

Review [Revisión]



SISTEMAS SILVOPASTORILES Y SU APOORTE EN LA CONSERVACIÓN DE LA AVIFAUNA. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO (1985-2020) †

[SILVOPASTORAL SYSTEMS AND THEIR CONTRIBUTION TO THE CONSERVATION OF BIRDLIFE. BIBLIOMETRIX ANALYSIS (1985-2020)]

Merle Ayllón-Cordero¹, Benito Albarrán-Portillo¹,
Martha Mariela Zarco-González² and Anastacio García-Martínez^{1*}

¹Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Carretera Toluca-Tejupilco. km 67.5 Barrio de Santiago. C. P. 51300. Temascaltepec de González. Estado de México. México. Email: mayllonc@uaemex.mx, balbarranp@uaemex.mx, agarciam@uaemex.mx*

²Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Aplicadas (CICBA) UAEM. Carretera Toluca-Ixtlahuaca km. 14.5. San Cayetano de Morelos, Estado de México. México. C.P. 50200. Email: mmzarcog@uaemex.mx

* Corresponding author

SUMMARY

Background. Silvopastoral systems (SSP) are of interest for the coexistence between animal production, biodiversity and birdlife. **Objective.** Was to carry out a bibliometric analysis of the contribution of silvopastoral systems in livestock farming production and birdlife conservation. **Methodology.** Sixty-nine documents were analyzed from journal databases such as Scopus, Web of Knowledge, ISI Web of Science, Science Direct, REDALYC, SPRINGER Link, Research Gate, among other international databases, through keywords such as “livestock”, “avifauna”, ‘conservation’ and “silvopastoral systems” to ensure greater relevance between silvopastoral systems, livestock and conserve birdlife. **Main findings.** From the documents analyzed between 1985 and 2020, silvopastoral systems showed an increase in livestock productivity, ecosystem quality and birdlife conservation. **Implications.** The analysis allows expanding the knowledge and importance of silvopastoral systems in the conservation of the environment and plant and animal biodiversity. **Conclusions.** SSP are an alternative to the constant loss of biodiversity, since they favor the integration of livestock, birdlife and environment.

Key words: Agroforestry; environment; birds; animal production; land use; silvopastoral.

RESUMEN

Antecedentes. Los sistemas silvopastoriles (SSP), despiertan interés para la coexistencia entre producción animal, biodiversidad y avifauna. **Objetivo.** Realizar un análisis bibliométrico sobre la contribución de los sistemas silvopastoriles en la ganadería y en la conservación de la avifauna. **Metodología.** Se analizaron 69 documentos de bases de revistas como, Scopus, Web of Knowledge, ISI Web of Science, Science Direct, REDALYC, SPRINGER Link, Research Gate, entre otras bases de datos internacionales, a través de palabras clave como “ganadería”, “avifauna”, “conservación” y “sistemas silvopastoriles” para garantizar mayor relevancia entre sistemas silvopastoriles, ganado y avifauna. **Principales hallazgos.** De los documentos analizados entre 1985 y 2020, los sistemas silvopastoriles mostraron un incremento de la productividad ganadera, la calidad del ecosistema y conservación de la avifauna. **Implicaciones.** El análisis permite ampliar el conocimiento y la importancia de los sistemas silvopastoriles en la conservación del ambiente y de la biodiversidad vegetal y animal. **Conclusión.** Los SSP son una alternativa a la constante pérdida de biodiversidad, ya que favorecen la integración de ganado, avifauna y ambiente.

Palabras clave: Agroforestería; ambiente; aves; producción animal; uso de suelo; silvopastoril.

† Submitted April 22, 2024 – Accepted February 21, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5586>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = M. Ayllón-Cordero: <http://orcid.org/0000-0002-4290-7669>; B. Albarrán-Portillo: <http://orcid.org/0000-0001-9807-8452>; M.M. Zarco-González: <http://orcid.org/0000-0003-4217-8272>; A. García-Martínez: <http://orcid.org/0000-0001-8021-5412>

INTRODUCCIÓN

La población humana se mantiene en constante crecimiento y provoca una importante pérdida de la biodiversidad (Green *et al.*, 2005). Las principales causas son la deforestación y el cambio en el uso de suelo lo cual degrada, fragmenta y transforma paisajes naturales (Mancera *et al.*, 2018; Marzluff *et al.*, 2001; Turner *et al.*, 2001; Bregman *et al.*, 2014 y Carrara *et al.*, 2015). Sin embargo, aunque los agropaisajes son menos diversos que los bosques naturales, muchos de estos proveen hábitats y recursos que facilitan la persistencia de especies de plantas y animales dentro de la matriz agroganadera en arreglo en forma de Sistemas silvopastoriles (Lantschner y Rush, 2007; Harvey *et al.*, 2006 y Pimentel *et al.*, 1992). Para estudiar los efectos que tiene el cambio de uso de la tierra sobre la fauna silvestre en áreas boscosas, se han monitoreado especies indicadoras como aves, murciélagos, macroinvertebrados acuáticos, mariposas y escarabajos (Alvarado *et al.*, 2018; Alvarado *et al.*, 2019; Lawton *et al.*, 1998; Cárdenas *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2003 y Lang, 2003). Las aves se han considerado especies apropiadas para la evaluación rápida de ecosistemas terrestres, debido a su fácil identificación por sus cantos, principalmente aquellas de hábitos diurnos (Kays y Allison, 2001). Las aves esparcen semillas y favorecen la regeneración de los bosques (Wunderle, 1997), aunque esta actividad depende de la composición y estructura de la vegetación y componentes del hábitat (Guevara *et al.*, 1986; Harvey y Haber, 1999 y Zhijun y Young, 2003). A mayor complejidad de la estructura florística, se forman mayor cantidad de nichos y microclimas para las aves, lo que favorece interacciones ecológicas positivas, tales como depredación, dispersión de semillas y polinización (Piratelli *et al.*, 2019; Dunn, 2000 y Zhijun y Young, 2003). De esta manera, la heterogeneidad del hábitat y el gradiente de intensificación del uso del suelo, determinan la diversidad de especies de aves a escala de paisaje (Zhijun y Young, 2003). En este sentido, Baladier *et al.* (2003) destacaron la importancia de los sistemas silvopastoriles (SSP) como un sistema dinámico en evolución constante de cada uno de sus componentes: desde la estructura y composición del suelo, fundamental para la cubierta vegetal, los pastos, árboles y arbustos que son el hogar y la base principal para la alimentación de fauna silvestre y el ganado, el reciclaje de nutrientes, la producción animal, hasta factores abióticos, antrópicos y de carácter socioeconómico, entre otros. Mientras que Ibrahim *et al.* (2006), resaltaron que su uso y aprovechamiento puede ser como bancos de forraje/proteína, cercas vivas y árboles en pasturas. Este aprovechamiento, impacta en los ingresos económicos a las unidades de producción (UP), cuando son aprovechados para mejorar la actividad productiva y coadyuvar a la conservación de diversos grupos taxonómicos, particularmente de la flora y la fauna. En función de lo anterior, el objetivo fue analizar la literatura científica sobre la

