

**ELEMENTOS DE UN PAISAJE CAFETERO COMO ALBERGUE DE AVES
MIGRATORIAS, PESCADOR, CALDONO, CAUCA**

VERÓNICA BETANCOURTH SÁNCHEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2022**

**ELEMENTOS DE UN PAISAJE CAFETERO COMO ALBERGUE DE AVES
MIGRATORIAS, PESCADOR, CALDONO, CAUCA.**

VERÓNICA BETANCOURTH SÁNCHEZ

**DIRECTOR
CRISTIAN VIDAL-MALDONADO, Biol, Msc (c).
CODIRECTORA
MARÍA CRISTINA GALLEGU-ROPERO, Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2022**

Nota de Aceptación

Aprobado

Director: Cristian C. Vidal M.
Cristian Camilo Vidal Maldonado, M.Sc.

Codirectora: M. Cristina Gallego Roper
María Cristina Gallego Roper, PhD.

Jurado: José W. Beltrán S
José William Beltrán Salazar, PhD.

Jurado: Orlando Acevedo-Charry
Orlando Acevedo-Charry, M.Sc.

Fecha de sustentación: Julio 25 de 2022

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. JUSTIFICACIÓN	8
3. OBJETIVOS	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos específicos	9
4. MARCO TEÓRICO	9
4.1 Sistemas de producción agrícola	9
4.2 Agroecosistema cafetero	10
4.3 Matriz	10
4.4 Métricas del paisaje	11
4.5 Migración	12
4.6 Aves migratorias en Colombia	12
4.7 Tipos de migración	13
4.8. Grupo trófico	14
5. ANTECEDENTES	14
6. METODOLOGÍA	17
6.1 Área de estudio	17
6.2 Caracterización de los sistemas cafeteros como elementos del paisaje	18
6.3 Determinación de la estructura de la comunidad de aves migratorias.	19
6.4 Caracterización de los elementos del paisaje	19
6.5 Análisis de datos	20
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
7.1 Caracterización de los sistemas cafeteros en policultivo y monocultivo sombreado	20
7.2 Estructura de la comunidad de aves migratorias asociadas a sistemas cafeteros	23
7.3. Caracterización de los diferentes elementos del paisaje cafetero y la asociación entre las métricas del paisaje y las aves migratorias.	34
8. CONCLUSIONES	42
9. RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS	55

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de la vegetación.	23
Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia para las especies de aves migratorias.	25
Tabla 3. Modelos Lineales Generalizados (MLG) elaborados para las especies de aves migratorias.	27
Tabla 4. Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM) de la comunidad de aves residentes y migratorias.	30
Tabla 5. Cobertura y usos del suelo.	38
Tabla 6. Métricas de los sistemas cafeteros.	39
Tabla 7. Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM) de especies migratorias.	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las seis fincas muestreadas.	18
Figura 2. Perfil de vegetación Finca La Esperanza (P2).	24
Figura 3. Perfil de vegetación Finca La Casa en el Aire (MS3).	24
Figura 4. Curva de acumulación de aves migratorias.	25
Figura 5. Avifauna migratoria con abundancias relativas significativamente diferentes.	30
Figura 6. Comparación del grado de similitud de especies de aves migratorias.	30
Figura 7. Comunidad de aves residentes y migratorias.	32
Figura 8. Comunidad de aves residentes y migratorias por grupo trófico.	34
Figura 9. Coberturas y usos del suelo.	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Perfil de vegetación Finca Villa Salomé (P1).	55
Anexo 2. Perfil de vegetación Finca La Cuchilla (P3).	55
Anexo 3. Perfil de vegetación Finca Villa Selena 1 (MS1).	56
Anexo 4. Perfil de vegetación Finca Villa Selena 2 (MS2).	56
Anexo 5. Especies de aves residentes por tipo de sistema y grupo trófico.	57
Anexo 6. Fotografías de aves migratorias neárticas-neotropicales.	59

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por la gracia de haber estudiado Biología; a mi familia por su apoyo incondicional, especialmente a mis padres Cielo Sánchez Chagüendo y Oswaldo Betancouth Zuñiga, y hermanos Julián, Carmen Lucía y Juan Camilo por su cariño y por cada uno de los consejos que me brindaron en todo el proceso que viví durante la carrera.

Agradezco a la Universidad del Cauca por la posibilidad de estudiar mi carrera, y a cada uno de los docentes que brindaron su conocimiento para formarme como profesional; especialmente a la profesora María Cristina Gallego Roperio por todo su apoyo y paciencia en dirigir mi trabajo de grado, y por permitirme hacer parte del Semillero en Diversidad Funcional y Servicios Ecosistémicos.

Así mismo, quiero agradecer de manera especial a mi director de trabajo de grado, el biólogo Cristian Camilo Vidal Maldonado, por todo el apoyo, la paciencia y por contribuir en mis conocimientos en campos como la ecología y ornitología.

También, agradezco a mi compañera Daniela Vivas Mosquera y a su familia por el apoyo que me brindaron durante el trabajo de campo, realizado en el corregimiento de Pescador donde residen; así mismo, agradecer a los propietarios de cada una de las fincas donde se llevaron a cabo los muestreos, por su buena disposición y amabilidad.

Finalmente, doy las gracias a mis compañeros del programa de Biología Natalia Pérez Lobato, Rocío del Pilar Betancourt, Valentina Sánchez, Camilo Alegría, Gabriel Loaiza, Yesid Medina, y demás personas que con su ayuda y buena voluntad hicieron posible este trabajo.

