servicios ecosistémicos que estas proveen en los paisajes agropecuarios, sobre todo si las cercas vivas son complejas (diferentes tipos y tamaños de árboles y distinto grosor de cerca), su uso es extensivo y se utilizan en paisajes simplificados dominados por uno o dos cultivos de gran extensión (Vilchez Mendoza *et al.* 2014; Lindell *et al.* 2018). En el caso de las abejas, los árboles que conforman las cercas vivas o las barreras rompeviento pueden proveer recursos de polen y néctar, así como sitios para anidar (Dicks *et al.* 2016; Requier y Leonhardt 2020).

Las cercas vivas y las barreras rompeviento, además de proveer refugio y alimento para especies de animales silvestres, también brindan sombra y elementos para el forrajeo del ganado (frutas y ramas), frutas, leña y madera para el consumo humano o la venta (Sánchez *et al.* 2008; Garbach 2012).

3. Mantener áreas de bosque y/o aumentar la cobertura arbórea en la finca y el paisaje circundante

Aunque se ha demostrado que los cafetales bajo sombra proveen hábitat significativo para muchas especies de aves, tanto residentes como migratorias, estos no son capaces de replicar todas las características de los bosques y por tanto, no son sustitutos de estos hábitats, especialmente en paisajes dominados por la actividad humana. Mantener parches o fragmentos de bosques dentro y fuera de las fincas productivas es importante para conservar las especies que dependen de estos para poder sobrevivir (Vilchez Mendoza *et al.* 2014; Buechley *et al.* 2015).

Asimismo, muchas especies de abejas también son dependientes de los bosques; es decir, que dependen de recursos que solo están disponibles en los bosques naturales, tales como cavidades en los árboles para anidar o materiales particulares, como resinas de

ciertos árboles para la construcción de sus nidos (Klein *et al.* 2003c; Klein *et al.* 2008; Klein 2009; Requier y Leonhardt 2020). Se ha sugerido también que a nivel de paisaje la existencia de áreas de bosque entremezcladas con las de café puede ayudar a controlar los movimientos de la broca del café entre plantaciones de este cultivo sin que esto favorezca la dispersión de la roya (Avelino *et al.* 2012).

En resumen, aumentar y diversificar la cobertura arbórea a través de la incorporación de árboles de sombra dentro de los cafetales o bien, en forma de cercas vivas o barreras rompevientos en los linderos de estos o de la finca, así como mantener o reforestar parches de bosques o aumentar la cobertura arbórea dentro de la finca y el paisaje circundante, puede apoyar la provisión de los servicios de control de plagas por aves y polinización por abejas, lo que aumentaría el número de sitios de refugio, para anidar, la cantidad de material disponible para la construcción de nidos, así como de recursos para el forrajeo, incluso durante la época en que el café no está en floración (ver siguiente práctica sobre recursos florales).

Con respecto al tipo de árboles para sombra y cercas vivas, lo ideal es que se utilicen especies que se conoce son utilizadas por aves y abejas como sitios de anidamiento o para obtener alimento (Aguilar-Monge 2001; Arce *et al.* 2001; Castillo y Calderón 2017; Barrantes-Vásquez *et al.* 2018; Narango *et al.* 2019). Se recomienda también que la cobertura arbórea se realice con especies nativas o que tienen un beneficio para el cultivo (ej. leguminosas) y/o las familias productoras (alimento, leña, madera, etc.) (Rice 2011; Narango *et al.* 2019), pues un cafetal y finca diversificados, en el que el café esté asociado con otros cultivos o especies que proveen otros servicios, pueden generar distintas fuentes de ingresos, ya sea al obtener productos para la venta o el consumo familiar, y mejorar la adaptación de las familias caficultoras ante situaciones de riesgos como eventos climáticos extremos (lluvias, sequías), variaciones en el precio en el café, epidemias de plagas y enfermedades, entre otras (Schroth *et al.* 2009; Jha *et al.* 2011; Lin 2011; Virginio Filho 2017).



Recuadro 4. ¿Necesita más información? Aquí encontrará algunos documentos de referencia sobre el uso de especies de plantas que pueden beneficiar la presencia de aves y abejas en los cafetales, así como otras prácticas amigables con la biodiversidad, servicios ecosistémicos y otros temas de interés.

Título	Descripción
Plantas útiles para las aves (Unión de Ornitólogos de Costa Rica 2011).	La Unión de Ornitólogos de Costa Rica da ejemplos de plantas útiles para las aves.
¿Cómo manejar abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponinae) en sistemas agroforestales? (Aguilar-Monge 2001).	Este artículo da una lista de especies forestales utilizadas por las abejas sin aguijón y especies arbóreas de interés apícola.
Diversidad arbórea y arbustiva: la riqueza escondida en los cafetales de Costa Rica (Virginio Filho 2008).	Este documento presenta una lista de especies arbóreas y arbustivas encontradas en cafetales de Costa Rica.
Cafetales arbolados (Rojas <i>et al.</i> 2005).	Esta publicación describe qué es un cafetal arbolado, sus ventajas, desventajas, diseño y una lista de especies arbóreas recomendadas para cafetales arbolados.
Cercas vivas y su valor para la producción y conservación (Sánchez <i>et al.</i> 2008).	Esta guía presenta información sobre el valor de las cercas vivas para la conservación y la producción, costos de establecimiento y manejo como opciones para el aumento de la cobertura arbórea en fincas ganaderas.
Plantación de árboles en línea (Méndez <i>et al.</i> 2000).	En este módulo de enseñanza se hace una amplia revisión de conceptos básicos sobre árboles en línea y se describe la aplicación de los diferentes tipos de estos sistemas.
Cafetales sanos, productivos y ambientalmente amigables. Guía para trabajo con familias productoras (Virginio Filho 2017).	Este manual describe ideas y procedimientos prácticos, sencillos y claros, basados en las buenas prácticas, antes y después del cultivo, para mantener cafetales sanos, productivos y con un menor impacto en el ambiente.
Biodiversidad y otros servicios ambientales en cafetales, manual de mejores prácticas (Manson <i>et al.</i> 2018).	Este es un manual que recuerda qué es la biodiversidad y cuál es su importancia, y algunas prácticas para mantenerla e incrementarla en los cafetales.
Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE) (Martínez-Rodríguez, Viguera, Donatti, Harbey, <i>et al.</i> 2017).	Este manual revisa una serie de prácticas de AbE, sus beneficios, limitaciones y contribuciones para la adaptación y mitigación del cambio climático, incluyendo por ejemplo el uso de árboles de sombra y cercas vivas en cafetales.
Importancia de los servicios ecosistémicos para la agricultura (Martínez-Rodríguez <i>et al.</i> 2017).	Este manual revisa qué son los ecosistemas y los servicios que nos brindan; cómo la agricultura depende de los servicios ecosistémicos y cómo esta impacta la provisión de servicios. Y finalmente cómo los sistemas agrícolas pueden ser manejados para asegurar o incrementar la provisión de servicios.
Manejo integral de hierbas en cafetales. Guía ilustrativa (Virginio Filho <i>et al.</i> s.f.).	Esta guía describe los tipos de hierbas encontradas en cafetales, incluyendo su nombre común, nombre científico, fotos y otras observaciones importantes.
Evaluación de los sistemas agroforestales con café en fincas vinculadas al consorcio de cooperativas de caficultores de Guanacaste y Montes de Oro- COOCAFE: un aporte a la construcción de la sostenibilidad (Virginio Filho 2005).	Este informe final en su Anexo 8 incluye una guía ilustrada de especies arbóreas encontradas en cafetales de tres regiones de Costa Rica.
Abejas al servicio del caficultor: La apicultura como una herramienta agroecológica (Acosta Leal <i>et al.</i> 2017).	Este manual es una guía práctica para aquellos productores que quieran implementar la apicultura para mejorar la calidad del fruto y aumentar la cantidad de café en sus cosechas; o como una alternativa de diversificación de ingresos al tener miel, polen, propóleos y otros subproductos para comercializar.
Guía práctica de identificación de abejas nativas sin aguijón (Apidae, Meliponini) por medio de sus entradas (Espinoza <i>et al.</i> 2015).	Este manual da a conocer a las abejas nativas sin aguijón, por medio del énfasis al reconocimiento de las especies a través de su piquera (entrada). La guía incluye una breve descripción morfológica, características de la piquera, conducta y distribución de 29 de las 58 especies de abejas sin aguijón reportadas en Costa Rica.



Al escanear este código QR podrás descargar las publicaciones que se enlistan en este recuadro.



B) Manejo adecuado del suelo y la vegetación herbácea

Un manejo adecuado del suelo y la vegetación herbácea es beneficioso para la conservación de aves y abejas en los cafetales, ya que la vegetación en el substrato puede suministrar importantes recursos alimenticios. El potencial de los cafetales para suministrar los recursos florales que las abejas necesitan depende en parte de la intensidad de su manejo, específicamente en relación con la frecuencia de clareos o chapias para quitar plantas del suelo y dosel medio (árboles jóvenes, arbustos, hierbas), así como el uso de herbicidas para controlar la vegetación herbácea (Kremen *et al.* 2002; Berecha *et al.* 2015; Buechley *et al.* 2015; Fisher *et al.* 2017).