contribución de los sistemas silvopastoriles (SSP) en la conservación de la avifauna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención del material de estudio se realizó una revisión de documentos científicos, en bases de datos como Scopus, Web of Knowledge, ISI Web of Science, Science Direct, REDALYC, SPRINGER Link y Research Gate. La búsqueda se realizó a partir de palabras clave en español e inglés como “ganadería”, “avifauna”, “conservación” y “sistemas silvopastoriles” siendo los principales criterios para considerar incluir el escrito en el artículo y garantizar mayor relevancia entre SSP, ganado y avifauna, puntos centrales del estudio. En este tenor, se incluyeron en la búsqueda documentos (artículos científicos, libros y capítulos de libro) editados entre el periodo de tiempo de 1985 a 2020, ya que en estas fechas se encontró una mayor cantidad de información primaria (información original que ha sido publicada por vez primera) relacionada con el tema principal. Si bien existe información importante en literatura no publicada, no fue considerada para esta revisión. Para el análisis de la búsqueda bibliométrica, se consideraron los autores, la tendencia y la importancia e impacto de sus estudios sobre la avifauna y el ecosistema y el país de procedencia a través del programa RStudio 4.4.0 y la aplicación biblioshiny para Bibliometrix (<http://127.0.0.1:5957/>). Para abordar la discusión se consideraron los siguientes apartados: i. sistemas silvopastoriles; ii. directrices de los sistemas silvopastoriles; iii. beneficios de las aves para los sistemas silvopastoriles, iv. aporte de los sistemas silvopastoriles a la conservación de la avifauna; v. importancia de los SSP en el hábitat de las aves; vi. importancia de los SSP en la alimentación de las aves; vii. influencia de la cobertura vegetal del SSP sobre la presencia de aves; viii. manejo de potreros y especies vegetales en el SSP y diversidad de aves y, ix. restauración de la cubierta vegetal del SSP y su efecto sobre la avifauna.

RESULTADOS

En el periodo de estudio (1985-2020), se encontraron 69 documentos relacionados con los cuatro atributos de búsqueda; 56 fueron artículos científicos, 10 libros y tres capítulos de libro. En la Figura 1 se observó un mayor número de publicaciones en los años 1997, 2001, 2003 y 2005. Sin embargo, disminuyeron entre 2009-2011 y 2018-2019 y se visualizó un incremento en 2020. En la Figura 2, se muestra la distribución de las contribuciones primarias en 19 países. Se observa mayor número en Colombia, Costa Rica y México, países pioneros en la implementación de sistemas agroforestales ya que en conjunto aportaron 48.38% de las investigaciones en el periodo analizado.

Del total de documentos analizados se registraron 66 autores procedentes de Europa (10.0%), África

(10.0%), Asia (6.0%) y América (74.0%). Nueve autores principales fueron los más relevantes (Figura 3), mismos que contribuyeron con 30.4% de los documentos revisados. El resto, solo contribuyó con una publicación.

Por otra parte, la estratificación de la información analizada indicó que entre 1985-2005 se relacionó con sistemas agroforestales, avifauna y conservación y a partir de 2006 y hasta 2020, la tendencia de las publicaciones fue sobre conservación y diversidad y sistemas agro y silvopastoriles (Figura 4). Por otra parte, en la Figura 5 se muestran las relaciones entre los criterios analizados. Se diferenciaron tres directrices: a. muestra la integración de once factores

relacionados con estudios en américa central sobre avifauna y sistemas agroforestales; b. la integración de 22 factores relacionados con la conservación de la biodiversidad en sistemas agropecuarios y, c. muestra la integración de cuatro factores relacionados con sistemas nativos en regiones neotropicales del sur de américa. Finalmente, en los beneficios de los SSP para la conservación de la avifauna (Figura 6), resalta su influencia en orden de importancia en: a. principalmente sobre factores de la alimentación para las aves en sistemas tropicales; b. biodiversidad y riqueza de la avifauna en sistemas agroforestales y, c. estudio de especies en zonas de bosques fragmentados.

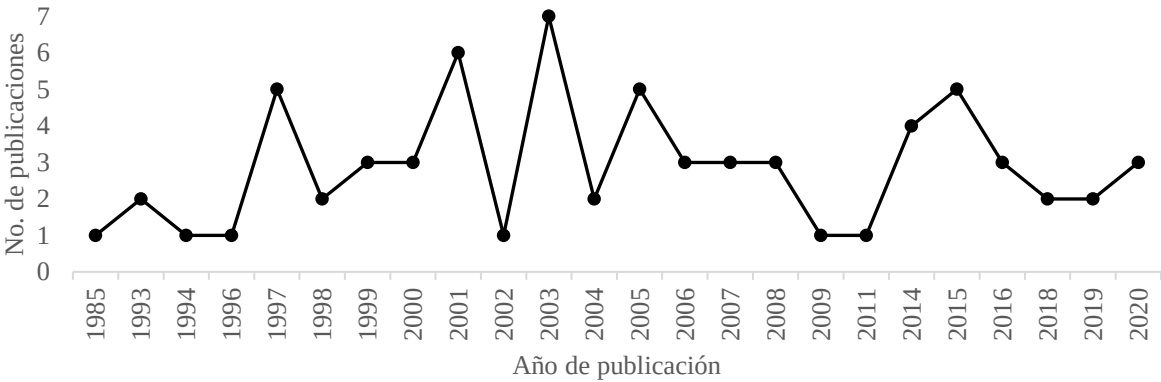


Figura 1. Cronología y tendencia de publicación de estudios sobre sistemas silvopastoriles y avifauna en el periodo comprendido de 1985 a 2020.

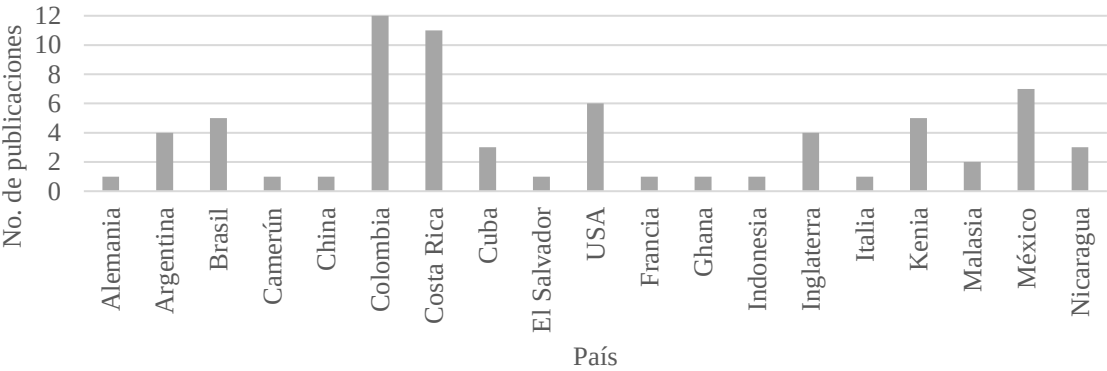


Figura 2. Distribución de estudios primarios por país sobre los temas abordados.

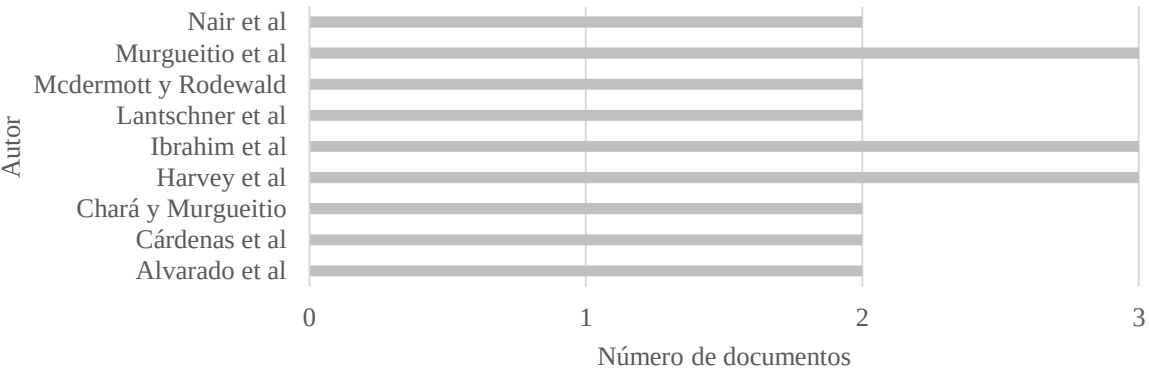


Figura 3. Autores con el mayor número de publicaciones entre 1985 y 2020.