RESUMEN

En el contexto de la ecología funcional, las especies de aves desempeñan diferentes roles que contribuyen al equilibrio de las dinámicas del paisaje, por lo que los agroecosistemas y en particular, los sistemas cafeteros, se han convertido en ambientes con condiciones usualmente favorables para el albergue parcial o permanente de la avifauna. Con el objetivo de establecer la relación entre la configuración espacial de un paisaje cafetero heterogéneo y la estructura de la comunidad de aves migratorias, se caracterizó la avifauna asociada a dos sistemas de producción de café con diferente manejo de sombra (policultivo y monocultivo sombreado) en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldo, departamento del Cauca. Así, los cafetales en policultivo se caracterizaron por presentar una mayor complejidad de la estructura vegetal, mientras que los monocultivos sombreados presentaron una reducción en los estratos de la vegetación. Los muestreos se realizaron cada mes durante seis meses, en seis fincas entre septiembre de 2018 y agosto de 2019, utilizando 12 redes de niebla y seis puntos de conteo (censos). Además, la avifauna reportada se diferenció en grupos tróficos, se caracterizaron algunos elementos de la matriz cafetera, empleando imágenes satelitales y un enfoque de métricas del paisaje (área total, borde total y forma). En total se identificaron 14 especies de aves migratorias en policultivo (63 registros) y siete especies migratorias en monocultivo sombreados (29 registros). Las especies que presentaron una mayor abundancia en policultivo fueron *Mniotilta varia* (10 registros) y *Setophaga fusca* (23 registros), y en monocultivo sombreado fue *Setophaga petechia* (16 registros). El grupo trófico insectívoro fue el que mostró una mayor abundancia con 48 registros. De acuerdo con las asociaciones cuantitativas establecidas entre las métricas del paisaje, fincas cafeteras y aves migratorias, se evidenció que los cafetales, principalmente policultivos, que presentaron una disminución en la métrica de borde y tuvieron una forma ovalada-alargada, registraron la mayor riqueza y abundancia de aves. En conclusión, los sistemas cafeteros en policultivo con una mayor complejidad estructural, forma alargada y menor borde, inmersos en una matriz heterogénea, representaron un mayor número de aves migratorias, respecto a los monocultivos sombreados.

Palabras clave: avifauna, policultivos de café, monocultivos de café, paisaje.

1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales han sido transformados o reducidos por intensificación de la agricultura, ganadería, minería, cultivo de uso ilícito, entre otros, generando pérdida de hábitat, fragmentación de los paisajes, degradación del suelo, y a su vez, una disminución de la biodiversidad (Andrade y Castro, 2012; Ruiz *et al.*, 2013; Clemente-Orta y Álvarez, 2019); sin embargo, sistemas productivos como los cultivos de café bajo sombra y los monocultivos sombreados, suelen representar hábitats permanentes o temporales para la avifauna residente y migratoria (Rojas *et al.*, 2012). Por un lado, los monocultivos sombreados se caracterizan por una simplificación de la estructura vegetal, disminución de la riqueza y abundancia de las especies de fauna y por ende, de los servicios ecosistémicos, mientras que los policultivos suelen ser más amigables con el entorno y contribuyen a mantener una mayor biodiversidad (Rojas *et al.*, 2012; Castillo y Calderón, 2017). En Colombia, los sistemas cafeteros bajo sombra han sido catalogados como zonas de alta diversidad, debido a que los cultivos no están aislados de la vegetación natural y pueden albergar temporalmente varias especies de aves migratorias transcontinentales, las cuales tienden a presentar un alto nivel de tolerancia a la perturbación de hábitats (Cerezo *et al.*, 2009; Henao-Isaza *et al.*, 2014).

Los elementos de un paisaje cafetero, así como la configuración o disposición espacial de las diferentes coberturas vegetales, favorecen una alta heterogeneidad y por lo tanto, una elevada biodiversidad (Botero *et al.*, 2014). En contraste, el deterioro y transformación de los diferentes hábitats que conforman la matriz cafetera a causa de las actividades antropogénicas, generalmente simplifican la estructura vertical de vegetación y la composición de la biota (Boesing *et al.*, 2018; Galán-Acedo *et al.*, 2019). A partir de lo anterior, se ha sugerido que matrices heterogéneas de alta calidad, constituyen una estrategia importante para conservar la vida silvestre en paisajes fragmentados (Ruffell *et al.*, 2016; Sánchez-Clavijo *et al.*, 2019; Céspedes *et al.*, 2021), debido a que la conectividad a través de la matriz, facilita el desplazamiento de las especies de aves migratorias transcontinentales y residentes (Boesing *et al.*, 2018).

En este sentido, las aves migratorias neárticas-neotropicales representan uno de los grupos de organismos favorecido por las matrices de vegetación heterogénea de alta calidad, debido a la necesidad que tienen las aves migratorias de encontrar recursos durante los viajes anuales de larga distancia, desde sus sitios de reproducción en Norteamérica hasta Suramérica (Naranjo *et al.*, 2012); particularmente, la ubicación geográfica de Colombia representa un sitio de paso importante para los desplazamientos de estas aves migratorias, pues alcanza una complejidad geomorfológica, representada por los valles interandinos, las tres cordilleras, los llanos y las costas, los cuales ofrecen una gran variedad de recursos que son de utilidad para estas aves durante ocho meses (Resnatur *et al.*, 2004; Gómez *et al.*, 2011; Acevedo-Charry *et al.*, 2013). Este estudio tuvo como objetivo principal establecer la relación entre la configuración espacial de un

paisaje cafetero heterogéneo y la estructura de la comunidad de aves migratorias en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, departamento del Cauca.

2. JUSTIFICACIÓN

El sistema productivo cafetero desempeña un papel importante en los sectores social, económico, cultural y ecológico de Colombia (Macip-Ríos y Casas-Andreu, 2008; Rojas *et al.*, 2012), y presenta diversas formas de manejo del sombrero (Rojas *et al.*, 2012), entre las que se encuentran los policultivos y monocultivos sombreados de café. Los policultivos presentan una complejidad estructural en su cobertura vegetal, que incluye diferentes estratos y albergan una alta biodiversidad; en contraste, los monocultivos sombreados de café, presentan una reducción de la cobertura vegetal, simplificación ecológica, y disminución de la diversidad de especies (Henao-Isaza *et al.*, 2014; Díaz-Kloch *et al.*, 2016).

Al considerar la relación entre la biodiversidad y las dinámicas ecosistémicas, la configuración del paisaje suele representar un factor determinante para las comunidades biológicas y sus funciones (Boesing *et al.*, 2018), debido a que su transformación por actividades antropogénicas como la intensificación agrícola (Marín *et al.*, 2008), ha generado fragmentación del paisaje y reducción del hábitat para varios grupos de vertebrados (Botero *et al.*, 2014). De esta manera, las especies de aves que se encuentran en paisajes fragmentados varían en relación con la oferta de recursos como perchas, refugio, alimento, nidificación, cópula, entre otros (Boesing *et al.*, 2018; Hurtado-Giraldo *et al.*, 2016; Prevedello y Vieira, 2010). Así mismo, la configuración espacial puede tener un impacto en la conectividad y el movimiento de la fauna silvestre, tal como sucede con la avifauna migratoria que se desplaza entre parches (Herrera, 2011; Caviedes, 2012; Estrada-carmona *et al.*, 2019).