1. Mantener o aumentar recursos florales

La disponibilidad de recursos florales en la vegetación herbácea promueve la abundancia y riqueza de abejas en los cafetales (Klein *et al.* 2003c; Jha y Vandermeer 2009; Jha y Vandermeer 2010; Peters *et al.* 2013; Fisher *et al.* 2017), particularmente de especies de abejas nativas. Igualmente, las hierbas del suelo pueden ser fuente de alimento para las aves, tanto por la presencia de pequeños insectos como frutos.

La vegetación herbácea es importante para la comunidad de abejas porque aumenta la disponibilidad de recursos florales en el espacio y en el tiempo; es decir, aumenta la probabilidad de encontrar una flor para forrajear en cualquier punto dentro de la parcela o la finca y en cualquier momento del año (Klein *et al.* 2003c; Jha y Vandermeer 2010; Peters *et al.* 2013; Berecha *et al.* 2015; Fisher *et al.* 2017). Esto es importante debido a que se sabe que la floración del café aporta recursos florales durante un periodo corto.





Además, la existencia o uso de cercas vivas o barreras rompevientos y parches de bosque dentro de la finca y el paisaje circundante también proveen recursos florales durante y fuera de la época de floración del café (Klein *et al.* 2007; Jha y Vandermeer 2010; Berecha *et al.* 2015).

2. Manejo selectivo de hierbas del suelo

El manejo selectivo de hierbas en el suelo no solo es una práctica amigable con las abejas y aves al proveer recursos alimenticios, sino que además protege el suelo contra altas temperaturas, erosión y sequías (Villareyna Acuña *et al.* 2017).

El manejo selectivo de la cobertura del suelo consiste en evitar la eliminación completa de las hierbas entre filas de café y favorecer las hierbas naturales clasificadas como buenas coberturas (Virginio Filho *et al.* s.f.), las cuales tienen raíces pequeñas, no compiten con el café si están en los espacios entre filas y evitan la salida de las llamadas hierbas competidoras y muy competidoras (**Cuadro 1**). En la ausencia de las hierbas consideradas como buena cobertura, se puede manejar entre filas las llamadas hierbas regulares, que son fáciles de manejar, aunque no sean muy pequeñas. Sin embargo, es importante tener claro que es mejor tener y manejar hierbas competidoras y muy competidoras entre filas de café que tener el suelo descubierto, que es la condición menos deseable.

Existen múltiples estrategias que pueden implementarse para el manejo selectivo de la cobertura del suelo (**Cuadro 1**). La idea básica es dejar libre de competencia el área alrededor de la zona de fertilización de la planta de café (puede tener cobertura muerta) y propiciar la presencia de coberturas manejadas entre filas de café. El manejo selectivo se puede hacer tanto con chapas (manual o mecánica) o uso controlado de herbicidas. El uso de químicos, como los herbicidas, debe ser minimizado o sustituido para reducir los impactos negativos sobre la salud humana y el ambiente.

Cuadro 1. Tipos de hierbas en cafetales.

Tipo de hierba	Estrategia de control	Buenas prácticas de control
Hierbas buenas	Mantenerlas y ampliar cobertura.	Favorecer condiciones para que se extienda en el cafetal (entre filas de café): <ul style="list-style-type: none"> - Evitar cortarlas o quemarlas con herbicida. - Mantener sombra adecuada en los cafetales. - Controlar las hierbas competidoras que están próximas con control mecánico, manual o aplicadores de herbicida por contacto.
Hierbas regulares	En la ausencia de buenas coberturas, mantenerlas controladas entre filas de café.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener sombra adecuada en los cafetales. - Mantener hojarasca que cubra el suelo. - Usar control mecánico, manual o químico, y/o combinaciones de estos para reducir su presencia en el cafetal. - Controlar con aplicadores de herbicida por contacto, lo cual disminuye el costo e impacto ambiental.
Hierbas competidoras	Reducir presencia y mantener controladas.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener sombra adecuada en los cafetales. - Mantener hojarasca que cubra el suelo. - Usar control mecánico, manual o químico, y/o combinaciones de estos para reducir su presencia en el cafetal. - Controlar con aplicadores de herbicida por contacto, lo cual disminuye el costo e impacto ambiental.
Hierbas muy competidoras	Reducir presencia y cobertura en el cafetal y mantener muy controladas.	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener sombra adecuada en los cafetales. - Mantener hojarasca que cubra el suelo. - Usar control mecánico, manual o químico, y/o combinaciones de estos para reducir su presencia en el cafetal. - Controlar con aplicadores de herbicida por contacto, lo cual disminuye el costo e impacto ambiental.

Modificado de Virginio Filho *et al.* (s.f.).



3. Evitar o hacer uso reducido de pesticidas

Se ha relacionado el uso de **pesticidas** con la mortalidad de polinizadores, incluyendo las abejas (Grünewald 2010; Nicholls y Altieri 2013; May *et al.* 2015; Potts *et al.* 2016; Liere *et al.* 2017), ya sea de forma directa por la aplicación de fungicidas o insecticidas para controlar plagas o de manera indirecta por la aplicación de herbicidas para eliminar vegetación herbácea (maleza) que proporciona recursos alimenticios (polen y néctar) (Nicholls y Altieri 2013; May *et al.* 2015).

Es importante disminuir o evitar el uso de insecticidas de amplio espectro durante la floración para reducir el riesgo de colapsos de poblaciones de abejas, tanto dentro de la finca como en los hábitats circundantes, especialmente aquellos con **formulación sistémicas o microencapsuladas**, ya que estos pueden contaminar el néctar y el polen (Klein *et al.* 2007; Nicholls y Altieri 2013).

Los **pesticidas** usualmente utilizados en el cultivo del café incluyen **endosulfan, clorpirifos** y sulfato de cobre, que son esparcidos para controlar plagas y enfermedades (Donald 2004; Jaramillo *et al.* 2006; De la Mora *et al.* 2015; Infante 2018). El endosulfan y los clorpirifos son altamente tóxicos y constituyen una amenaza para el ambiente, las personas que los aplican y los hogares y comunidades aledaños a las fincas de café donde estos son esparcidos (Baker *et al.* 2002; Donald 2004; Infante 2018), y en especial los clorpirifos son altamente dañinos para las abejas (May *et al.* 2015) Además, se sabe que la broca del café puede desarrollar resistencia al endosulfan (Brun *et al.* 1989).

Adicionalmente a los fungicidas e insecticidas, los herbicidas también presentan un potencial de riesgo tanto para la salud humana como para la fauna silvestre, en especial aves y abejas. Deben evitarse los herbicidas prohibidos, principalmente por su alta toxicidad. Los permitidos de igual manera son tóxicos y tienen que ser utilizados con mucho cuidado cuando los productores los necesitan. En el **Cuadro 2** se presenta una lista de herbicidas tóxicos para la fauna silvestre.

Para la aplicación de los controles químicos se recomienda seguir las recomendaciones de las instituciones y técnicos involucrados en el cultivo de café, de manera que se hagan en el momento oportuno y con los productos y las dosis adecuadas (Virginio Filho 2017). Por ejemplo, en el caso de la roya, se sabe que la aplicación de químicos cuando hay alta incidencia de la enfermedad no es satisfactoria y el uso de un único producto puede inducir resistencia en el hongo. Además, la aplicación de agroquímicos siempre debe realizarse con los equipos de protección adecuados, pues en un mayor o menor grado implican riesgos para la salud humana y el ambiente (Virginio Filho 2017). Finalmente, se debe realizar un adecuado almacenamiento de los productos en un lugar seguro y bajo techo, y hacer una disposición adecuada de los desechos o material residual.

En resumen, un menor y adecuado uso de **pesticidas** está ligado a menos daño a polinizadores, menos resistencia de las plagas y enfermedades, menos contaminación del agua y menos inversión económica de las familias productoras (Lindell *et al.* 2018).





Cuadro 2. Ejemplos de herbicidas tóxicos para la fauna silvestre usados en cafetales.