Figura 4. Tendencias de la investigación en los documentos analizados de 1985 a 2020.

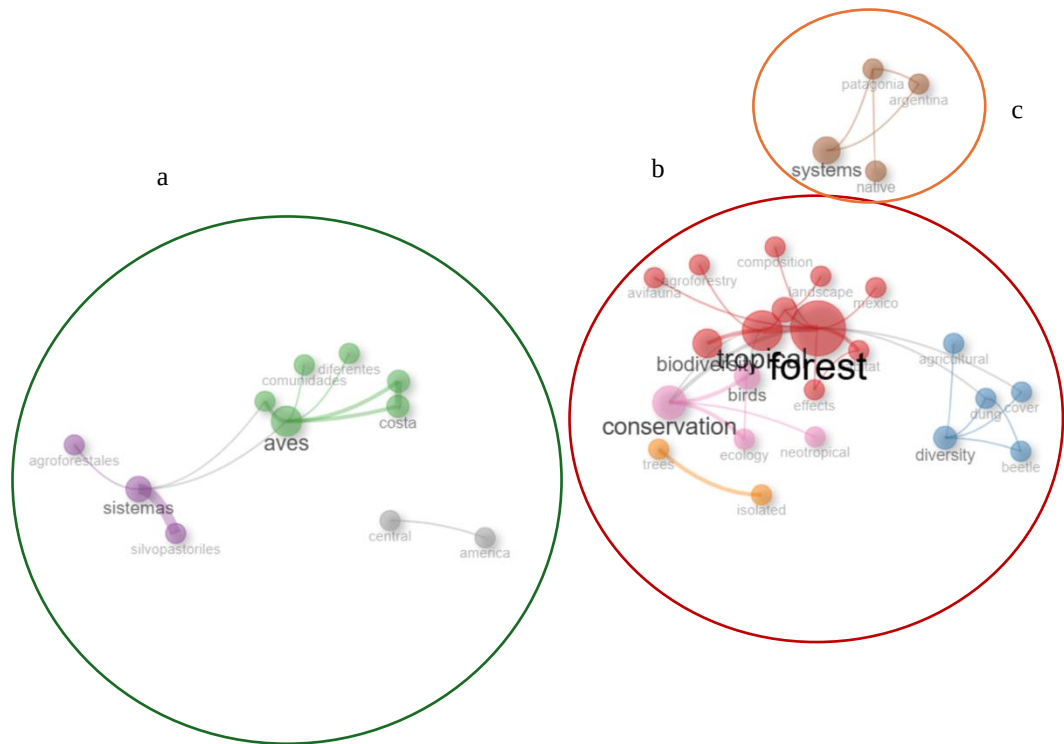


Figura 5. Interacción de factores en las tendencias observadas entre 1985 y 2020.

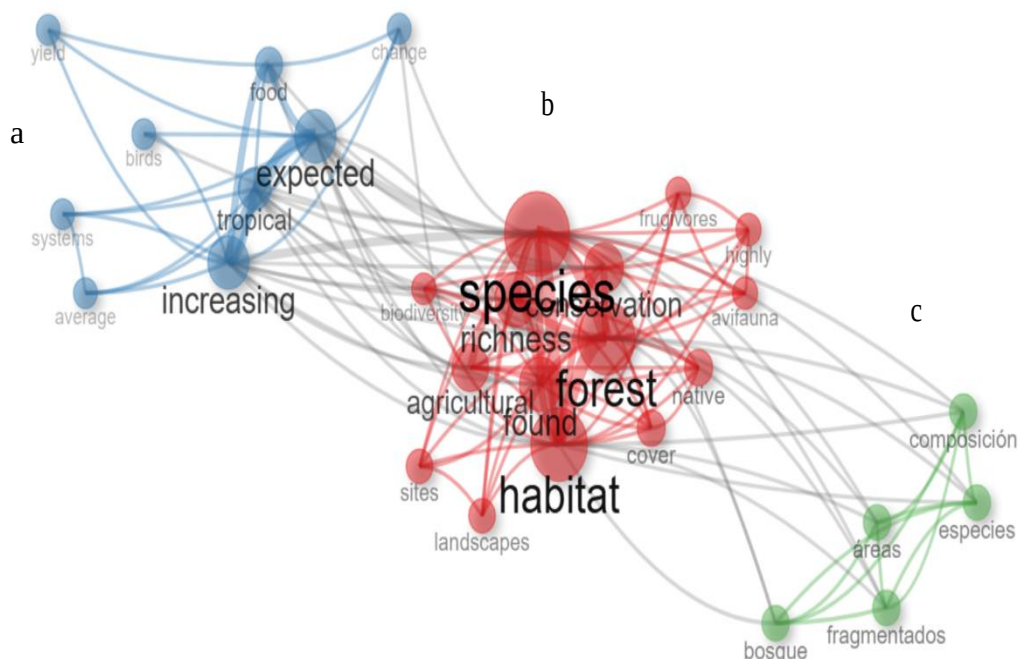


Figura 6. Aportes de los sistemas silvopastoriles sobre la conservación de la avifauna.

DISCUSIÓN

Sistemas Silvopastoriles

En esta tendencia, la mayoría de los sistemas de producción animal, tanto en el trópico como en clima templado, se basan en el uso de especies forrajeras (gramíneas y/o leguminosas) en monocultivo. No cuentan con estrategias de manejo o rotación de cultivos, lo que acelera la degradación de las pasturas y afecta la estabilidad y fertilidad del suelo (Pérez *et al.*, 2005). Los sistemas silvopastoriles (SSP) son sistemas agroforestales, integrados por árboles y pasturas que se manejan junto con animales de interés zootécnico, como lo ha destacado Nair (1993) en esta revisión, sobre todo en países del continente americano, aunque a partir del año 2000 ya se observaba una mayor distribución a nivel mundial (Balandier *et al.*, 2003; Lawton *et al.*, 1998; Dunn, 2000 y Paul *et al.*, 2020). Esta estrategia integradora favoreció e incrementó la productividad animal en forma sostenible (Röhrig *et al.*, 2020 y Balandier *et al.*, 2003). De acuerdo con Jiménez (2001) las tecnologías agroforestales del SSP son: i. en cercas vivas, ii. bancos forrajeros, iii. pastoreo en plantaciones forestales o frutales, iv. árboles y arbustos dispersos en potreros, v. pasturas en callejones, vi. setos y vii. bosques de uso silvopastoril. Por otra parte, Nair *et al.* (1985) indicaron que los SSP que están integrados por árboles y ganado se clasifican como: i. cercas vivas, ii. pastos con árboles, iii. bancos de proteína y, iv. integración de animales con producción de madera. Mientras que Ibrahim *et al.* (2006) solo los clasifican como: i. bancos de forraje, ii. cercas vivas y iii. árboles en pasturas y destaca que esto depende de la zona geográfica y de las prácticas en el uso y