Por consiguiente, evaluar la relación entre la configuración del paisaje y las aves migratorias asociadas a los sistemas cafeteros en policultivo y monocultivo sombreado, en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, Cauca, permite resaltar la importancia de los policultivos de café con sombra diversificada como albergue temporal de aves migratorias neárticas transcontinentales.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Establecer la relación entre la configuración espacial de un paisaje cafetero heterogéneo y la estructura de la comunidad de aves migratorias.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar los sistemas cafeteros como elementos del paisaje para el albergue de la avifauna migratoria.
- ✓ Determinar la estructura de la comunidad de aves migratorias (riqueza, abundancia relativa y composición) asociadas a dos sistemas de producción cafetera.
- ✓ Caracterizar los diferentes elementos del paisaje cafetero y establecer asociaciones entre las métricas del paisaje y las aves migratorias neárticas transcontinentales.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Sistemas de producción agrícola

Un sistema de producción agrícola se puede definir como una actividad humana sobre el uso de la tierra, que genera permanentes cambios sobre los elementos bióticos y abióticos, y resulta en arreglos espaciales y cronológicos variables según el tipo de manejo (Codesido, 2010); estos cambios abarcan desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones, hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía (Foley *et al.*, 2005). Por ejemplo, la planta de café transforma CO₂, agua, minerales y energía solar en cerezas de café (Arcila *et al.*, 2007), y de acuerdo al manejo, puede presentar diferentes densidades de siembra, variedades, uso de insumos químicos, entre otros. Según Moguel y Toledo, (1999), los sistemas cafeteros se clasifican en cinco tipos:

a) Sistema tradicional rústico. Consiste en eliminar los estratos inferiores de la vegetación forestal y sembrar café bajo la sombra del dosel original; este sistema es adoptado principalmente por grupos indígenas y no requiere la aplicación de productos agroquímicos como pesticidas y herbicidas.

b) Sistema de policultivo tradicional. El café se cultiva junto con una selección de especies nativas e introducidas útiles para su funcionamiento, formando un complejo sistema de estratos vegetales.

c) Sistema de policultivo comercial. Involucra la remoción completa de los árboles originales del dosel y la introducción de un conjunto de árboles empleados como sombrío, usualmente de utilidad comercial. Las especies utilizadas como sombrío fijan nitrógeno al suelo y generalmente corresponden a plantas de leguminosas de los géneros *Inga*, *Gliricidia* y *Erythrina* (Greenberg *et al.*, 1997).

d) Sistema de monocultivo sombreado. Se caracteriza porque el dosel es sustituido por una única especie de sombra y generalmente se emplean especies arbóreas como guamo, nogal o chachafruto, entre otros (Arcila *et al.*, 2007).

e) Sistema de monocultivo sin sombra. No tiene cobertura vegetal y los cafetos están expuestos a la luz solar directa; suele requerir altos insumos de fertilizantes y pesticidas químicos.

4.2 Agroecosistema cafetero

Los agroecosistemas son sistemas artificiales producto de las actividades que el ser humano implementa para su sostenibilidad económica, social y ambiental. En el caso del agroecosistema cafetero se pueden encontrar diversos arreglos espaciales de las especies utilizadas como sombrío del café (Arcila *et al.*, 2007), entre estas figuran más de 50 especies arbóreas, incluyendo frutales y de pancoger, que favorecen una estratificación similar a las de los bosques naturales (Beer *et al.*, 1998), y por ende, propician ambientes con una alta diversidad faunística (Harvey, 2007; Rojas *et al.*, 2012). Las especies vegetales utilizadas como sombrío son aprovechadas como leña, madera, alimento para animales y el ser humano, de utilidad medicinal como fijadoras de nitrógeno y productoras de oxígeno, que en conjunto contribuyen a la reducción del calentamiento global, conservan la humedad del suelo en época de sequía, y disminuyen los efectos del déficit hídrico sobre el cultivo, beneficiando así al caficultor (Beer *et al.*, 1998; Muschler *et al.*, 2007; Castillo y Calderón, 2017).

4.3 Matriz

La matriz representa el elemento de mayor superficie en el paisaje y alberga diferentes coberturas que contribuyen a la estabilidad y dinámica del mismo (Vila *et al.*, 2006). Para identificar el elemento matriz, se debe considerar el tipo de investigación en cuestión (Gurrutxaga y Lozano, 2008); por ejemplo, en el estudio de procesos geomorfológicos, el sustrato geológico determina en gran medida el elemento matriz; en tanto que en el estudio de las poblaciones de vertebrados, la estructura de la vegetación contribuye a identificar la matriz del paisaje (McGarigal, 2015).

Por su parte, los modelos estructurales del paisaje donde estudiaban la fragmentación de los hábitats, determinaban a la matriz como un elemento adverso; sin embargo, estos modelos evolucionaron al incluir la idea de la heterogeneidad de la matriz y la influencia que tiene en la conectividad ecológica entre los fragmentos (Gurrutxaga y Lozano, 2008; Ricketts, 2001), se le dio una determinada importancia a la calidad de la matriz en estructura y composición (Herrera, 2011; Boesing *et al.*, 2018). En este sentido, las diferentes especies que se encuentran en el paisaje pueden beneficiarse de los recursos suplementarios que les ofrece la matriz, como por ejemplo, un hábitat temporal o permanente, alimento, percha, entre otros (Dunning *et al.*, 1992); sumado a lo anterior, la capacidad que tienen los organismos de desplazarse entre los elementos del paisaje depende de la homogeneidad o heterogeneidad de la matriz (Franklin y Lindenmayer, 2009), tal como sucede con las diferentes especies de aves

migratorias transcontinentales que se desplazan entre parches inmersos en matrices de distinta calidad (Herrera, 2011).

4.4 Métricas del paisaje

En el campo de la ecología del paisaje, las métricas se agrupan en índices de paisaje, los cuales aportan información cuantitativa sobre la composición, configuración, proporción y forma de los diferentes usos del suelo, lo que favorece una comparación entre configuraciones paisajísticas o de la misma área en distintos momentos (McGarigal, 2015; Vila *et al.*, 2006). Las métricas del paisaje se emplean a tres niveles según el tipo de elemento (Vila *et al.*, 2006):

Parche. Los cálculos se aplican por fragmento individual y a fin de determinar aquel de mayor superficie.

Clase. Representa el nivel apropiado para calcular la superficie de una determinada cobertura del suelo, a partir de los diferentes parches que la componen.