Nombre genérico	Nombre(s) comercial(es)	Controla	Observaciones
2,4-D (Ácido 2,4-diclorofenoxiacético)	Academix, Amina, Combatran, Hormonil, Pastoreo, Soldado, Vaquero, Weedar, entre otros.	Control selectivo de malezas de hoja ancha.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad aguda o inmediata en humanos: Moderadamente peligroso (OMS). • Toxicidad aguda en otros organismos: alta a ligera en peces; alta en crustáceos; mediana en anfibios; mediana a ligera en abejas y lombrices de tierra, mediana en algas; extrema alta en helecho acuático. • Está incluido en la lista de la docena sucia*, herbicida hormonal.
Glifosato (N-(fosfonometil) glicina)	Agrosato, Arpon, Balazo, Biokil, Escuadrón, Evigras, Glifosan, Glifosato, Inquigrass, Látigo, Lince, Montero, Nosweat, Pillaround, Rainbow, Rambo, Ranger, Rival, Round-Up, Touchdown, entre otros.	Control postemergente no selectivo de malezas anuales y perennes.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad aguda o inmediata en humanos: No peligro agudo (OMS) y ligeramente tóxico (EPA). • Toxicidad aguda en otros organismos: alta a mediana en peces, algas y helecho acuático; mediana en crustáceos; ligera en aves y abejas. • De amplio espectro, mediana persistencia en suelo. Por su alta solubilidad, puede contaminar aguas superficiales.
Fluazifop-P-Butil	Fusilade, Fusilade II, Fusilade Súper.	Control postemergente selectivo de malezas de hoja ancha anuales y perennes.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad aguda o inmediata en humanos: Ligeramente peligroso en humanos (OMS). • Toxicidad aguda en otros organismos: alta a ligera en peces, alta a mediana en algas, alta en crustáceos y helecho acuático; ligera en aves y abejas.

Nombre genérico	Nombre(s) comercial(es)	Controla	Observaciones
Ácido metilarsónico	Ansar, Bueno, Briza, Daconate, Initox, Kaput, Maxul, Mesumar.	control postemergente selectivo de malezas.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad aguda o inmediata en humanos: Ligeramente peligroso (OMS). • Toxicidad aguda en otros organismos: mediana a ligera en peces; mediana en crustáceos, aves y abejas; alta en algas; ligera en helecho acuático. • De amplio espectro.
Oxifluorfen	Caminante, Doble Filo, Galigan, Goal, Guerrero, Koltar, Oxiflu, Oxifluorfen, Portero, Zeus.	Control pre y postemergente temprano selectivo de malezas de hoja ancha y gramíneas.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad aguda o inmediata en humanos: No peligro agudo (OMS) y ligeramente tóxico (EPA). • Toxicidad aguda en otros organismos: extrema en peces y helecho acuático; extrema a alta en crustáceos; mediana a ligera en aves y abejas; baja en lombrices de tierra; alta en algas.
Paraquat	Agroquat, Angloxone, Ati-La, Bioquat, Casaquat, Chapeador, Escopeta, Exprone, Fedexone, Ferquat, Gramoxone, , Herbiquat, Kemazone Súper, Paraquat, Rimaxone, Serquat, Superquat, Superxone, entre otros.	Control no selectivo de malezas, especialmente de hoja ancha y gramíneas anuales.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad aguda o inmediata en humanos: Moderadamente peligroso (OMS) y moderadamente tóxico (oral) (EPA). • Toxicidad aguda en otros organismos: mediana en peces, aves y abejas; alta en crustáceos; baja en lombrices de tierra; extrema en algas y helecho acuático. • Prohibido por la Unión Europea. Está en la lista de agroquímicos prohibidos por UTZ-CERTIFIED e incluido en la lista de la docena sucia.
Metsulfuron metil	Agrometfuron, Aliado, Ally, Furon, Espada, Forza, Fulminante, Gallo, Magnum, Rimaled, Rosulfuron, Rozar, Zumba, entre otros.	Control selectivo de malezas anuales y perennes de hoja ancha.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad aguda o inmediata en humanos: No peligro agudo (OMS) y ligeramente tóxico (EPA). • Toxicidad aguda en otros organismos: ligera en peces, crustáceos y aves; mediana en abejas; baja en lombrices de tierra; extrema en algas y helecho acuático.
Simazina	Amizina, Gesatop, Princep, Sagecoop, Simanex, Simazina.	Control selectivo de la mayoría de gramíneas anuales y malezas de hoja ancha.	<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad aguda o inmediata en humanos: No peligro agudo (OMS) y ligeramente tóxico (EPA). • Toxicidad aguda en otros organismos: mediana a ligera en peces; alta a ligera en crustáceos; ligera en aves y abejas; baja en lombrices de tierra; extrema en algas; alta en helecho acuático. • Prohibido por la Unión Europea. Está en la lista de agroquímicos prohibidos por UTZ-CERTIFIED.

Fuente: Modificado de Virginio Filho y Andrade (2010) y Manual de plaguicidas de centroamérica (<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>). *La lista de la docena sucia corresponde a 12 Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPS) identificados en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes del año 2004. OMS: organización mundial de la salud. EPA: Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos.



4. Evitar el uso de quemas

Una de las prácticas más dañinas para la fauna silvestre es el uso de la quema en las fincas para alistar áreas para cultivo. Cuando estas quemas no son realizadas apropiadamente, pueden salirse de control y tener un impacto negativo para el hábitat y los animales (Troya León 2017). Además, las quemas descontroladas son de alto riesgo para la integridad humana e infraestructura, y afectan la vida en el suelo.

En general, se debe evitar el uso del fuego para el establecimiento de cafetales. Sin embargo, cuando su uso se hace necesario, es muy importante hacerlo con atención de las instituciones encargadas y los cuidados necesarios para evitar la expansión descontrolada del fuego.

En síntesis, el incremento de recursos florales a través de la siembra de hierbas, arbustos y árboles en los límites del cultivo y otras áreas dentro y fuera de la finca, un control selectivo y menos intensivo de la vegetación herbácea —es decir, realizando control manual (chapias) menos frecuente o sin el uso de agroquímicos—, evitar o disminuir los **pesticidas** y evitar las quemas son prácticas que los productores pueden llevar a cabo para apoyar la conservación de aves y abejas en el cultivo de café, así como la conservación de otros polinizadores, incluyendo avispas y mariposas (Banks *et al.* 2013).

C) Conservación de la fauna silvestre

1. Evitar la cacería de aves y la extracción de abejas

La cacería indiscriminada e ilegal de aves (tanto vivas como muertas) representa una actividad negativa para la conservación de estas especies (Arroyo *et al.* 2016). Igualmente, la extracción destructiva de nidos de abejas (sobre todo para extracción de la miel) en las áreas naturales y agrícolas reducen drásticamente las poblaciones y por ende, genera impactos negativos en estas comunidades (Arnold *et al.* 2018). Estas prácticas perjudiciales deben ser reemplazadas por actividades económicas armónicas con la naturaleza. En este sentido, el agroecoturismo vinculado con el avistamiento de aves libres y el uso sostenible de la **apicultura** y la **meliponicultura** presenta un altísimo potencial para diversificar los ingresos de las familias productoras.

Hoy más que nunca y ante amenazas tan grandes como el cambio climático, la pérdida de hábitat y el cambio de uso de suelo agrícola a sistemas más intensivos, la conservación de la biodiversidad en paisajes agropecuarios es una tarea retadora y en la que se necesita la participación de todos. Los beneficios que los productores de café obtienen de la biodiversidad son claros y la realización de las prácticas revisadas en esta guía sin duda promueve la conservación de un mayor número y tipos de especies de plantas y animales que, entre otros servicios, contribuyen al control de plagas y la polinización en los cafetales.



Glosario

Abundancia, riqueza y diversidad: Términos utilizados en ecología para describir, respectivamente, el número de individuos de una especie, el número de especies y el número y proporción de especies en una comunidad (relación del número de especies con respecto a sus abundancias).

Apicultura: La apicultura es la crianza y cuidado de las abejas. A través de esta se obtienen productos como miel, jalea real, propóleo, cera y polen. Usualmente se refiere a la crianza de abejas melíferas domesticadas del género *Apis* como *Apis mellifera*.

Aves migratorias: Las aves migratorias neotropicales se reproducen en América del Norte (Estados Unidos, Canadá y norte de México) entre los meses de abril a agosto y pasan el resto del año en el sur de México, Centro y Suramérica o las islas del Caribe.

Aves residentes: Especies de aves que permanecen todo el año en sus áreas de cría, aunque también (dependiendo de la especie) pueden realizar movimientos locales.

Biodiversidad o diversidad biológica: Se refiere a la cantidad, la variedad y variabilidad de los organismos vivos. Incluye varios niveles de la organización biológica. Abarca la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado, su variabilidad genética, los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y los paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. También contempla los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes.

Cambio climático: La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) lo define como el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) lo define como cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.

Cambio de uso de suelo: Cambios a través del tiempo en el uso que los humanos hacen de una porción de terreno en un paisaje. Por ejemplo, un potrero puede cambiar para ser usado como tierra de cultivo o áreas de bosque transformadas en zonas agropecuarias o urbanas.

Clorpirifos: Es un insecticida organofosforado de amplio uso en las viviendas y la agricultura. Al ser una sustancia neurotóxica, cuando se respira o se ingiere, puede producir una variedad de efectos sobre el sistema nervioso (daño neurológico).

Composición del paisaje: Se refiere a qué y cuánto hay de cada elemento de un paisaje, es decir, de cada hábitat o tipo de cobertura (ej. un paisaje puede estar compuesto por 50% de bosque y 50% de áreas urbanas o bien, 25% de pasturas, 25% de cafetales y 50% de bosque, etc.).

Configuración del paisaje: Se trata del arreglo específico de los elementos de un paisaje o, en otras palabras, su forma, tamaño y agregación (qué tan cerca o separados están entre sí).