aprovechamiento de estos recursos. Resaltando los resultados en esta vertiente, los principales beneficios que brindan los SSP son: conservación de biodiversidad, incrementan la fertilidad y reducen la erosión del suelo debido a la ampliación y profundidad de las raíces de los árboles (Piratelli *et al.*, 2019 y Cubillos *et al.*, 2016), propician una mayor actividad de la macro y microfauna, y aumento del secuestro de carbono (C) y/o fijación de nitrógeno (N) (Peri *et al.*, 2016). La captación de estos gases liberados a la atmósfera se debe a que las leguminosas, se asocian con bacterias del género *Rhizobium*, localizadas en el nódulo radicular (Belsky *et al.*, 1993; Carvalho *et al.*, 1994; Young, 1997; Mahecha *et al.*, 2002, Dagang y Nair, 2003 y Chará y Murgueitio, 2005). Esta asociación entre bacteria fijadora y planta se realiza en diferentes grados de interdependencia y simbiosis para la formación especializada de estructuras en las raíces como respuesta a la invasión de dichas bacterias, a la vez que existe un intercambio metabólico entre simbiosites, que implica el transporte por la planta de compuestos carbonados para el microbio y el transporte de compuestos nitrogenados resultantes de la actividad fijadora de la bacteria hacia la planta (Giraldo, 2000). Durante este proceso existe una reducción del N a nitritos y amoníaco y liberación de hidrógeno disponible como nutriente para las gramíneas asociadas y mayor acumulación de materia orgánica en la capa arable del suelo (Cubillos *et al.*, 2016 y Peri *et al.*, 2016). De esta manera, el suelo presenta mayor estabilidad, incrementa su capacidad de retención y la disponibilidad de agua para las plantas (Hernández *et al.*, 2008). Por otra parte, aumenta el área disponible para captar nutrientes para el crecimiento de gramíneas, la producción de forraje, incremento

de la productividad y la rentabilidad de la unidad de producción (UP), producto de la reducción en el uso de insumos externos (Cubillos *et al.*, 2016; Belsky *et al.*, 1993; Carvalho *et al.*, 1994; Young, 1997; Mahecha, 2002; Dagang y Nair, 2003 y Chará y Murgueitio, 2005). De acuerdo con Peri *et al.* (2016) y Mahecha (2002), estos beneficios se reflejan directamente en el equilibrio entre los componentes del SSP, sobre el desempeño de la actividad ganadera y en la conservación de la biodiversidad y el ambiente. En este sentido, el componente arbóreo modifica las características anatómicas y nutricionales de las plantas bajo su copa y son una importante fuente de forraje y proteína para el ganado (Carmona, 2007), también modifica el ambiente para los animales y reduce el efecto de las temperaturas extremas y la humedad. La sombra de los árboles en los potreros protege a los animales de la alta incidencia de radiación solar y de lluvia, manteniéndolos en un estado de confort, lo que les permite expresar su máximo potencial productivo (Mahecha, 2002). Finalmente, el componente arbóreo genera ingresos económicos adicionales a la actividad ganadera, cuando se aprovecha como un recurso maderable (Iglesias *et al.*, 2011), como se ha observado en esta revisión.

Directrices de los sistemas silvopastoriles

Los SSP tienen mejores atributos de conservación que otros usos productivos de la tierra, como la silvicultura y agricultura intensiva con el manejo de pastizales o pastos introducidos, como lo ha destacado Mahecha (2002). Favorecen la biodiversidad debido a su mayor heterogeneidad estructural, con relación a sistemas exclusivamente pastoriles o forestales naturales con alto grado de fragmentación (Caballé *et al.*, 2016 y Lantschner *et al.*, 2008). Las condiciones de microclima que generan los árboles en un SSP benefician tanto a animales domésticos, como a la fauna silvestre y constituyen una actividad biológica y productiva, ambientalmente sustentable, a diferencia de la ganadería tradicional, aunque se ha demostrado que no son tan diversos como los bosques (Caballé *et al.*, 2016). Con el desarrollo y gestión de estos SSP, se reduce la utilización de insumos externos para la producción, y se obtiene mayor beneficio económico (Cubillos *et al.*, 2016). La vegetación de los SSP proporciona a las aves una cobertura de escape contra los depredadores, sitios seguros para anidar y alimento constante (McDermottun y Rodewald, 2014). Cuando existe abundancia y diversidad de árboles y arbustos de altitud multiestratificado, se genera una estructura vertical que ofrece nuevos hábitats y nichos de utilización que propicia la conexión entre remanentes de vegetación nativa a manera de corredor biológico que reduce la presión ecológica en especies sensibles (Lantschner *et al.*, 2008). Caballé *et al.* (2016), resaltaron que con una cobertura arbórea del 50% mejora la producción animal y la biodiversidad, como se mostró en las tendencias de los estudios analizados. Rocha *et al.*

(2015) y Schulze *et al.* (2004) demostraron que la riqueza avifaunística disminuye en hábitats modificados y aunque los agroecosistemas albergan muchas especies, no representan un indicador de conservación ambiental debido a que en su mayoría son organismos de hábito generalistas. Asimismo, Laurance y Bierregaard (1997) y Renjifo (1999) demostraron que la transformación de bosques primarios a pastizales abiertos afecta la composición de especies sensibles y endémicas.

Beneficios de las aves para los sistemas silvopastoriles

En función de las tendencias obtenidas en el análisis, las aves son fundamentales en los SSP. En este sentido, varios actores (Cadavid-Florez *et al.*, 2020 y Zhijun y Young, 2003) resaltan la importancia de estas en la propagación y desarrollo para una gran variedad de plantas, por su capacidad de unir parches de bosque en paisajes fragmentados y actúan como conectores entre ecosistemas naturales. También reducen las poblaciones de invertebrados nocivos para la flora (Piratelli *et al.*, 2019). Por otra parte, se utilizan como referentes de salud y equilibrio de la biodiversidad vegetal (Taylor, 2003). Son especies adecuadas para la evaluación inmediata de diversos hábitats terrestres, debido a que son identificadas fácilmente por sus cantos, sus hábitos diurnos y por la alta sensibilidad a la perturbación del paisaje por cambios en la estructura vegetal (Kays y Allison, 2001). Estas particularidades han permitido la selección de especies clave, como residentes o migratorias para monitorear la integridad de paisajes naturales (Stotz *et al.*, 1996), para su funcionamiento e identificar áreas de mayor sensibilidad que requieren especial atención (Rickets *et al.*, 2001). Asimismo, se ha identificado que la heterogeneidad del hábitat y el gradiente de intensificación en el uso del suelo, afectan la presencia y diversidad de especies de aves a escala de paisaje (Greenberg *et al.*, 1997 y Zhijun y Young, 2003). Pero a mayor complejidad de la estructura vegetal, es decir, diversidad de especies, densidad, altura, estratos y la integración de todos los factores vivos y no-vivos del ambiente en un mismo espacio y tiempo, se forman mayor cantidad de nichos para el refugio y anidación, la alimentación (consumo de insectos, frutos y semillas) y reproducción de las aves (Zhijun y Young, 2003) y se favorecen los procesos de dispersión y germinación de semillas y el equilibrio trófico (Piratelli *et al.*, 2019), benéficos para los sistemas agroforestales en general.