Paisaje. Los cálculos se aplican a todos los fragmentos y clases a la vez; el resultado informa el grado de heterogeneidad o de homogeneidad del área cuantificada. Según el tipo de paisaje, es posible diferenciar las siguientes métricas (McGarigal, 2015; Vila *et al.*, 2006):

Métrica de área: Se basa en las características de dimensión (ancho y largo) de cada uno de los fragmentos que componen el área de estudio. Esta información se puede obtener para los tres niveles del paisaje (parche, clase y paisaje), y es útil en el contexto ecológico, debido a que la riqueza de especies de aves suele estar correlacionada con el tamaño del parche (Pretelli *et al.*, 2018). De esta manera se puede conocer una aproximación general del paisaje, calculando índices de área total del fragmento, área total de una clase, área total del paisaje, tamaño medio del parche y desviación estándar del tamaño del parche.

Métrica de borde: Representa el perímetro de un determinado parche y su medición es importante para evaluar diferentes fenómenos ecológicos, (Laurance *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2013), como por ejemplo, los efectos de borde en función de la intensidad y calidad del viento, cantidad de luz que ingresa a un parche, alteración del microclima y tasas de perturbación, entre otros (Chen y Franklin, 1990). En relación con la biodiversidad, el efecto de borde debería centrarse en un grupo de organismos, ya que algunas especies de animales y vegetales se ven favorecidas por los bordes y otras no (Pfeifer *et al.*, 2017).

Métrica de forma: Está representada por la relación entre área y perímetro de los diferentes parches; sin embargo, el índice de forma (SHAPE) también mide la complejidad del parche, respecto a una forma estándar (cuadrado) del mismo tamaño. Se ha demostrado que la métrica de forma contribuye a la medición de los procesos ecológicos que ocurren entre parches, como la migración de pequeños mamíferos (Buechner, 1989) y en los movimientos de escarabajos (Collinge y Palmer, 2002). En esta categoría se incluyen índices de relación perímetro-área y dimensión fractal.

4.5 Migración

La migración es un fenómeno conspicuo usualmente común en la naturaleza, que ha llamado la atención de diferentes investigadores a nivel global (Ocampo-Peñuela, 2010). Se define como un desplazamiento que realizan los animales desde su sitio de reproducción a un sitio no reproductivo y viceversa (Webster *et al.*, 2002). Gran parte de estos desplazamientos se inician en respuesta a un estímulo ambiental como la variación en la oferta de alimento, pareja sexual, refugios temporales o permanentes, o para escapar de los depredadores; generalmente termina cuando el estímulo deja de presentarse (Naranjo y Amaya, 2009). La migración es parte del comportamiento instintivo de una especie, por ejemplo, las aves saben cuándo deben iniciar un viaje, en qué dirección y durante cuánto tiempo (Resnatur *et al.*, 2004; Naranjo *et al.*, 2012).

La migración se fundamenta en cinco condiciones (Dingle y Drake, 2007; Naranjo y Amaya, 2009; Ocampo-Peñuela, 2010; Naranjo *et al.*, 2012): 1. Los animales como las aves migratorias neárticas presentan movimientos persistentes que tienen una duración de días, semanas o incluso meses, a diferencia de los desplazamientos cotidianos, los cuales tardan unas cuantas horas. 2. Representa un movimiento directo entre un punto de partida y uno de llegada, distinto a los recorridos habituales los cuales cambian frecuentemente de dirección e incluso, involucran retrocesos durante una misma secuencia. 3. Los animales se caracterizan por suprimir o inhibir respuestas a estímulos, debido a que durante su viaje migratorio, el organismo suspende una serie de comportamientos, a pesar de encontrarse en condiciones ideales (especies que hacen viajes cíclicos regulares con regreso a sus áreas de reproducción). 4. Desarrollan patrones de comportamiento particulares y poco comunes previos a sus desplazamientos, como por ejemplo, un estado de alteración en el que se mueven continuamente de un lado a otro. 5. Reservan energía para soportar los desplazamientos de amplias distancias, siendo una característica que demuestra la complejidad de los ajustes fisiológicos, anatómicos y conductuales que realizan los animales migratorios para lograr sobrevivir a las cambiantes condiciones medioambientales que se presentan en sus hábitats.

4.6 Aves migratorias en Colombia

Las aves neárticas-neotropicales que realizan movimientos migratorios latitudinales, es decir, que migran desde sus sitios de reproducción en Norteamérica hasta los sitios de invernada en Suramérica, lo hacen a través de tres rutas de migración: el corredor del Atlántico, el corredor Central o del Golfo de México y el corredor del Pacífico o rutas centroamericanas (Resnatur *et al.*, 2004; Ruiz-Guerra, 2014). El corredor del Atlántico es utilizado por las comunidades de aves playeras y algunas reinitas (Parulidae), que se desplazan a las áreas de invernada en Suramérica, a través de la costa este de Norteamérica. El corredor Central acoge comunidades, en su mayoría, patos migratorios que inician su viaje desde el Ártico, hacia Centro y Suramérica. Por último, el corredor del Pacífico es

utilizado por poblaciones de aves playeras, águilas migratorias y una gran variedad de Passeriformes. Dichas aves bordean la costa del Pacífico americano hacia el sur, y llegan a Colombia por varias rutas Centroamericanas que desembocan en el norte del Chocó, siendo las Passeriformes un grupo de aves en particular que atraviesan las selvas del Darién (Resnatur *et al.*, 2004; Fierro, 2009; Bayly *et al.*, 2012; Ruiz-Guerra, 2014); en este sentido, Colombia por su ubicación geográfica, es un lugar estratégico para las aves migratorias neárticas-neotropicales (Ocampo-Peñuela, 2010).

En Colombia se han registrado 124 especies que viajan desde Norteamérica, 15 que llegan del sur de Sudamérica y 18 que incluyen poblaciones residentes y migratorias que llegan desde Norte y Sudamérica (Asociación Colombiana de Ornitología, 2020). De este total, 62 especies han sido registradas en sistemas cafeteros (Díaz-Bohórquez *et al.*, 2014). En el caso de las aves migratorias que llegan al país, las familias con mayor número de especies son del orden Passeriformes: Tyrannidae, Vireonidae, Hirundinidae, Turdidae, Parulidae y Cardinalidae (Naranjo y Amaya, 2009), las cuales se caracterizan por presentar hábitos diurnos, pero realizan sus migraciones, principalmente, durante la noche (Fierro, 2009). Este comportamiento de desplazamiento nocturno es favorable para las aves, debido a que las hace menos vulnerables a los ataques de los depredadores y les brinda la posibilidad de buscar su alimento durante el día, como lo hacen regularmente en sus zonas de origen. Así mismo, las bajas temperaturas nocturnas son propicias para disminuir una deshidratación (Resnatur *et al.*, 2004).