Dosel: Se relaciona con la capa de ramas y hojas formada por las copas de un conjunto de árboles vecinos, por ejemplo, en un bosque.

Endosulfan: Es un insecticida y acaricida perteneciente al grupo de los organoclorados utilizado para el control de la broca del café. Su uso se encuentra prohibido en muchos países del mundo debido a su alta toxicidad.

Especies nativas: Una especie originaria u oriunda de una región sin intervención humana de ningún tipo. Por lo tanto, su presencia es el resultado solamente de procesos naturales.

Especies no nativas: Especies que se encuentran fuera de su ámbito de distribución natural, porque han sido introducidas por intervención humana, de manera accidental o deliberada. Se conocen también como especies introducidas.

Forrajeo: Es la actividad natural de búsqueda de alimento de un animal en su entorno.

Formulación sistémica: Producto que, al aplicarlo en la planta, penetra por las hojas y es trasladado al resto de esta. De esa forma, se convierte en veneno para la plaga, aunque al aplicarse no cubra toda la superficie de la planta o no caiga directamente sobre los parásitos.

Formulación microencapsulada o suspensión en cápsulas: Son aquellos productos en los que el ingrediente activo está suspendido en un polímero plástico. Este se diluye en agua que, al evaporarse, deja las microcápsulas, de cuyo interior se va liberando en forma gradual el ingrediente activo. Se considera una formulación de liberación lenta o liberación gradual. En el caso de los insecticidas, la cápsula se adhiere al cuerpo, patas y alas de los insectos, de tal manera que el insecticida se libera de su cubierta al estar en contacto con este y es así como se intoxica. Además, si la plaga se dirige a su refugio, provocará que otros más también se intoxiquen. Las abejas pueden cargar las microcápsulas y llevarlas a sus colmenas, con un gran efecto tóxico retardado.

Funcionamiento ecosistémico: Refleja las actividades de vida colectivas de plantas, animales y microbios, y los efectos que estas actividades (ej. comer, crecer, mover, excretar desechos) tienen sobre las condiciones físicas y químicas de su ambiente. Las funciones ecosistémicas son conocidas también como procesos ecosistémicos o procesos ecológicos y en otras palabras, son los procesos físicos, químicos y biológicos que unen a los organismos y su ambiente. Incluyen, por ejemplo, la descomposición, producción de biomasa, ciclaje de nutrientes y flujos de agua y energía.

Intensificación agrícola o intensidad de manejo: Se define como un aumento de la producción agrícola por unidad de área como resultado del uso de mayor cantidad de insumos y/o prácticas agrícolas (fertilizantes, pesticidas, maquinaria, semillas mejoradas, riego, poda y deshije de café, poda de sombra, chapias, etc).

Meliponicultura: Consiste en la cría y manejo de abejas sin aguijón. Recibe este nombre debido a que a este tipo de abejas se le clasifica taxonómicamente dentro de la tribu Meliponini (orden Hymenoptera, familia Apoidea), que corresponde a uno de los muchos grupos de abejas nativas de América.

Paisaje: Es una extensión de terreno heterogénea (a diferentes escalas) en la que ocurren procesos ecológicos y se manifiestan patrones naturales que cambian si la heterogeneidad del paisaje cambia. Dicha heterogeneidad está dada por las características edáficas (suelos), litológicas (rocas), topográficas (relieve), climáticas (temperatura y precipitación) y biológicas (vegetación).

Perchar: Acto de las aves de posar y descansar sobre árboles y arbustos en el paisaje.

Pesticidas: Cualquier sustancia utilizada para matar, repeler o controlar ciertas formas de vida vegetal o animal que son consideradas plagas. Los pesticidas incluyen **herbicidas** para destruir malezas y otra vegetación no deseada, **insecticidas** para controlar una gran variedad de insectos, **fungicidas** usados para prevenir el crecimiento de moho y hongos, desinfectantes para prevenir la propagación de bacterias y compuestos utilizados para controlar ratones y ratas.

Planta autógama: Planta que es capaz de polinizarse por sí misma, es decir, que se reproduce por autofecundación, sin la necesidad de un vector externo (ej. un animal).

Polinización cruzada o heterogamia: Es la polinización de las flores de una planta con el polen de otra planta de la misma especie.

Servicios ecosistémicos: También conocidos como servicios ambientales, son todos los beneficios que los humanos reciben de la biodiversidad, en otras palabras, de las plantas y los animales que viven en la naturaleza. Estos incluyen servicios de apoyo (ej. hábitat para especies, dispersión de semillas), servicios de abastecimiento (ej. agua, alimentos, combustibles), servicios de regulación (ej. control de plagas, polinización, purificación del aire y el agua) y servicios culturales (ej. actividades de recreación, inspiración espiritual).

Sistema agroforestal: Sistema de producción en el cual un cultivo interactúa con una o más especies de árboles (maderables y/o frutales). El café cultivado bajo sombra es un sistema agroforestal. El café bajo sombra puede ser **simplificado** cuando existen solo una o dos especies de sombra (ej. solo banano, plátano, poró, laurel) o **diverso**, en el que coexisten tres o más especies de árboles de sombra, muchas veces siendo especies de árboles nativos de la región donde se cultiva.

Sotobosque: Es la vegetación formada por hierbas y arbustos que crece más cerca del suelo por debajo del dosel de un bosque.

Referencias

- Acosta Leal, D.A.; González-Martínez, C.J.; Vargas Bautista, G.A. 2017. Abejas al servicio del caficultor: La apicultura como una herramienta agroecológica. Bogotá, Colombia, Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO). 42 p.
- Adhikari, U.; Nejadhashemi, A.P.; Woznicki, S.A. 2015. Climate change and eastern Africa: a review of impact on major crops. *Food and Energy Security* 4: 110-132.
- Aguilar-Monge, I. 2001. ¿Cómo manejar abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponinae) en sistemas agroforestales? *Agroforestería en las Américas* 8: 51-55.
- Albrecht, A.; Kandji, S.T. 2003. Carbon sequestration in agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99: 15-27.
- Arce, H.G.; Sanchez, L.A.; Slaa, J.; Sanchez-Vindas, P.E.; Alberto, O.; van Veen, J.W.; Sommeijer, M.J. 2001. Árboles melíferos nativos de Mesoamérica. Heredia, Costa Rica, PRAM-CINAT-UNA-UU. 207 p.
- Aristizábal, N.; Metzger, J.P. 2018. Landscape structure regulates pest control provided by ants in sun coffee farms. *Journal of Applied Ecology* 1: 1-10.
- Ambrecht, I.; Gallego, M.C. 2007. Testing ant predation on the coffee berry borer in shaded and sun coffee plantations in Colombia. *Entomologia Experimentalist et Applicata* 124: 261-267.
- Arnold, N.; Zepeda, R.; Vásquez Dávila, M.; Aldasoro Maya, M. 2018. Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca , México con catálogo de especies. San Cristobal de las Casas, México, ECOSUR - CONABIO. 147 p
- Arroyo, B.; Díaz, M.; Sánchez-Zapata, J.A.; Baglione, V.; Forero, M.G.; González-Solí, J.; Laiolo, P.; de Lope, F.; Louzao, M.; Merino, S.; Ruiz, A.; Seoane, J.; Soler, J.J. 2016. Documento de posición del Comité Científico de SEO/BirdLife con respecto a la compatibilidad de la caza con la conservación de las aves y sus hábitats (en línea). Madrid, España, Comité Científico de SEO/BirdLife International. Consultado 10 agosto 2021. Disponible en https://seo.org/wp-content/uploads/2016/10/DocumentoPosicionCCSEO_Caza.html.
- Avelino, J.; Cristancho, M.; Georgiou, S.; Imbach, P.; Aguilar, L.; Bornemann, G.; Läderach, P.; Anzueto, F.; Hruska, A.J.; Morales, C. 2015. The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008-2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Security* 7: 303-321.
- Avelino, J.; Romero-Gurdián, A.; Cruz-Cuellar, H.F.; Declerck, F.A.J. 2012. Landscape context and scale differentially impact coffee leaf rust, coffee berry borer, and coffee root-knot nematodes. *Ecological Applications* 22: 584-596.
- Bacon, C.M.; Méndez, V.E.; Gómez, M.E.F.; Stuart, D.; Flores, S.R.D. 2008. Are sustainable coffee certifications enough to secure farmer livelihoods? The millenium development goals and Nicaragua's Fair trade cooperatives. *Globalizations* 5: 259-274.
- Van Bael, S.A.; Philpott, S.M.; Greenberg, R.; Bichier, P.; Barber, N.A.; Mooney, K.A.; Gruner, D.S. 2008. Birds as predators in tropical agroforestry systems. *Ecology* 89: 928-934.
- Baker, P.S.; Jackson, J.; Murphy, S.T. 2002. Natural enemies, natural allies: how scientists and coffee farmers forged new partnerships in the war against pests and low prices. Cali, Colombia, CABI Commodities. 130 p.
- Bakermans, M.H.; Rodewald, A.D.; Vitz, A.C.; Rengifo, C. 2012. Migratory bird use of shade coffee: the role of structural and floristic features. *Agroforestry Systems* 85: 85-94.