Aporte de los sistemas silvopastoriles a la conservación de la avifauna

Los beneficios de los SSP para la conservación de la avifauna, está relacionado directamente con la interacción entre uno o varios componentes de este. La interacción observada se relacionó principalmente entre hábitat (bosques y pastizales), conservación, biodiversidad y fragmentación de los

sistemas forestales y la directriz que toman las especies. Es decir, las aves que tienden a desaparecer, aquellas que se mantienen y las que llegan a cumplir nuevos roles en los ecosistemas. En este sentido Lang *et al.* (2003) y Lantschner *et al.* (2008), identificaron que la composición, la abundancia, el arreglo espacial de los árboles, así como distancia entre ecosistemas naturales, son los factores que más influyen en estos procesos. Cuando la vegetación es reemplazada por plantaciones forestales, las comunidades de aves no tienen grandes modificaciones, ya que su composición está determinada por los cambios estructurales per se y no por composición florística (Lantschner y Rush, 2007). En este tenor, las funciones biológicas de las aves dan sustento e información sobre el tipo de hábitat utilizado y proporciona las directrices para establecer estrategias de conservación dentro de las UP (Caballé *et al.*, 2016 y Lantschner *et al.*, 2008).

Importancia de los SSP en el hábitat de las aves

Los SSP favorecen la existencia de diversos nichos y albergar a una gran variedad de aves (Murgueitio y Calles 1999) como se ha observado en el análisis del trabajo. De acuerdo con Kelvin *et al.* (2005), el hábitat afecta los ciclos biológicos y estimaron que 30% de las aves de un bosque primario se albergaban en agro paisajes. Sin embargo, preferían los bosques primarios para la reproducción. En este sentido, diversos estudios han propuesto estrategias para la coexistencia entre producción animal y conservación de la avifauna (Paul *et al.*, 2020). En Costa Rica, Cárdenas *et al.* (2003) encontraron a partir del índice de Shannon, que potreros con alta cobertura arbórea y bosques riparios presentaron mayor diversidad de especies, que en bosque seco y potreros de baja cobertura en paisajes fragmentados. También existe evidencia de que los fragmentos boscosos con alta densidad arbórea recobran importancia dentro del paisaje y conservan comunidades de aves que muestran la idoneidad del ecosistema (Piratelli *et al.*, 2019), principalmente granívoras y especies de sitios perturbados (Domínguez-López y Ortega-Álvarez, 2014). McDermott *et al.* (2015) y Lantschner *et al.* (2008) obtuvieron resultados similares y enfatizaron que, a mayor cobertura vegetal y densidad arbórea en los SSP, las aves tuvieron mayor actividad y se notó el incremento del número de aves migratorias. Esta situación resalta que sistemas complejos con alta cobertura vegetal proporcionan hábitats apropiados para aves residentes y migratorias (Komar, 2006 y Bhagwat *et al.*, 2008) o bandadas mixtas (Colorado-Zuluaga y Rodewald, 2015). En contra parte, Lantschner *et al.* (2008) indicaron que, en paisajes agrícolas tecnificados, la presencia de aves disminuye e incluso corren el riesgo de desaparecer. Lawton *et al.* (1998) ratificaron la desaparición de especies características de bosques primarios, pero resaltaron que la modificación del hábitat favorece al arribo de especies de hábitats perturbados.

Importancia de los SSP en la alimentación de las aves

Los SSP son una fuente importante de alimento para las aves y diversos estudios lo han demostrado de acuerdo con las tendencias registradas en el presente estudio. Fajardo *et al.* (2009) realizaron un estudio sobre aves en microcuencas comparando cuatro usos de suelo que definieron como: i. SSP, ii. cercas vivas, iii. potreros y iv. zonas de aislamiento. Encontraron mayor número de especies en áreas de aislamiento debido a la disponibilidad permanente y variada de alimento, seguido por los SSP, áreas de potrero y cercas vivas. Aguirre (2001) así como Estrada y Coates-Estrada (2000) encontraron que, en paisajes fragmentados con escasa cobertura vegetal y bosques con árboles dispersos, la alimentación de las aves depende de la presencia de cercas vivas. Del mismo modo, Cárdenas y Yanovich (1997) hallaron que, pequeñas áreas con SSP fueron fundamentales por la abundancia de alimento para mayor diversidad de especies de aves que bosques secos cercanos. McDermottun y Rodewald (2014), Sáenz *et al.*, (2007) y Kelvin *et al.* (2005) indicaron que los SSP ofrecen mayor variedad de vegetación y alimento y mayor beneficio, ya que son sitios predilectos para las aves durante la época de reproducción y anidación. Algunos ejemplos de árboles que las aves prefieren, en el caso de SSP en trópico seco son: Cazahuate (*Ipomoea murucoides*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Tepehuaje (*Lysiloma acapulcense*) y Huaje (*Crescentia alata*), como lo mencionó Ayllón-Cordero (2021)

Influencia de la cobertura vegetal del SSP sobre la presencia de aves

La cobertura vegetal es otro factor que influye en la presencia de aves en SSP. En este sentido, Pérez *et al.* (2005) evaluaron diferentes usos de suelo: i. pasturas naturales y modificadas con alta y baja densidad de árboles, ii. pasturas sin árboles, iii. banco forrajero, iv. cercas vivas, v. tacotales (matorral espeso) y vi. distintos tipos de bosques. Observaron mayor abundancia de aves en las pasturas naturales con alta densidad de árboles y en tacotales, lo que resalta la importancia de la presencia de los árboles. Colorado-Zuluaga y Rodewald (2015) y Harvey *et al.*, (2005) destacaron que a mayor cobertura arbórea mayor abundancia de aves endémicas y estacionales. Asimismo, Alonso *et al.* (2004) indicaron que este tipo de ecosistemas también son determinantes para la conservación de especies residentes y migratorias. Esta tendencia se observa principalmente en potreros con mayor tiempo de funcionamiento, diversidad vegetal y árboles de copas grandes (Caballé *et al.*, 2016 y Lantschner *et al.*, 2008). Estos sistemas aumentan la conectividad entre hábitats y facilitan el movimiento de especies restringidas a sitios boscosos (Cadavid-Florez *et al.*, 2020). Greenberg *et al.* (1997) realizaron un estudio en SSP en Chiapas, México, con huizache (*Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.)

Benth.) a densidades altas y observaron incrementos significativos en la diversidad de especies, particularmente aves migratorias. Resultados similares fueron reportados en Perú, Brasil, Colombia y Venezuela (Colorado-Zuluaga y Rodewald, 2015) y en Nicaragua, Costa Rica y Colombia en condiciones semejantes (McDermottun y Rodewald, 2014 y Sáenz *et al.* 2007). Sin embargo, Lantschner *et al.* (2008) destacaron que, en paisajes altamente tecnificados, con escasa cobertura arbórea, el número de aves se reduce considerablemente.