4.7 Tipos de migración

Según Naranjo y Amaya (2009), para las aves se reconocen tres tipos de migración, de acuerdo a la cobertura geográfica de los desplazamientos:

a) Migración altitudinal. Representa un desplazamiento entre dos elevaciones dentro de una misma región, generalmente, en respuesta a la disponibilidad estacional de recursos.

b) Migración local. Representa desplazamiento dentro de un cinturón latitudinal en respuesta a la disponibilidad de hábitat o a la presencia de recursos en sitios específicos.

c) Migración latitudinal. Ocurre entre continentes o en un cambio de latitud significativo; usualmente, se presenta cada año con especies que se reproducen en latitudes templadas de Norteamérica y de Suramérica, por lo que estas aves permanecen en un país durante varios meses antes de emprender el regreso a sus sitios de nidación. En Colombia este grupo de aves permanece entre septiembre y abril de cada año.

4.8. Grupo trófico

El concepto de grupo trófico se puede explicar a partir de los denominados grupos funcionales, los cuales se caracterizan por presentar un conjunto de especies que poseen condiciones morfológicas, fisiológicas, conductuales o de historia de vida semejantes y que desempeñan funciones ecológicas similares (Chapin III *et al.*, 1998; Martínez, 2008). A su vez, es importante tener en cuenta que el término “gremio” fue propuesto formalmente por Root (1967), para hacer referencia al conjunto de especies que utilizan de manera similar un mismo recurso del ambiente (Whittam y Siegel-Causey, 1981; Gorman, 1988; Simberloff y Dayan, 1991; Lopez de Casenave, 2001; Villabona y Giraldo, 2018).

Para las aves se han identificado diferentes grupos tróficos: Insectívoro, frugívoro, nectarívoro, granívoro, carnívoro y folívoro (Billerman *et al.*, 2020). Es importante resaltar que la identificación y el análisis de estos grupos ha sido fundamental para comprender los procesos que determinan la estructura y organización de las comunidades (González-Salazar *et al.*, 2014).

5. ANTECEDENTES

A nivel global se han realizado múltiples estudios para evaluar la composición de las comunidades de aves en agroecosistemas. Por ejemplo, Bakermans *et al.* (2009) en los Andes venezolanos evaluaron la composición de aves migratorias en bosques y en plantaciones de café con sombrío, y encontraron 325 registros de 17 especies en sistemas cafeteros y 114 registros de 15 especies en bosques. Por su parte, las especies que presentaron un mayor número de registros en los cafetales fueron: *Setophaga ruticilla* con 99, *Setophaga cerúlea* con 63, *Leiothlypis peregrina* con 48 y *Setophaga fusca* con 43. Martínez-Salinas y DeClerck (2010), evaluaron las aves residentes y migratorias neárticas transcontinentales en diferentes usos del suelo ubicados en el centro CATIE, Provincia de Cartago en Costa Rica, y obtuvieron un total de 1615 registros de 121 especies, de las que el 21% (25 spp.) fueron migratorias; para el caso de los cultivos de café, se reportaron 792 registros (49%), y en conjunto con el cacao, aportaron el 81% (21 spp.) de las especies migratorias.

Wilcoxon *et al.* (2018), evaluaron el impacto de cultivos de maíz y de soya con sombrío y sin sombrío sobre las especies de aves migratorias y residentes en Illinois, Estados Unidos. Por medio de transectos de búsqueda libre, registraron 6133 individuos de 52 especies, de las cuales cuatro fueron migratorias; los resultados indicaron que el número de aves fue mayor en los cultivos de maíz (44 spp.) y soya (34 spp.) con sombrío, mientras que los cultivos sin sombrío, tuvieron una menor riqueza con 28 especies en maíz y 23 especies en soya; dos de las especies migratorias fueron reportadas en soya sin sombrío y las otras dos en maíz con sombra.

En Colombia también se ha estudiado la diversidad de aves en diferentes sistemas productivos. Por ejemplo, Lentijo y Botero (2013) caracterizaron la

avifauna presente en 80 fincas cafeteras en los Municipios de Manizales y Palestina del departamento de Caldas. En total registraron 100 especies de aves, 89 residentes y 11 migratorias. En los dos Municipios estuvieron presentes 68 especies. De acuerdo con las 11 especies migratorias, nueve fueron observadas en Manizales y ocho en Palestina. Lentijo *et al.* (2014), caracterizaron la avifauna en tres Estaciones Experimentales del Centro Nacional de Investigaciones de Cenicafé en Caldas, Risaralda y Tolima, y registraron 172 especies de aves de las cuales 17 fueron migratorias boreales, 155 residentes y tres bajo amenaza de extinción.

Díaz-Bohórquez *et al.* (2014) determinaron por medio de literatura y bases de datos el número de especies de aves registradas en sistemas productivos de Colombia y Latinoamérica. Encontraron 110 publicaciones relacionadas a aves en agroecosistemas de Latinoamérica y 24 publicaciones con información para Colombia; además, señalaron que el 87% han sido registradas en agroecosistemas (128 especies son exclusivamente migratorias y 20 son especies con poblaciones migratorias y residentes); de este total, el 42% (62 especies) fueron reportadas en sistemas cafeteros. Hurtado-Giraldo *et al.* (2016) estimaron la dieta de aves migratorias presentes en la Reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca, un lugar donde realizan un manejo agroecológico para la producción de ganado y del cultivo de caña de azúcar. Registraron nueve especies de aves migratorias, cuatro especies se asociaron a bosque y caña agroecológica, tres al sistema silvopastoril, dos a caña convencional y una especie a frutales.

Por otro lado, estudios de las aves migratorias en zonas urbanas con vegetación asociada realizados por Caicedo-Argüelles y Cruz-Bernate (2014), determinaron y cuantificaron las actividades diarias que realizaron las aves migratorias *Setophaga petechia* y *Piranga rubra*, y evaluaron el uso del hábitat que les ofreció el campus de la Universidad del Valle. Por medio de recorridos de observación registraron que la actividad de “alimentación” fue la de mayor frecuencia para ambas especies; *S. petechia* usó principalmente “recoger” como maniobra de obtención de alimento, y *P. rubra* empleó “recoger volando” y “capturar en vuelo”. El intervalo de altura más utilizado fue 4–6 m, y los sustratos más usados fueron “ramita”, “hojas, flores y frutos” y “rama secundaria”.