- Banks, A.J.E.; Hannon, L.; Hanson, P.; Dietsch, T.; Castro, S.; Urena, N.; Chandler, M. 2013. Effects of proximity to forest habitat on hymenoptera diversity in a Costa Rican coffee agroecosystem. *The Pan-Pacific Entomologist* 89: 60-68.
- Barrantes-Vásquez, A.; Sánchez-Chaves, L.; Hernández- Sánchez, G.; Montero- Flores, W. 2018. Principales plantas de importancia alimenticia para la abeja nativa sin aguijón *Trigona fulviventris* (Guérin- Méneville) en Pocosol, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 16: 13-23.
- Barrios, E.; Valencia, V.; Jonsson, M.; Brauman, A.; Hairiah, K.; Mortimer, P.E.; Okubo, S. 2018. Contribution of trees to the conservation of biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management* 14: 1-16.
- De Beenhouwer, M.; Aerts, R.; Honnay, O. 2013. A global meta-analysis of the biodiversity and ecosystem service benefits of coffee and cacao agroforestry. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 175: 1-7.
- Beer, J.; Muschler, R.; Kass, D.; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164.
- Berecha, G.; Aerts, R.; Muys, B.; Honnay, O. 2015. Fragmentation and management of Ethiopian moist evergreen forest drive compositional shifts of insect communities visiting wild Arabica coffee flowers. *Environmental Management* 55: 373-382.
- Boesing, A.L.; Nichols, E.; Metzger, J.P. 2017. Effects of landscape structure on avian-mediated insect pest control services: a review. *Landscape Ecology* 32: 931-944.
- Bohada-Murillo, M.; Castaño-Villa, G.J.; Fontúrbel, F.E. 2020. The effects of forestry and agroforestry plantations on bird diversity: A global synthesis. *Land Degradation and Development* 31: 646-654.
- Boreux, V.; Kushalappa, C.G.; Vaast, P.; Ghazoul, J. 2013. Interactive effects among ecosystem services and management practices on crop production: pollination in coffee agroforestry systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 8387-8392.
- Borkhataria, R.R.; Collazo, J.A.; Groom, M.J.. 2006. Additive effects of vertebrate predators on insects in a Puerto Rican coffee plantation. *Ecological Applications* 16: 696-703.
- Bravo-Monroy, L.; Tzanopoulos, J.; Potts, S.G. 2015. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 211: 145-154.
- Brown, O.; Gibson, J. 2006. Boom or bust: Developing countries' rough ride on the commodity price rollercoaster. Winnipeg, Canada, International Institute for Sustainable Development. 23 p.
- Brown, M.J.F.F.; Paxton, R.J. 2009. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* 40: 410-416.
- Brun, L.O.; Marcillaud, C.; Gaudichon, V.; Suckling, D.M. 1989. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. *Journal of Economic Entomology* 82: 1311-1316.
- Buderman, F.E.; Devries, J.H.; Koons, D.N. 2020. Changes in climate and land use interact to create an ecological trap in a migratory species. *Journal of Animal Ecology* 89: 1961-1977.
- Buechley, E.R.; Şekercioğlu, Ç.H.; Atickem, A.; Gebremichael, G.; Ndungu, J.K.; Mahamued, B.A.; Beyene, T.; Mekonnen, T.; Lens, L. 2015. Importance of Ethiopian shade coffee farms for forest bird conservation. *Biological Conservation* 188: 50-60.
- Bunn, C.; Läderach, P.; Ovalle Rivera, O.; Kirschke, D. 2015. A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change* 129: 89-101.

- Cardinale, B.J.; Duffy, J.E.; Gonzalez, A.; Hooper, D.U.; Perrings, C.; Venail, P.; Narwani, A.; Mace, G.M.; Tilman, D.; Wardle, D. a, Kinzig, A.P.; Daily, G.C.; Loreau, M.; Grace, J.B.; Larigauderie, A.; Srivastava, D.S.; Naeem, S. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486: 59-67.
- Castillo, Y.; Calderón, J. 2017. Plantas usadas por aves en paisajes cafeteros de Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas* 34: 3-18.
- Caudill, S.A.; Brokaw, J.N.; Doublet, D.; Rice, R.A. 2016. Forest and trees: Shade management, forest proximity and pollinator communities in southern Costa Rica coffee agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems* 32: 417-427.
- 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 and Environment* 199: 85-93.
- Cerda, R.; Allinne, C.; Gary, C.; Tixier, P.; Harvey, C.A.; Krolczyk, L.; Mathiot, C.; Clément, E.; Aubertot, J.N.; Avelino, J. 2017. Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. *European Journal of Agronomy* 82:.
- Cerdán, C.R.; Rebolledo, M.C.; Soto, G.; Rapidel, B.; Sinclair, F.L. 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems. *Agricultural Systems* 110: 119-130.
- Chemura, A.; Kutwayo, D.; Chidoko, P.; Mahoya, C. 2016. Bioclimatic modelling of current and projected climatic suitability of coffee (*Coffea arabica*) production in Zimbabwe. *Regional Environmental Change* 16: 473-485.
- Classen, A.; Peters, M.K.; Ferger, S.W.; Helbig-Bonitz, M.; Schmack, J.M.; Maassen, G.; Schleuning, M.; Kalko, E.K. V, Böhning-Gaese, K.; Steffan-Dewenter, I. 2014. Complementary ecosystem services provided by pest predators and pollinators increase quantity and quality of coffee yields. *Proceedings of The Royal Society B* 281: 20133148.
- Cleveland, C.J.; Betk, M.; Federico, P.; Frank, J.D.; Hallam, T.G.; Horn, J.; Kunz, T.H.; Juan D. López, J.; McCracken, G.F.; Medellín, R. a.; Moreno-Valdez, A.; Sansone, C.G.; Westbrook, J.K. 2006. Estimation of the economic value of the pest control service provided by the Brazilian free-tailed bat in the Winter Garden Region of South-Central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 238-243.
- 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: 1814-1826.
- Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research* 90: 453-465.
- Dicks, L. V.; Viana, B.; Bommarco, R.; Brosi, B.; Arizmendi, C.; Cunningham, S.A.; Galetto, L.; Hill, R.; Lopes, V.; Pires, C.; Taki, H. 2016. What governments can do to safeguard pollination services. *Science* 354: 14-15.
- Donald, P.F. 2004. Biodiversity Impacts of Some Agricultural Commodity Production Systems. *Conservation Biology* 18: 17-38.
- Eakin, H.; Tucker, C.M.; Castellanos, E.; Diaz-Porrás, R.; Barrera, J.F.; Morales, H. 2014. Adaptation in a multi-stressor environment: Perceptions and responses to climatic and economic risks by coffee growers in Mesoamerica. *Environment, Development and Sustainability* 16: 123-139.
- Eakin, H.C.; Wehbe, M.B. 2009. Linking local vulnerability to system sustainability in a resilience framework: two cases from Latin America. *Climatic Change* 93: 355-377.
- Eakin, H.; Winkels, A.; Sendzimir, J. 2009. Nested vulnerability: exploring cross-scale linkages and vulnerability teleconnections in Mexican and Vietnamese coffee systems. *Environmental Science and Policy* 12: 398-412.