Manejo de potreros y especies vegetales en SSP y diversidad de aves

Varios autores resaltaron la importancia del manejo de las superficies agroganaderas y de acuerdo con el análisis es un factor para la presencia de aves. Murgueitio y Calles (1999) quienes estudiaron áreas de monocultivos con labores tradicionales, observaron solo 17 especies de aves, mientras que, en áreas con rotación de cultivos, sin quema y sin plaguicidas, encontraron 33 especies. En un bosque de Guadua (*Guadua angustifolia*) registraron 27 especies, 35 en un bosque seco, 43 en un SSP con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y árboles de varias especies, 46 en un SSP similar al anterior, pero con un estrato adicional de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) y 56 en un sistema agroforestal con árboles frutales, maderables y ornamentales, con lo que demostraron que el manejo y la cobertura vegetal juega un papel importante en la diversidad de aves. Estrada y Coates-Estrada (2000) en México encontraron 98 especies de aves a lo largo de una cerca viva de seis km de Cacahuananche o Mata Ratón (*Gliricidia sepium*) y Chaca o Palo Mulato (*Bursera simaruba*), de las cuales 45% fueron aves que habitaban en el bosque y 41% aves migratorias neotropicales. Lang *et al.* (2003) en Costa Rica, en estudios similares ratificaron la importancia de las cercas vivas, su composición y estructura vegetal sobre la abundancia y riqueza de aves. De acuerdo con Zhijun y Young (2003), la complejidad de la vegetación en las cercas vivas con más de dos especies leñosas de diferente diámetro, altura y ancho de copa, para obtener madera, leña, frutos, forrajes, medicina y productos ornamentales, son factores determinantes para la abundancia de aves. Bajo este enfoque, Lang *et al.* (2003) realizaron un estudio con cercas vivas simples de Palo Santo (*Erythrina costaricensis*) o Cacahuananche (*Gliricidia sepium*) y complejas que tenían Guayaba (*Psidium guajava*), cítricos (*Citrus spp.*), Bromelias (*Erythrina costaricensis*) y Madero Negro (*Gliricidia sepium*), *Yucca spp.* e Indio Desnudo (*Bursera simaruba*). Mostraron que las cercas vivas complejas fueron un mejor albergue para las aves y contabilizaron 1141 individuos de 81 especies, comparado con 407 individuos de 45 especies en las cercas vivas simples. Asimismo, observaron que las especies en las cercas complejas agregaron nuevas especies de aves más rápidamente que en las cercas

simples. Estos resultados indican la capacidad de los SSP con cercas vivas y mayor variedad vegetal, para la conservación de aves y reducir la incidencia de extinción de especies locales, como también lo ha destacado Lantschner *et al.* (2008). González-Valdivia *et al.* (2014) encontraron resultados similares en época de secas y lluvias y observaron que, aunque en los SSP se refugian aves protegidas, limita la presencia de aves frugívoras y especialistas. Mientras que Carrara *et al.* (2015) indicaron que, con la deforestación, menor cobertura arbórea y mayor cantidad de parches de bosque, incrementa la presencia de aves generalistas.

Restauración de la cubierta vegetal del SSP y su efecto sobre la avifauna

Otros estudios analizaron el efecto de la restauración de la cubierta vegetal de pastizales en SSP y la correlación entre cobertura vegetal y avifauna. Iraola *et al.*, (2015) encontraron una relación positiva entre el componente arbóreo, la biomasa disponible, el número de individuos totales y especies de aves, además observaron que la cobertura vegetal abundante favorece la aparición de microhábitats dentro de la UP, mayor diversidad de aves y evita desaparición de especies locales. Murgueitio *et al.* (1999), crearon un sistema de producción con distintos ecosistemas; i. un humedal como reservorio de agua y producción de plantas acuáticas y búfalos, ii. cultivos de caña de azúcar y, iii. un huerto. Cada sector del mosaico formó parte de la UP, pero a la vez ofreció recursos para diferentes especies silvestres y poblaciones de aves migratorias y endémicas. Observaron además que, por el efecto del pisoteo del ganado y formación de espacios cubiertos de agua, se desarrollaron numerosas larvas de invertebrados; una rica fuente de alimento para las aves. Al finalizar la restauración de este sistema en particular, de 17 especies registradas al inicio, la riqueza se incrementó a 56 especies de aves. El impacto de la plantación de caña de azúcar y el huerto, fue menor. De acuerdo con Röhrig *et al.* (2020), promover una mayor diversidad de árboles en SSP, favorece el proceso de restauración y es un paso importante para la integración de la biodiversidad en la ganadería sostenible.

CONCLUSIONES

Existe una gran diversidad de trabajos que han abordado de manera particular o conjunta varios elementos de los SSP, avifauna y conservación durante 35 años, aspectos en los que destaca el continente americano. Los SSP son importantes para la conservación de la biodiversidad y producción animal. Al combinar árboles, pastos y ganado, se reduce el impacto negativo del cambio de uso de suelo y cumplen distintas funciones y servicios ecosistémicos; incrementan la productividad de la UP, la calidad del ecosistema y conservan la avifauna ya que cumplen con estrategias adaptativas a las nuevas condiciones o en su defecto tienden a

desplazarse a áreas vecinas y luego regresar de acuerdo con condiciones y estado la cubierta basal (pastos) y aérea (árboles) o las condiciones de manejo del ganado presente. Los elementos arbóreos, su composición y estructura son fundamentales para la subsistencia de la avifauna, sobre todo en paisajes fragmentados o áreas deforestadas que se destinan a la producción ganadera intensiva. No obstante, aún existen vacíos para dar respuesta a las afectaciones que los procesos de transformación del hábitat natural han tenido sobre las condiciones de sobrevivencia de las especies de aves en agropaisajes. Particularmente, sistemas agrosilvopopastoriles.

Agradecimientos

Se agradece a los investigadores del Centro Universitario UAEM Temascaltepec y del Instituto en Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México, que colaboraron en el trabajo. La primera autora agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el otorgamiento de beca para estudios de maestría.

Funding. This research was funded by the Autonomous University of the State of Mexico through the research project “Sustainability evaluation of the livestock in Mexico, Argentina and Paraguay, from a territorial approach: current situation and perspectives before social, environmental, economic and technological changes (4787/2019CIC). Third Phase.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest regarding this manuscript.

Compliance with ethical standards. The authors have nothing to declare, due to the nature of the work.

Data availability. The data is available through the corresponding author: agarciam@uaemex.mx, upon reasonable request. Also, visit the biblioshiny application for bibliometrix analysis (<http://127.0.0.1:5957/>).

Author contribution statement (CRediT). **M. Ayllón-Cordero:** investigation, data curation, formal analysis, writing-original draft. **B. Albarrán-Portillo:** supervision, writing-review & editing. **M.M. Zarco-González:** supervision, writing-review & editing. **A. García-Martínez:** conceptualization, methodology, supervision, validation, project administration, writing-review & editing.

REFERENCES

- Alonso, J., Torres, O., Ruíz, T.E., Febles, G., Cárdenas, G. and Achan G., 2004. Estudio de la avifauna asociada a un sistema silvopastoril leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38 (2), pp. 203-210. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017901015.pdf>
- Aguirre, J.R., González, O.D., Harvey, C. and Martínez, R., 2001. Degradación de las cortinas rompevientos al este de la ciudad de León, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 8, pp. 18-24.
- Alvarado, F., Andrade, E.R., Santos, B.A., Prescott, G., Souza, G. and Escobar, F., 2018. Forest cover is more important than farmland heterogeneity and livestock intensification for the retention of dung beetle phylogenetic diversity. *Ecological Indicators*, 93, pp. 524-532. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.041>
- Alvarado, F., Dáttilo, W. and Escobar, F., 2019. Linking dung beetle diversity and its ecological function in a gradient of livestock intensification management in the Neotropical region. *Applied Soil Ecology*, 143, pp. 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.06.016>
- Balandier, P., Bergez, J.E. and Etienne, M., 2003. Use of the management-oriented silvopastoral model ALWAYS: calibration and evaluation. *Agroforestry Systems*, 57, pp. 159-171. <https://doi.org/10.1023/A:1024863408559>
- Belsky, A.J., Mwonga, S.M., Amundson, R.G., Duxbury, J.M. and Ali, A.R., 1993. Comparative effects of isolated tress on their under canopy environments in high- and low-rain fall savannas. *Journal of Applied Ecology*, 30, pp.143-145. <https://doi.org/10.2307/2404278>
- Bhagwat, S.A., Willis, K.J., Birks, H.J.B. and Whittaker, R.J., 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity?. *Trends in Ecology & Evolution*, 23, pp. 261-267. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Bregman, T.P., Sekercioglu, C.H. and Tobias, J.A., 2014. Global patterns and predictors of bird species responses to forest fragmentation: implications for ecosystem function and conservation. *Biological Conservation*, 169 pp.372-383. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.024>
- Caballé, G., Fernández, M.E., Gyenge, J., Lantschner, V., Rusch, V., Letourneau, F. and Borrelli, L., 2016. Silvopastoral