Ardila-Téllez y Cruz-Bernate (2014) determinaron aspectos ecológicos de la migración de aves neárticas en el campus de la Universidad del Valle. Los autores registraron 13 especies de aves migratorias con 148 registros: *Setophaga petechia* con 67 registros (51 observaciones y 16 capturas) y *Piranga rubra* con 34 observaciones y ocho capturas. Las tres especies con mayor tiempo de permanencia en el campus fueron: *S. petechia*, *P. rubra* y *Contopus virens*; en contraste, *Coccyzus americanus*, *Mniotilta varia*, *Catharus ustulatus*, *Parkesia noveboracensis*, *Protonotaria citrea* y *Setophaga fusca* se observaron una sola vez durante todo el estudio. Adicionalmente, reportaron interacciones entre aves migratorias y residentes, así, registraron dos casos de exclusión de una especie residente hacia migratorias en la altura de forrajeo, entre las migratorias *S. petechia*, *P. rubra* y la residente *Thraupis episcopus*. En cuanto a los patrones de llegada a los territorios de invernada entre hembras y machos, las hembras e

inmaduros de *S. petechia* fueron los primeros en llegar y también los primeros en partir, por su parte, los machos llegaron y partieron de regreso un mes después que el resto de los individuos.

A nivel global, se encontró un estudio acerca de la relación entre la matriz y la avifauna. Pretelli *et al.* (2018) registraron aves especialistas y oportunistas en parches pequeños y grandes de *Cortaderia selloana* (hierba de las Pampas), inmersos en matrices agrícolas, forestales, urbanas, de dunas y en las reservas naturales de la Biosfera Costera Lagoon Mar Chiquita y Faro Querandí en la región Pampeana de Argentina. Obtuvieron que la abundancia y riqueza de aves especialistas fue menor en parches pequeños que en parches grandes. Respecto a los pastizales sin fragmentar, los autores mencionaron que estos hábitats son claves para las aves especialistas durante la estación reproductiva. Por su parte, las aves oportunistas mostraron una mayor abundancia y riqueza en los parches que se encuentran inmersos en las diferentes matrices. Concluyeron que la relación especies-área para aves especialistas y oportunistas de los pastizales de la Pampa dependió de la matriz del paisaje circundante.

Además, también se han realizado diversos estudios de la relación entre la matriz y diferentes grupos faunísticos. Por ejemplo, Collinge y Palmer (2002) analizaron los efectos de la forma del parche y el contraste de la matriz en el movimiento de escarabajos, en un hábitat de pastizales nativos en Jepson Prairie, condado de Solano, California, Estados Unidos. En 1998 realizaron un experimento de campo que consistió en dividir una parcela completa en parches con forma cuadrada y rectangular, y con césped cortado a dos alturas diferentes. Los resultados indicaron que la movilidad de los escarabajos fue favorecida por los parches rectangulares y rodeados por una matriz de bajo contraste, respecto a parches con forma cuadrada o rodeados por una matriz de alto contraste.

Arce-Peña *et al.* (2019) evaluaron la estructura del paisaje y el cambio de abundancia de cuatro especies de roedores (*Heteromys desmarestianus*, *Oryzomys* sp., *Sigmodon toltecus*, *Peromyscus mexicanus*) en la región de la selva tropical Lacandona en el estado de Chiapas, México. Obtuvieron que los registros de *Heteromys desmarestianus* aumentaron con el tiempo en parches que presentaban una matriz con mayor contraste. En cuanto a *Oryzomys* sp., su abundancia aumentó a medida que los parches presentaban menor densidad de borde. *Sigmodon toltecus* permaneció estable a lo largo del tiempo y la abundancia de *Peromyscus mexicanus* disminuyó a medida que los parches presentaban una menor densidad de borde y una matriz con mayor contraste.

En Colombia se han efectuado algunos estudios para analizar las métricas del paisaje. Por ejemplo, Marín *et al.* (2008), en la cuenca alta del Rio San Juan, en los Andes colombianos caracterizaron el paisaje cafetero analizando imágenes satelitales para determinar el grado de conectividad estructural de los fragmentos de bosque por medio del software FRAGSTATS 3.3 y la extensión Patch Analyst. A partir de la clasificación de coberturas identificaron 8 categorías: bosque nativo, café sin sombra, café con sombra, rastrojos, pastos, nubes, sombras de nube e infraestructura. En general, el paisaje presentó una alta heterogeneidad, debido a que estuvo compuesto por 849 parches. Las coberturas con mayor número de

parques correspondieron a rastrojos (251) y bosques (214), mientras que el número más bajo lo presentó la infraestructura (30). También, observaron que existió una mayor conectividad entre las coberturas de bosque y café bajo sombra, que entre coberturas naturales de bosque y rastrojos.

6. METODOLOGÍA

6.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en las veredas La Llanada, Campiña y Pescador del corregimiento de Pescador, Municipio de Caldoño, departamento del Cauca, (2°49'30"N - 76°30'00"W) en dos sistemas productivos cafeteros: policultivos de café con sombra diversificada y monocultivos sombreados. En total se seleccionaron seis fincas, tres fincas en policultivo: Villa Salomé (P1), La Esperanza (P2) y La Cuchilla (P3) y tres en monocultivo sombreado: Villa Selena 1 (MS1), Villa Selena 2 (MS2) y La Casa en el Aire (MS3) (Figura 1). Las fincas de policultivo tuvieron áreas entre 0.45 a 0.82 hectáreas y se caracterizaron por poseer una vegetación de árboles y arbustos representados por 24 y 33 individuos. Así mismo, las fincas de monocultivo sombreado presentaron áreas entre 0.79 a 2.68 hectáreas y tuvieron entre seis y 17 individuos. El área de estudio se localizó entre 1400 y 1600 m.s.n.m. con pendientes entre 3% - 30%, temperatura anual promedio entre 18 y 30°C, precipitación media anual entre 2000 y 2016 mm y humedad relativa entre 80-85% (CRC, 2009). Según el sistema de clasificación de Holdridge la zona de vida se clasifica como bosque húmedo premontano (Bh-PM) (CRC, 2009).