- Espinosa Coria, H.; Figueroa de la Fuente, M. 2017. El aprovechamiento de la miel melipona como un atractivo turístico sustentable de Quintana Roo. *El Periplo Sustentable* 33: 486-527.
- FAO. 2015. *FAO Statistical Pocketbook: Coffee 2015*. Roma, Italia, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 198 p.
- FAO. 2016. *FAOSTAT DATA* (en línea). Consultado 10 agosto 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- Fisher, K.; Gonthier, D.J.; Ennis, Katherine, K.; Perfecto, I.; Ennis, K.K.; Perfecto, I. 2017. Floral resource availability from groundcover promotes bee abundance in coffee agroecosystems. *Ecological Applications* 27: 1815-1826.
- Frishkoff, L.O.; Karp, D.S.; M'Gonigle, L.K.; Mendenhall, C.D.; Zook, J.; Kremen, C.; Hadly, E.A.; Daily, G.C. 2014. Loss of avian phylogenetic diversity in neotropical agricultural systems. *Science* 345: 1343-1346.
- Garbach, K.M. 2012. *Linking social and ecological systems to sustain ecosystem services in a tropical landscape*. Tesis PhD Davis, Estados Unidos, University of California Davis.
- Garibaldi, L.A.; Steffan-Dewenter, I.; Kremen, C.; Morales, J.M.; Bommarco, R.; Cunningham, S.A.; Carvalheiro, L.G.; Chacoff, N.P.; Dudenhöffer, J.H.; Greenleaf, S.S.; Holzschuh, A.; Isaacs, R.; Krewenka, K.; Mandelik, Y.; Mayfield, M.M.; Morandin, L.A.; Potts, S.G.; Ricketts, T.H.; Szentgyöryi, H.; Viana, B.F.; Westphal, C.; Winfree, R.; Klein, A.-M. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14: 1062-1072.
- Gay, C.; Estrada, F.; Conde, C.; Eakin, H.; Villers, L. 2006. Potential impacts of climate change on agriculture: a case of study of coffee production in Veracruz, Mexico. *Climatic Change* 79: 259-288.
- Gómez-Delgado, F.; Rounsard, O.; Le Maire, G.; Taugourdeau, S.; Pérez, A.; Van Oijen, M.; Vaast, P.; Rapidel, B.; Harmand, J.M.; Voltz, M.; Bonnefond, J.M.; Imbach, P.; Moussa, R. 2011. Modelling the hydrological behaviour of a coffee agroforestry basin in Costa Rica. *Hydrology and Earth System Sciences* 15: 369-392.
- Gonthier, D.J.; Ennis, K.K.; Philpott, S.M.; Vandermeer, J.; Perfecto, I. 2013. Ants defend coffee from berry borer colonization. *BioControl* 58: 815-820.
- Greenberg, R.; Bichier, P.; Angon, A.C.; Reitsma, R. 1997a. Bird populations in shade and sun coffee plantations in central Guatemala. *Conservation Biology* 11: 448-459.
- Greenberg, R.; Bichier, P.; Cruz Angon, A.; MacVean, C.; Perez, R.; Cano, E. 2000. The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in come guatemaln coffee plantations. *Ecology* 81: 1750-1755.
- Greenberg, R.; Bichier, P.; Sterling, J. 1997b. Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, México. *Biotropica* 29: 501-514.
- Grünwald, B. 2010. Is pollination at risk? Current threats to and conservation of bees. *Gaia* 19: 61-67.
- Guido Granados, I.; Rodríguez, C.; Sancho Rodríguez, J. 2008. Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación de la fauna en los ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón, 2003. *Pensamiento Actual* 8: 74-81.
- Haggar, J.; Barrios, M.; Bolaños, M.; Merlo, M.; Moraga, P.; Munguía, R.; Ponce, A.; Romero, S.; Soto, G.; Staver, C.; de Virginio, E.M.F. 2011. Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America. *Agroforestry Systems* 82: 285-301.
- Haggar, J.; Pons, D.; Saenz, L.; Vides, M. 2019. Contribution of agroforestry systems to sustaining biodiversity in fragmented forest landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 283: 106567.

- Hardner, J.; Rice, R. 2002. Rethinking green consumerism. *Scientific American* 286: 88-95.
- Hipólito, J.; Boscolo, D.; Viana, B.F. 2018. Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 256: 218-225.
- Hoang, N.T.; Kanemoto, K. 2021. Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests. *Nature Ecology and Evolution* 5: 845-853.
- Infante, F. 2018. Pest management strategies against the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66: 5275-5280.
- Jaramillo, J.; Borgemeister, C.; Baker, P. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. *Bulletin of Entomological Research* 96: 223-233.
- Jezeer, R.E.; Verweij, P.A.; Santos, M.J.; Boot, R.G.A. 2017. Shaded coffee and cocoa - Double dividend for biodiversity and small-scale farmers. *Ecological Economics* 140: 136-145.
- Jha, S.; Bacon, C.M.; Philpott, S.M.; Méndez, V.E.; Läderach, P.; Rice, R.A. 2014. Shade coffee: Update on a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 64: 416-428.
- Jha, S.; Bacon, C.M.; Philpott, S.M.; Rice, R.A.; Mendez, V.E.; Läderach, P. 2011. A review of ecosystem services, farmer livelihoods, and value chains in shade coffee agroecosystems. In Campbell, W.B.; Lopez Ortiz, S. (eds.), *Integrating agriculture, conservation and ecotourism: Examples from the field*. Dordrecht, Holanda, Springer. p. 141-208.
- Jha, S.; Dick, C.W. 2010. Native bees mediate long-distance pollen dispersal in a shade coffee landscape mosaic. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 13760-13764.
- Jha, S.; Vandermeer, J.H. 2009. Contrasting bee foraging in response to resource scale and local habitat management. *Oikos* 118: 1174-1180.
- Jha, S.; Vandermeer, J.H. 2010. Impacts of coffee agroforestry management on tropical bee communities. *Biological Conservation* 143: 1423-1431.
- Johnson, M.D.; Kellermann, J.L.; Stercho, A.M. 2010. Pest reduction services by birds in shade and sun coffee in Jamaica. *Animal Conservation* 13: 140-147.
- Johnson, M.D.; Levy, N.J.; Kellermann, J.L.; Robinson, D.E. 2009. Effects of shade and bird exclusion on arthropods and leaf damage on coffee farms in Jamaica's Blue Mountains. *Agroforestry Systems* 76: 139-148.
- Jordani, M.X.; Hasui, É.; da Silva, V.X. 2015. Natural enemies depend on remnant habitat size in agricultural landscapes. *Journal of Forestry Research* 26: 469-477.
- Karp, D.S.; Daily, G.C. 2014. Cascading effects of insectivorous birds and bats in tropical coffee plantations. *Ecology* 95: 1065-1074.
- Karp, D.S.; Judson, S.; Daily, G.C.; Hadly, E.A. 2014. Molecular diagnosis of bird-mediated pest consumption in tropical farmland. *SpringerPlus* 3: 630.
- Karp, D.S.; Mendenhall, C.D.; Sandí, R.F.; Chaumont, N.; Ehrlich, P.R.; Hadly, E.A.; Daily, G.C. 2013. Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters* 16: 1339-1347.
- Kellermann, J.L.; Johnson, M.D.; Stercho, A.M.; Hackett, S.C. 2008. Ecological and economic services provided by birds on Jamaican Blue Mountain coffee farms. *Conservation Biology* 22: 1177-1185.

- Klein, A.-M. 2009. Nearby rainforest promotes coffee pollination by increasing spatio-temporal stability in bee species richness. *Forest Ecology and Management* 258: 1838-1845.
- Klein, A.-M.; Cunningham, S.A.; Bos, M.; Steffan-Dewenter, I. 2008. Advances in pollination ecology from tropical plantation crops. *Ecology* 89: 935-943.
- Klein, A.-M.; Steffan-Dewenter, I.; Tschardtke, T. 2003a. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 90: 153-157.
- Klein, A.-M.; Steffan-Dewenter, I.; Tschardtke, T. 2003b. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of The Royal Society B* 270: 955-961.
- Klein, A.-M.; Steffan-Dewenter, I.; Tschardtke, T. 2003c. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology* 40: 837-845.
- Klein, A.-M.; Vaissière, B.E.; Cane, J.H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S.A.; Kremen, C.; Tschardtke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274: 303-313.
- Komar, O. 2006. Ecology and conservation of birds in coffee plantations: a critical review. *Bird Conservation International* 16: 1-23.
- Kremen, C.; Williams, N.M.; Aizen, M.A.; Gemmill-Herren, B.; LeBuhn, G.; Minckley, R.; Packer, L.; Potts, S.G.; Roulston, T.; Steffan-Dewenter, I.; Vázquez, D.P.; Winfree, R.; Adams, L.; Crone, E.E.; Greenleaf, S.S.; Keitt, T.H.; Klein, A.-M.; Regetz, J.; Ricketts, T.H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters* 10: 299-314.
- Kremen, C.; Williams, N.M.; Thorp, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 16812-16816.
- Krishnan, S.; Kushalappa, C.G.; Shaanker, R.U.; Ghazoul, J. 2012. Status of pollinators and their efficiency in coffee fruit set in a fragmented landscape mosaic in South India. *Basic and Applied Ecology* 13: 277-285.
- De la Mora, A.; García-Ballinas, J.A.; Philpott, S.M. 2015. Local, landscape, and diversity drivers of predation services provided by ants in a coffee landscape in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 201: 83-91.
- Larsen, A.; Philpott, S.M. 2010. Twig-nesting ants: the hidden predators of the coffee berry borer in Chiapas, Mexico. *Biotropica* 42: 342-347.
- Librán-Embíd, F.; De Coster, G.; Metzger, J.P. 2017. Effects of bird and bat exclusion on coffee pest control at multiple spatial scales. *Landscape Ecology* 32: 1907-1920.
- Liere, H.; Jha, S.; Philpott, S.M. 2017. Intersection between biodiversity conservation, agroecology, and ecosystem services. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41: 723-760.
- Lin, B.B. 2011. Resilience in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change. *BioScience* 61: 183-193.
- Lin, B.B.; Perfecto, I.; Vandermeer, J. 2008. Synergies between agricultural intensification and climate change could create surprising vulnerabilities for crops. *BioScience* 58: 847-854.
- Lindell, C.; Eaton, R.A.; Howard, P.H.; Roels, S.M.; Shave, M.E. 2018. Enhancing agricultural landscapes to increase crop pest reduction by vertebrates. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 257: 1-11.