- Systems Based on Natural Grassland and Ponderosa Pine in Northwestern Patagonia, Argentina. In P. L. Peri, F. Dube, A. Varela (Eds.), *Silvopastoral Systems in Southern South America Cham: Springer International Publishing*. Advances in Agroforestry, Págs. 89-115. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24109-85>
- Cadavid-Florez, L., Laborde, J. and McLean, D.J., 2020. Isolated trees and small woody patches greatly contribute to connectivity in highly fragmented tropical landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 196. 103745. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103745>
- Cárdenas, G., Harvey, C.A., Ibrahim, M. and Finegan, B., 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10. pp. 78-85. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6080/Diversidad_y_riqueza_de_aves.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cárdenas, M. and Yanovich, D., 1997. Café y desarrollo económico: un análisis departamental. *Coyuntura social*, 16, pp.137-181. <https://www.repositorio.fedesarrollo.org.co/handle/11445/1812>
- Carmona, C., 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación*, 4(1), pp. 40-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5745901>
- Carrara, E., Arroyo-Rodríguez, V., Vega-Rivera, J., Shondube, J., De Freitas, S. and Fahrig, L., 2015. Impact of landscape composition and configuration on forest specialist and generalist bird species in the fragmented Lacandona rainforest, Mexico. *Biological Conservation*, 184. pp. 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.01.014>
- Carvalho, M.M., Freitas, V.P., Almeida, D.S. and Villaca, H.A., 1994. Efeito de árvores isoladas sobre a disponibilidade e composicao mineral da forragem em patagens de Brachiaria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 23, pp.709-718
- Chará, J. and Murgueitio, E., 2005. The role of silvopastoral systems in the rehabilitation of Andean stream habitats. *Livestock Research for Rural Development*, 17 (2), pp.20. <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd17/2/char17020.htm>
- Colorado-Zuluaga, G. and Rodewald, A.D., 2015. Response of mixed-species flocks to habitat alteration and deforestation in the Andes. *Biological Conservation*, 188, pp. 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.02.008>
- Cubillos, A.M., Vallejo, V.E., Arbeli, Z., Terán, W., Dick, R.P., Molina, C.H. and Roldan, F., 2016. Effect of the conversion of conventional pasture to intensive silvopastoral systems on edaphic bacterial and ammonia oxidizer communities in Colombia. *European Journal of Soil Biology*, 72, pp. 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.12.003>
- Dagang, A.B.K. and Nair, P.K.R., 2003. Silvopastoral research and adoption in Central America: recent findings and recommendations for future directions. *Agroforestry Systems*, 59. pp. 149-155. <https://doi.org/10.1023/A:1026394019808>
- Domínguez-López, M.E. and Ortega-Álvarez, R., 2014. The importance of riparian habitats for avian communities in a highly human-modified Neotropical landscape. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, pp.1217-1227. <https://doi.org/10.7550/rmb.43849>
- Dunn, R.R., 2000. Isolated trees as foci of diversity in active and fallow fields. *Biological Conservation*, 95, pp. 317-321. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00025-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00025-2)
- Estrada, A. and Coates-Estrada, R. 2000. Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 11, pp. 1903-1918. <https://doi.org/10.1023/A102089692857-8>
- Fajardo, D., Johnston, R., Neira, L., Chará, J. and Murgueitio, E., 2009. Influencia de sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente*, 58, pp. 9-16. <http://hdl.handle.net/11554/6403>
- Giraldo, L.A., 2000. *Sistemas silvopastoriles para la ganadería en Colombia*. (Tesis inédita de Licenciatura) Universidad Nacional de

- Colombia.
<https://www.redalyc.org/pdf/2950/295026121002.pdf>
- González-Valdivia, N., Barba-Macías, E., Hernández-Daumás, S. and Ochoa-Gaona, S., 2014. Avifauna en sistemas silvopastoriles en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(3), pp. 1031-1052.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442014000300019
- Green, R.A., Cornell, S. J., Scharlemann, J.P.W. and Balmford, A., 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science*, 307, pp. 550-555.
<https://doi.org/10.1126/science1106049>
- Greenberg, R., Beachier, P. and Sterling, J., 1997. Acacia, cattle and migratory birds in southeastern México. *Biological Conservation*, 80, pp. 235-247.
[https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(96\)00137-1](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(96)00137-1)
- Guevara, S., Laborde, J. and Sánchez, G. 1998. Are isolated remnant in pastures a fragment canopy?. *Selbyana*, 19 (1), pp. 34-43.
<https://journals.flvc.org/selbyana/article/view/120528>
- Harvey, C.A. and Haber, W.A., 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rica pastures. *Agroforestry Systems*, 44, pp. 37-68.
<https://doi.org/10.1023/A:1006122211692>
- Harvey, C.A., Alpízar, F., Chacón, M. and Madrigal, R., 2005. *Assessing linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical overview and Future perspectives*. San José, Costa Rica: The Nature Conservancy (TNC).
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2898.9524>
- Harvey, C.A., Medina, A., Sánchez, D., Vilchez, S., Hernández, B., Sáenz, J.C., Maes, J.M., Casanoves, F. and Sinclair, F.L., 2006. Patterns of animal diversity associated with different forms of tree cover retained in agricultural landscapes. *Ecological Applications*, 16, pp. 1986-1999.
[https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[1986:POADID\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[1986:POADID]2.0.CO;2)
- Hernández, B., Maes, J.M., Harvey, C.A., Vilchez, S., Medina, A. and Sanchez, D., 2003. Abundancia y densidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje fragmentado en el departamento de Rivas, Nicaragua. Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10, pp. 93-102.
<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/10051>
- Hernández, M., Sánchez, S. and Simón, L., 2008. Efecto de los sistemas silvopastoriles en la fertilidad edáfica. *Zootecnia Tropical*, 26 (3), pp. 319-321.
<http://ve.scielo.org/pdf/zt/v26n3/art35.pdf>
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. and Rojas, J., 2006. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*, 29 (4), pp. 383- 420.
<https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121676004.pdf>
- Iglesias, J.M., Funes-Monzote, F., Toral, O.C., Simón, L. and Milera, M., 2011. Diseños agrosilvopastoriles en el contexto de desarrollo de una ganadería sustentable. *Apuntes para el conocimiento. Pastos y Forrajes*, 34 (3), pp. 241-257.
<https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121083001.pdf>
- Iraola, J., Muñoz, E., García, Y. and Hernández, J.L., 2015. Caracterización faunística en un sistema silvopastoril destinado al ganado de engorde. *Pastos y Forrajes*, 38, pp. 418-424.
<https://www.redalyc.org/pdf/2691/269143377005.pdf>
- Jiménez, F., Muschler, R. and Köpsell, D.E., 2001. *Funciones y aplicaciones de los sistemas agroforestales*. Turrialba, Costa Rica: Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ.
<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/2202>
- Kays, R. and Allison, A., 2001. Arboreal tropical forest vertebrates: current knowledge and research trends. *Plant Ecology*, 153, pp. 109-120.
<https://doi.org/10.1023/A:1017585622940>
- Kelvin, S.H.P., de Jong, J., Sodhi, N.S., Lim, S.L.H. and Yap, C.A.M., (2005). Lowland rainforest avifauna and human disturbance: persistence of primary forest birds in selectively logged forest and mixed-rural habitats of southern Peninsular Malaysia. *Biological Conservation*, 123, pp. 489-505.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.010>
- Komar, O., 2006. Priority Contribution. Ecology and conservation of birds in coffee plantations: a critical review. *Bird Conservation International*, 16, pp. 1-23.