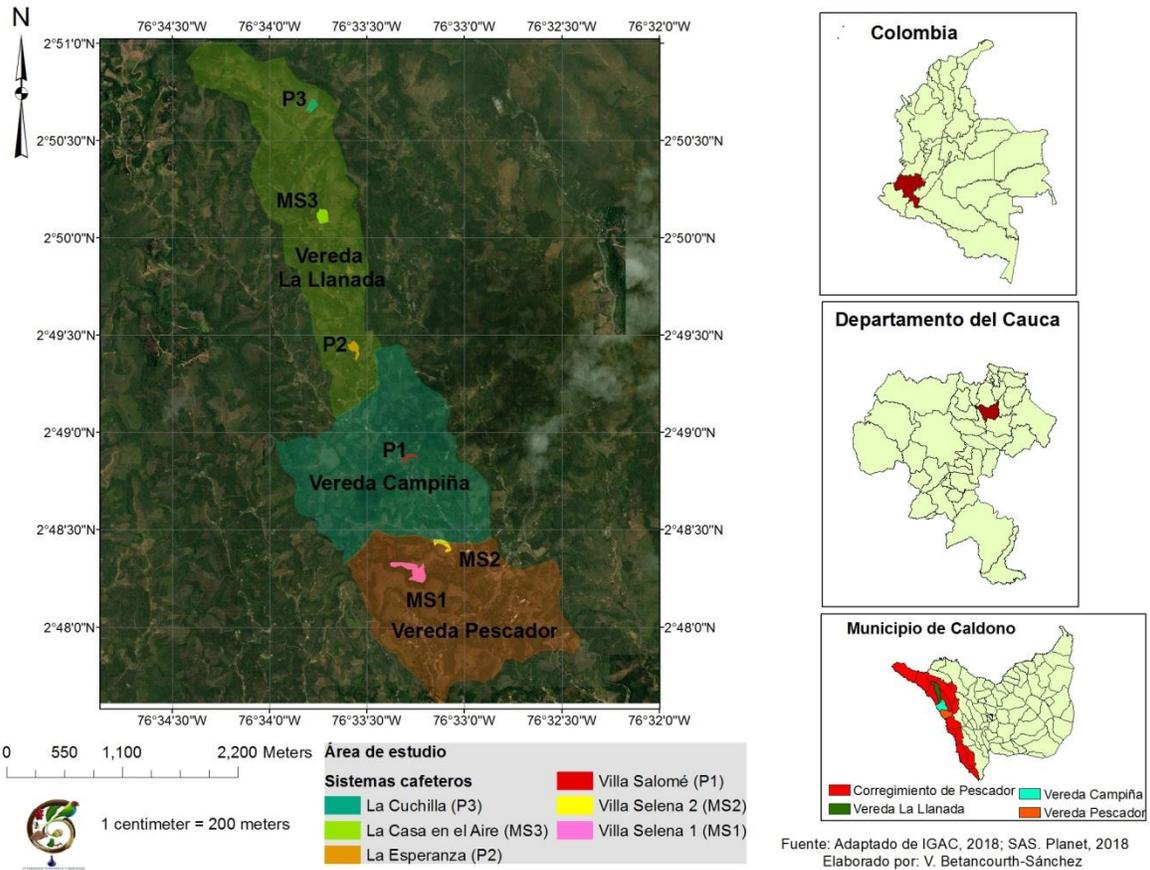


Figura 1. Localización de las seis fincas muestreadas en las veredas la Campiña, La Llanada y Pescador, Caldono, Cauca.

6.2 Caracterización de los sistemas cafeteros como elementos del paisaje

Para caracterizar los sistemas cafeteros como lugares de albergue de la avifauna, se establecieron tres parcelas aleatorias de 50 x 20 m por finca, en las que se registró la altura de los árboles; las especies arbóreas se identificaron con la ayuda de botánicos, propietarios de las fincas, consultando las bases de datos del sistema de información botánica del Jardín de Missouri (Tropicos.org, 2021), y el catálogo de plantas y líquenes de la Universidad Nacional (Bernal *et al.*, 2019). También, se realizó una estratificación vertical donde los individuos registrados se diferenciaron en tres estratos: arbustivo (1.5-5 m), subarbóreo (5-12 m) y arbóreo (12-25 m), según la altura de cada individuo registrado; es importante aclarar que algunos individuos se encontraban en estado de crecimiento, por esta razón, algunas especies hacen parte del estrato arbustivo o subarbóreo. Posteriormente, se elaboraron perfiles de vegetación por unidad de muestreo en el programa Adobe Photoshop CS6 (Villarreal *et al.*, 2004; Pacheco-Riaño, 2015).

6.3 Determinación de la estructura de la comunidad de aves migratorias.

Para determinar la estructura de la comunidad de aves migratorias (riqueza, abundancia relativa y composición) asociada a los sistemas de producción cafetera de policultivo y monocultivo sombreado, se realizaron capturas utilizando redes niebla y puntos de conteo (Ralph *et al.*, 1996). El estudio se llevó a cabo entre septiembre y noviembre de 2018, y febrero, julio, agosto de 2019, y por cada mes, se realizaron 12 días de muestreo consecutivos; en los primeros seis días se efectuaron las capturas con redes de niebla y en los seis días restantes, se empleó el método de puntos de conteo.

Se utilizaron 12 redes de niebla de 12 m de longitud x 2,5 m de alto y ojo de malla de 16 mm, las cuales se abrieron entre las 6:00 y 11:00 h durante seis días consecutivos, empleando un día de muestreo por finca. Todos los individuos capturados fueron anillados, exceptuando los colibríes y para cada captura, se registró el color del anillo, código y ubicación del anillo (pata izquierda o derecha), fecha, hora y número de red de captura. Los individuos atrapados fueron fotografiados y liberados en cercanías al lugar de captura (Villarreal *et al.*, 2004). Respecto a los censos, en cada una de las seis fincas elegidas se ubicaron tres puntos de conteo espaciados cada 100 m. Cada punto de conteo tuvo un radio de observación fijo de 25 m y una duración de 15 minutos (Ralph *et al.*, 1996) y por punto, se registraron las especies de aves detectadas por observación y audición; para esto, se utilizaron binoculares Bushnell 8x42 mm y una grabadora SONY ICD PX240.

Los muestreos se llevaron a cabo entre las 6:00 y 9:30 h y se realizaron dos repeticiones cada 105 minutos, es decir, una hora con 45 minutos por punto de conteo, obteniendo información de un total de seis puntos de conteo por finca. En cada unidad de muestreo hubo dos observadores con el mismo nivel de entrenamiento y capacidad de detección de aves. Las especies de aves se identificaron utilizando las guías de campo Ayerbe (2018) y McMullan *et al.*, (2018) y se consultaron las bases de registros sonoros de Xeno-Canto (Xeno-canto Foundation, 2021), para corroborar los cantos de las aves detectadas. Posteriormente, las aves se diferenciaron en grupos tróficos: frugívoro-insectívoro e insectívoro siguiendo a Billerman *et al.*, (2020). El ordenamiento filogenético y taxonómico se realizó siguiendo a Remsen *et al.*, (2021).