- Maas, B.; Karp, D.S.; Bumrungsri, S.; Darras, K.; Gonthier, D.; Huang, J.C.C.; Lindell, C.A.; Maine, J.J.; Mestre, L.; Michel, N.L.; Morrison, E.B.; Perfecto, I.; Philpott, S.M.; Şekercioğlu, Ç.H.; Silva, R.M.; Taylor, P.J.; Tschamtko, T.; Van Bael, S.A.; Whelan, C.J.; Williams-Guillén, K. 2016. Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes. *Biological Reviews* 91: 1081-1101.
- Magrath, A.; Ghazoul, J. 2015. Climate and pest-driven geographic shifts in global coffee production: Implications for forest cover, biodiversity and carbon storage. *PLoS ONE* 10: 1-16.
- Manrique, A.J.; Thimann, R.E. 2002. Coffee (*Coffea arabica*) pollination with africanized honeybees in Venezuela. *Interiencia* 27: 414-416.
- Manson, R.H.; López Barrera, F.; Sosa Fernández, Vinicio Ortega Pieck, A. 2018. Biodiversidad Biodiversidad en cafetales: Manual de mejores prácticas. Ciudad de México, México, CONABIO. 88 p.
- De Marco, P.; Coelho, F.M. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation* 13: 1245-1255.
- Martínez-Rodríguez, M.R.; Viguera, B.; Donatti, I.C.; Harbey, C.; Alpizar, F. 2017. Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE). Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA. 40. Turrialba, Costa Rica, Conservación Internacional - CATIE. 40 p.
- Martínez-Rodríguez, M.R.; Viguera, B.; Donattu, C.I.; Harvey, C.A.; Alpizar, F. 2017. La importancia de los servicios ecosistémicos para la agricultura. Turrialba, Costa Rica, Conservación Internacional - CATIE. 40 p.
- Martínez-Salinas, A.; DeClerck, F.; Vierling, K.; Vierling, L.; Legal, L.; Vilchez-Mendoza, S.; Avelino, J. 2016. Bird functional diversity supports pest control services in a Costa Rican coffee farm. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 235: 277-288.
- May, E.; Wilson, J.; Isaacs, R. 2015. Minimizing pesticide risk to bees in fruit crops. *Michigan State University Extension Bulletin*. Michigan, Estados Unidos. 16 p.
- Mendenhall, C.D.; Frishkoff, L.O.; Santos-Barrera, G.; Pacheco, J.; Mesfun, E.; Quijano, F.M.; Ehrlich, P.R.; Ceballos, G.; Daily, G.C.; Pringle, R.M. 2014. Countryside biogeography of Neotropical reptiles and amphibians. *Ecology* 95: 856-870.
- Méndez, E.; Beer, J.; Faustino, J.; Otarola, A. 2000. Plantación de árboles en línea. Segunda edición. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 134 p. Serie Materiales de Enseñanza No. 39. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal Módulo No. 1.
- Meylan, L.; Gary, C.; Allinne, C.; Ortiz, J.; Jackson, L.; Rapidel, B. 2017. Evaluating the effect of shade trees on provision of ecosystem services in intensively managed coffee plantations. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 245: 32-42.
- Milligan, M.C.; Johnson, M.D.; Garfinkel, M.; Smith, C.J.; Njoroge, P. 2016. Quantifying pest control services by birds and ants in Kenyan coffee farms. *Biological Conservation* 194: 58-65.
- Moguel, P.; Toledo, V.M. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13: 11-21.
- Morris, J.R.; Jiménez-Soto, E.; Philpott, S.M.; Perfecto, I. 2018. Ant-mediated (Hymenoptera: Formicidae) biological control of the coffee berry borer: diversity, ecological complexity, and conservation biocontrol. *Myrmecological News* 26: 1-17.
- Morris, J.R.; Perfecto, I. 2016. Testing the potential for ant predation of immature coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) life stages. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 233: 224-228.
- Morris, J.R.; Vandermeer, J.; Perfecto, I. 2015. A keystone ant species provides robust biological control of the coffee berry borer under varying pest densities. *PLoS ONE* 10: 1-16.

- Munyuli, T. 2011. Factors governing flower visitation patterns and quality of pollination services delivered by social and solitary bee species to coffee in central Uganda. *African Journal of Ecology* 49: 501-509.
- Munyuli, T. 2014. Influence of functional traits on foraging behaviour and pollination efficiency of wild social and solitary bees visiting coffee (*Coffea canephora*) flowers in Uganda. *Grana* 53: 69-89.
- Muschler, R. 1997. Shade or sun for ecologically sustainable coffee production: a summary of environmental key factors. *In Proceedings of the 3rd Scientific Week, 1997, Turrialba, Costa Rica, CATIE.* p. 109-112.
- Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; da Fonseca, G.A.B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Narango, D.L.; Tallamy, D.W.; Snyder, K.J.; Rice, R.A. 2019. Canopy tree preference by insectivorous birds in shade-coffee farms: Implications for migratory bird conservation. *Biotropica* 51: 387-398.
- Ngo, H.T.; Mojica, A.C.; Packer, L. 2011. Coffee plant - pollinator interactions: a review. *Canadian Journal of Zoology* 89: 647-660.
- Nicholls, C.I.; Altieri, M.A. 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33: 257-274.
- Nyffeler, M.; Şekercioğlu, Ç.H.; Whelan, C.J. 2018. Insectivorous birds consume an estimated 400-500 million tons of prey annually. *Science of Nature* 105: 1-47.
- Oliveira, C.M.; Auad, A.M.; Mendes, S.M.; Frizzas, M.R. 2013. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. *Journal of Applied Entomology* 137: 1-15.
- Olschewski, R.; Tschardtke, T.; Benítez, P.C.; Schwarze, S.; Klein, A.-M. 2006. Economic evaluation of pollination services comparing coffee landscapes in Ecuador and Indonesia. *Ecology and Society* 11: 7.
- Ovalle-Rivera, O.; Läderach, P.; Bunn, C.; Obersteiner, M.; Schroth, G. 2015. Projected shifts in *Coffea arabica* suitability among major global producing regions due to climate change. *PLoS ONE* 10: 1-14.
- Perfecto, I.; Mas, A.; Dietsch, T.; Vandermeer, J. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12: 1239-1252.
- Perfecto, I.; Rice, R. a, Greenberg, R.; van der Voort, M.E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46: 598-608.
- Perfecto, I.; Vandermeer, J. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 173-200.
- Perfecto, I.; Vandermeer, J.H.; Bautista, G.L.; Nuñez, G.I.; Greenberg, R.; Bichier, P.; Langridge, S. 2004. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology* 85: 2677-2681.
- Peters, V.E.; Carroll, C.R.; Cooper, R.J.; Greenberg, R.; Solis, M. 2013. The contribution of plant species with a steady-state flowering phenology to native bee conservation and bee pollination services. *Insect Conservation and Diversity* 6: 45-56.
- Philpott, S.M.; Arendt, W.J.; Armbrrecht, I.; Bichier, P.; Diestch, T. V, Gordon, C.; Greenberg, R.; Perfecto, I.; Reynoso-Santos, R.; Soto-Pinto, L.; Tejada-Cruz, C.; Williams-Linera, G.; Valenzuela, J.; Zolotoff, J.M. 2008. Biodiversity loss in Latin American coffee landscapes: Review of the evidence on ants, birds, and trees. *Conservation Biology* 22: 1093-1105.
- Philpott, S.M.; Armbrrecht, I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predator function. *Ecological Entomology* 31: 369-377.