- <https://doi.org/10.1017/S095927090600007-4>
- Lantschner, M.V. and Rusch, V., 2007. Impacto de diferentes disturbios antrópicos sobre las comunidades de aves de bosques y matorrales de *Nothofagus antarctica* en el NO Patagónico. *Ecología Austral*, 17, pp. 99-112.
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/ecologiaaustral/ecologiaaustral_v017_n01_p099.pdf
- Lantschner, M.V., Rusch, V. and Peyrou, C., 2008. Bird assemblages in pine plantations replacing native ecosystems in NW Patagonia. *Biodiversity and Conservation*, 17, pp. 969-989.
<https://doi.org/10.1007/s10531-007-9243-x>
- Lang, I., Gormley, L.H.L., Harvey, C.A. and Sinclair, F.L., 2003. Composición de la comunidad de aves en cercas vivas de Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10, pp. 86-92.
<http://www.fao.org/tempref/docrep/nonfao/lead/x6381s/x6381s00.pdf>
- Laurance, W.F. and Bierregaard, R.O., 1997. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press.
<https://doi.org/10.1017/S0376892998210228>
- Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsen, T.B., Mawdsley, N.A., Stork, N.E., Srivastava, D.S. and Watt, A.D., 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*, 39(1), pp. 72-76.
<https://doi.org/10.1038/34166>
- Mahecha, L., Gallego, L.A. and Peláez, F.J., 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), pp. 213-225.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323816>
- Mancera, K.F., Zarza, H., de Buen, L.L., García, A.A.C., Palacios, F.M. and Galindo, F., 2018. Integrating links between tree coverage and cattle welfare in silvopastoral systems evaluation. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(2), pp. 19-28.
<https://doi.org/10.1007/s13593-018-0497-3>
- Marzluff, J.M., Bowman, R. and Donnelly, R., 2001. A historical perspective on urban bird research: trends, terms, and approaches. En: J. M. Marzluff, R. Bowman, R. Donnelly. (Eds). *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston, Massachusetts: Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9_1
- McDermott, M.E., Rodewald, A.D. and Matthews, S.N., 2015. Managing tropical agroforestry for conservation of flocking migratory birds. *Agroforestry Systems*, 89, pp. 383-396.
<https://doi.org/10.1007/s10457-014-9777-3>
- McDermott, M. and Rodewald, A., 2014. Conservation value of silvopastures to Neotropical migrants in Andean forest flocks. *Biological Conservation*, 175, pp. 140-147.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.04.027>
- Murgueitio, E. and Calles, Z., 1999. Diversidad biológica en la ganadería bovina de Colombia. En: M. D Sánchez, M Rosales (Eds.) *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma, Italia: FAO.
<http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/MURGUEI3.PDF>
- Nair, P.K.R., 1985. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 3, pp. 97-128.
<https://doi.org/10.1007/BF00122638>
- Nair, P.K.R. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. Boston, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.
<https://www.springer.com/gp/book/9780792321347>
- Paul, B.K., Koge, J., Maass, B.L., Notenbaert, A., Peters, M., Groot, J.C.J. and Tittone, P., 2020. Tropical forage technologies can deliver multiple benefits in Sub-Saharan Africa. A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(4), pp. 22-39.
<https://doi.org/10.1007/s13593-020-00626-3>
- Pérez, A.M., Bornemann, G., Campo, L., Sotelo, M., Ramírez, F. and Arana, I., 2005. Relaciones entre Biodiversidad y producción en Sistemas Silvopastoriles de América Central. *Ecosistemas*, 14(2), pp.132-141.
<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=113>
- Peri, P.L., Bahamonde, H.A., Lencinas, M.V., Gargaglione, V., Soler, R., Ormaechea, S.

- and Pastur, G.M., 2016. A review of silvopastoral systems in native forests of *Nothofagus antarctica* in southern Patagonia, Argentina. *Agroforestry Systems*, 90(6), pp. 933-960. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-9890-6>
- Röhrig, N., Hassler, M. and Roesler, T., 2020. Capturing the value of ecosystem services from silvopastoral systems: Perceptions from selected Italian farms. *Ecosystem Services*, 44, 101-152. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101152>
- Piratelli, A.J., Piña-Rodríguez, F.C.M. and Raedig, C., 2019. Integrating biodiversity conservation into agroecosystem management: using birds to bring conservation and agricultural production together. En: U. Nehren, S. Schlüter, C. Raedig, D. Sattler, H. Hissa (Eds.), *Strategies and tools for a sustainable rural Rio de Janeiro*. Springer Series on Environmental Management. Springer, Págs. 139-154. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-89644-1>
- Renjifo, L.M. 1999. Composition changes in a subandean avifauna after long-term forest fragmentation. *Conservation Biology*, 13, pp. 1124-1139. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98311.x>
- Rickets, T.H., Daily, G.C., Erlich, P.R. and Fay, J.P., 2001. Countryside biogeography of moths in a fragmented landscape: species richness in native and agricultural habitats. *Conservation Biology*, 15(2), pp. 378-388. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.015002378.x>
- Rocha, R., Virtanen, T. and Cabeza, M., 2015. Bird assemblages in a Malagasy forest-agricultural frontier: effects of habitat structure and forest cover. *Tropical Conservation Science*, 8 (3), pp. 681-710. <https://doi.org/10.1177/194008291500800307>
- Sáenz, J.C., Villatoro, F., Ibrahim, M., Fajardo, D. and Pérez, M., 2007. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas*, 45, pp. 37-48.
- Schulze C.H., Waltert, M., Kessler, P.J.A., Pitopang, R., Shahabuddin, S., Veddeler, D., Mühlenberg, M., Gradstein, S.R., Leuschner, C., Steffan-Dewenter, I. and Tschamtk, T., 2004. Biodiversity indicator groups of tropical land-use systems: Comparing plants, birds, and insects. *Ecological Applications*, 14(5), pp.1321-1333. <https://doi.org/10.1890/02-5409>
- Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W., Parker III, T.A. and Moskovits, D.K., 1996. *Neotropical Birds. Ecology and Conservation*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/N/bo3635040.html>
- Taylor, R., 2003. Cómo medir la diversidad de aves presentes en los sistemas agroforestales. *Agrofoestería en las Américas*, 10, pp. 117-123. <http://www.sidalc.net/repdoc/A2404e/A2404e.pdf>
- Turner, M.A., Gardner, R.H. and O'Neill, R.V., 2001. *Landscape ecology in theory and practice: patterns and process*. New York, USA: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/b97434>
- Wunderle, J.M., 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99, pp. 223-235. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00208-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00208-9)
- Young, A., 1997. *Agroforestry for soil management*. New York, USA: CAB International.
- Zhijun, W. and Young S.S., 2003. Differences in bird diversity between two swidden agricultural sites in mountainous terrain, Xishuangbanna, Yunnan, China. *Biological Conservation*, 110, pp. 231-243. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00222-7](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00222-7)