- Philpott, S.M.; Greenberg, R.; Bichier, P.; Perfecto, I. 2004. Impacts of major predators on tropical agroforest arthropods: Comparisons within and across taxa. *Oecologia* 140: 140-149.
- Potts, S.G.; Imperatriz-Fonseca, V.; Ngo, H.T.; Aizen, M.A.; Biesmeijer, J.C.; Breeze, T.D.; Dicks, L. V.; Garibaldi, L.A.; Hill, R.; Settele, J.; Vanbergen, A.J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature* 540: 220-229.
- Priess, J.A.; Mimler, M.; Klein, A.-M.; Schwarze, S.; Tschardtke, T.; Steffan-Dewenter, I. 2007. Linking deforestation scenarios to pollination services and economic returns in coffee agroforestry systems. *Ecological Applications* 17: 407-417.
- Quirós, E.; Gamboa, H. 2020. La apicultura y el café, una combinación estratégica para reducir los efectos del cambio climático en la región (en línea, blog). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 10 agosto 2021. Disponible en <https://www.iica.int/en/node/16848>.
- Rafferty, N.E. 2017. Effects of global change on insect pollinators: multiple drivers lead to novel communities. *Current Opinion in Insect Science* 23: 22-27.
- Railsback, S.F.; Johnson, M.D. 2014. Effects of land use on bird populations and pest control services on coffee farms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111: 6109-14.
- Raw, A.; Free, J.B. 1977. The pollination of coffee (*Coffea arabica*) by honeybees. *Tropical Agriculture* 54: 365-370.
- Requier, F.; Leonhardt, S.D. 2020. Beyond flowers: including non-floral resources in bee conservation schemes. *Journal of Insect Conservation* 24: 5-16.
- Rice, R.A. 2011. Fruits from shade trees in coffee: how important are they? *Agroforestry Systems* 83: 41-49.
- Ricketts, T.H. 2004. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology* 18: 1262-1271.
- Ricketts, T.H.; Daily, G.C.; Ehrlich, P.R.; Michener, C.D. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 12579-12582.
- Robinson, R.A.; Crick, H.Q.P.; Learmonth, J.A.; Maclean, I.M.D.; Thomas, C.D.; Bairlein, F.; Forchhammer, M.C.; Francis, C.M.; Gill, J.A.; Godley, B.J.; Harwood, J.; Hays, G.C.; Huntley, B.; Hutson, A.M.; Pierce, G.J.; Rehfish, M.M.; Sims, D.W.; Begoña Santos, M.; Sparks, T.H.; Stroud, D.A.; Visser, M.E. 2008. Travelling through a warming world: climate change and migratory species. *Endangered Species Research* 7: 87-99.
- Rojas, F., Canessa, R., Ramírez, J. 2005. Cafetales arbolados. *Kurú Revista Forestal* 2: 101-106.
- Roubik, D.W. 2002. The value of bees to the coffee harvest. *Nature* 417: 2002.
- Sánchez-Clavijo, L.M.; Bayly, N.J.; Quintana-Ascencio, P.F. 2020. Habitat selection in transformed landscapes and the role of forest remnants and shade coffee in the conservation of resident birds. *Journal of Animal Ecology* 89: 553-564.
- Sánchez, D.; Villanueva, C.; Torres, M.; Tobar, D.; Declerck, F. 2008. Cercas vivas y su valor para la producción y conservación. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 28 p. Serie Técnica. Informe Técnico
- Saturni, F.T.; Jaffé, R.; Metzger, J.P. 2016. Landscape structure influences bee community and coffee pollination at different spatial scales. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 235: 1-12.
- Schroth, G.; Krauss, U.; Gasparotto, L.; Duarte Aguilar, J.A.; Vohland, K. 2000. Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. *Agroforestry Systems* 50: 199-241.
- Schroth, G.; Läderach, P.; Blackburn Cuero, D.S.; Neilson, J.; Bunn, C. 2015. Winner or loser of climate change? A modeling study of current and future climatic suitability of Arabica coffee in Indonesia. *Regional Environmental Change* 15: 1473-1482.

- Schroth, G.; Laderach, P.; Dempewolf, J.; Philpott, S.; Hagggar, J.; Eakin, H.; Castillejos, T.; Moreno, J.G.; Pinto, L.S.; Hernandez, R.; Eitzinger, A.; Ramirez-Villegas, J. 2009. Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 14: 605-625.
- Şekercioğlu, Ç.H.; Daily, G.C.; Ehrlich, P.R. 2004. Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101: 18042-18047.
- Şekercioğlu, Ç.H.; Mendenhall, C.D.; Oviedo-Brenes, F.; Horns, J.J.; Ehrlich, P.R.; Daily, G.C. 2019. Long-term declines in bird populations in tropical agricultural countryside. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 116: 9903-9912.
- Şekercioğlu, C.H.; Primack, R.B.; Wormworth, J. 2012. The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation* 148: 1-18.
- Sherry, T.W.; Johnson, M.D.; Williams, K.A.; Kaban, J.D.; McAvoy, C.K.; Hallauer, A.M.; Rainey, S.; Xu, S. 2016. Dietary opportunism, resource partitioning, and consumption of coffee berry borers by five species of migratory wood warblers (Parulidae) wintering in Jamaican shade coffee plantations. *Journal of Field Ornithology* 87: 273-292.
- Smithsonian Institution. 2021. Smithsonian Bird Friendly Farm Criteria (en línea, sitio web). Consultado 10 agosto 2021. Disponible en <https://nationalzoo.si.edu/migratory-birds/bird-friendly-farm-criteria>.
- Somarriba, E. 1992. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems* 19: 233-240.
- Soto-Pinto, L.; Perfecto, I.; Caballero-Nieto, J. 2002. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 55: 37-45.
- Tilman, D. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science* 277: 1300-1302.
- Troya León, D.J. 2017. Análisis del efecto generado por los incendios sobre la diversidad, abundancia y gremios tróficos de la avifauna del parque metropolitano Guanguiltagua de Quito. Tesis Licenciatura, Quito, Ecuador, Universidad Internacional del Ecuador. 76 p.
- Tscharntke, T.; Clough, Y.; Bhagwat, S.A.; Buchori, D.; Faust, H.; Hertel, D.; Hölscher, D.; Jührbandt, J.; Kessler, M.; Perfecto, I.; Scherber, C.; Schroth, G.; Veldkamp, E.; Wanger, T.C. 2011. Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes - A review. *Journal of Applied Ecology* 48: 619-629.
- Tumwebaze, S.B.; Byakagaba, P. 2016. Soil organic carbon stocks under coffee agroforestry systems and coffee monoculture in Uganda. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 216: 188-193.
- Unión de Ornitólogos de Costa Rica. Plantas Útiles para las Aves.
- Veddeler, D.; Olschewski, R.; Tscharntke, T.; Klein, A.-M. 2008. The contribution of non-managed social bees to coffee production: New economic insights based on farm-scale yield data. *Agroforestry Systems* 73: 109-114.
- Vega, F.; Jaramillo, J.; Castillo, A.; Infante, F. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews* 2: 129-147.
- Vega, F.E.; Rosenquist, E.; Collins, W. 2003. Global project needed to tackle coffee crisis. *Nature* 425: 343.
- Vega, F.E.; Simpkins, A.; Miranda, J.; Harnly, J.M.; Infante, F.; Castillo, A.; Wakarchuk, D.; Cossé, A. 2017. A potential repellent against the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of Insect Science* 17: 1-9.
- Vergara, C.H.; Badano, E.I. 2009. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: 117-123.

- Vilchez Mendoza, S.; Harvey, C. a, Sáenz, J.C.; Casanoves, F.; Pablo Carvajal, J.; González Villalobos, J.; Hernandez, B.; Medina, A.; Montero, J.; Sánchez Merlo, D.; Sinclair, F.L. 2014. Consistency in bird use of tree cover across tropical agricultural landscapes. *Ecological applications* : a publication of the Ecological Society of America 24: 158-68.
- Villareyna Acuña, R.; Virgínio Filho, E. de M.; Florian, E.; Soto, G.; Astorga, C. 2017. Acciones para fortalecer la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector cafetalero de Nicaragua: Manual técnico para reducir la vulnerabilidad de fincas cafetaleras frente al cambio climático. Guatemala, Guatemala, USAID-UE-IICA.
- Villers, L.; Arizpe, N.; Orellana, R.; Conde, E.; Hernández, J. 2009. Impacts of Climatic Change on Coffee Flowering and Fruit Development in Veracruz, Mexico. *Interciencia* 34: 322-329.
- Virgínio Filho, E. de M. 2017. Cafetales sanos, productivos y ambientalmente amigables: Guía para trabajo con familias productoras. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 34 p.
- Virgínio Filho, E. 2008. Diversidad arbórea y arbustiva: la riqueza escondida en los cafetales de Costa Rica. 40 p.
- Virgínio Filho, E. de M. 2005. Evaluación de los sistemas agroforestales con café en fincas vinculadas al consorcio de cooperativas de caficultores de Guanacaste y Montes de Oro- COOCAFE: un aporte a la construcción de la sostenibilidad.
- Virgínio Filho, E. de M. 2020. Importancia de los árboles y diseño equilibrado de los sistemas agroforestales con fincas cafetaleras. *In* Diplomado Internacional de Caficultura Innovadora, 2020, Costa Rica.
- Virgínio Filho, E. de M.; Andrade, R.; Sánchez, L. s.f. Manejo integral de hierbas en cafetales: Guía ilustrativa. UTZ-CATIE-ACERES CONSULTORES. 42 p.
- Virgínio Filho, E. de M.; Casanoves, F.; Haggard, J.; Staver, C.; Soto, G.; Avelino, J.; Tapia, A.; Merlo, M.; Salgado, J.; Noponen, M.; Perdomo, Y.; Vásquez, A. 2015. La productividad útil, la materia orgánica y el suelo en los primeros 10 años de edad en sistemas de producción de café a pleno sol y bajo varios tipos de sombra y niveles de insumos orgánicos y convencionales en Costa Rica. *In* Montagnini, F.; Somarriba, E.; Murgueitio, E.; Fassola, H.; Eibl, B. (eds.). Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie Técnica. Informe Técnico No. 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454p.
- Wenny, D.G.; DeVault, T.L.; Johnson, M.D.; Kelly, D.; Sekercioglu, C.H.; Tomback, D.F.; Whelan, C.J. 2011. The need to quantify ecosystem services provided by birds. *The Auk an International Journal of Ornithology* 128: 1-14.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).



Sede Central, CATIE
Cartago, Turrialba, 30501
Costa Rica
Tel. + (506) 2558-2000