6.4 Caracterización de los elementos del paisaje

Por medio de imágenes satelitales ESRI de los años 2016 y 2018 obtenidos de la plataforma SAS Planet (2020), y a través del software QGIS, versión 3.4.13 (QGIS.org, 2021) se clasificaron algunos elementos del paisaje como bosque fragmentado, mosaico de cultivos, pastos arbolados y limpios, tierras desnudas, tejido urbano y los seis cafetales de estudio elegidos. De igual forma, utilizando el software FRAGSTATS versión 3.3. (McGarigal, 2015) se calcularon las métricas

de paisaje de área total (CA), borde total (TE) y forma (SHAPE) de las seis unidades de estudio elegidas (tres policultivos y tres monocultivos sombreados).

6.5 Análisis de datos

Para evaluar la efectividad de los muestreos se construyeron curvas de acumulación de especies usando el software de acceso libre EstimateS Versión 9.1.0 empleando el estimador CHAO 1; por su parte, se evaluó el grado de similitud de especies de aves migratorias entre los seis sistemas cafeteros, mediante el índice de similitud de Jaccard con los registros obtenidos de las aves migratorias, y se elaboró un análisis cluster en el software de acceso libre Past (Villarreal *et al.*, 2004).

Para establecer la relación entre la estructura de la comunidad de aves migratorias y de aves residentes de los grupos tróficos frugívoro-insectívoro e insectívoro y los policultivos y monocultivos sombreados de café, elegidos como dos de los elementos del paisaje, se construyeron Modelos Lineales Generalizados (MLG) y Modelos Lineales Generalizados Mixtos (MLGM) con distribución binomial (presencia/ausencia), estos modelos tienen la propiedad de analizar datos no paramétricos como los encontrados en el estudio, a partir de la información obtenida en los puntos de conteo, capturas con redes de niebla, meses de muestreo y métricas cuantificadas.

Para los modelos mencionados se consideraron como variables fijas el tipo de sistema y las unidades de muestreo, mientras que, como variables aleatorias se consideraron la riqueza y abundancia relativa de la avifauna y las métricas del paisaje. Estos modelos se construyeron por medio del software de acceso libre R versión 3.2.2. (The R Foundation, 2021).

Para analizar el total de registros de aves obtenidos por medio de los puntos de conteo (seis puntos por mes por cada finca) y las capturas con redes de niebla (12 redes por mes por cada finca), se convirtió la información obtenida en redes en datos de presencia/ausencia, de forma que la cantidad de individuos capturados por especie, se reemplazó por el número de redes donde se capturaron los individuos, alcanzando así una proporción de $n/12$ y $n/6$ por especie, tanto para redes como para censos.

En cuanto a las métricas obtenidas, se realizó un proceso de estandarización para eliminar las diferentes unidades de medida y poder compararlas entre sí; este procedimiento consistió en tomar los valores individuales de cada una de las métricas y restarles la proporción entre la media del total de los valores de la métrica y la desviación estándar del total de los valores de la métrica, así:

$$\text{Procedimiento para estandarización: } z = (x - \bar{x} / \sigma)$$

X: Valor individual.

\bar{x} : media del total de los valores de la métrica.

σ : desviación estándar de los valores de la métrica.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Caracterización de los sistemas cafeteros en policultivo y monocultivo sombreado

En las parcelas de vegetación seleccionadas se registraron un total de 21 especies de plantas pertenecientes a 14 familias utilizadas como sombrío, 19 especies en policultivo y siete en los monocultivos sombreados. Las familias con mayor número de registros fueron Fabaceae, Lauraceae, Anacardiaceae y Rutaceae y las especies que presentaron una mayor abundancia fueron *Inga densiflora* con 44 individuos y *Persea americana* con 27 individuos (Tabla 1). En las unidades de estudio se registraron especies como *I. edulis* con cuatro individuos, *Citrus reticulata* con ocho individuos, *Citrus limon* (L.) con cuatro individuos, *Citrus aurantium* L. con tres individuos, *Mangifera indica* con 11 individuos, *Persea caerulea*, *Jacaranda caucana* y *Sapindus saponaria*, representadas cada una por un individuo. Estas especies son usualmente empleadas en cafetales por los diferentes bienes y servicios ecosistémicos que suelen ofertar, entre ellos, frutos, semillas, néctar, sitios de percha, usos medicinales, protección para los suelos, fijación de nitrógeno, madera, entre otros (Sánchez *et al.*, 2011; Castillo y Calderón, 2017; Galvis y Torres, 2017; Manrique-Valderrama *et al.*, 2018).

La finca La Esperanza (P2) presentó el mayor número de especies y de individuos (15 especies y 43 individuos) con alturas entre 6 y 18 m. Las especies identificadas fueron *Inga edulis*, *P. americana*, *M. indica*, *Citrus* spp., *Handroanthus chrysanthus*, *J. caucana*, *Cecropia peltata* y *Pachira aquatica*, mientras que la finca La Casa en el Aire (MS3), presentó el menor número de especies e individuos con *Inga densiflora*, *Erythrina cf poeppigiana* y *P. americana*, con alturas entre 2.80 y 5 m (Tabla 1). Estudios realizados en sistemas cafeteros muestran que los cafetales con sombrío diverso proporcionan algunos recursos similares a los hábitats naturales para la biodiversidad (Macip-Ríos y Casas-Andreu, 2008), de ahí la importancia de establecer sistemas cafeteros con sombra asociada para la conservación de la biota; no obstante, es ideal que estos elementos contribuyan a la conectividad entre fragmentos o remanentes de bosques, sin reemplazar los fragmentos de vegetación natural (Botero *et al.*, 2014; Vega-Rivera *et al.*, 2003).

Con respecto a la estratificación vertical, los cafetales presentaron entre dos y tres estratos de vegetación: arbustivo, subarbóreo y arbóreo. En el perfil de vegetación de la parcela uno de la finca La Esperanza (P2), el estrato arbustivo estuvo representado por individuos de Lauraceae, Rutaceae, Anacardiaceae y Caricaceae (55%), el estrato subarbóreo presentó un 35% de los individuos Lauraceae, Bignoniaceae, Rutaceae, Moraceae y Malvaceae y el estrato arbóreo agrupó un 10% de los individuos de la familia Bignoniaceae (Figura 2). Así mismo, en el perfil de vegetación de la parcela dos de la finca La Casa en el Aire (MS3), se identificó sólo el estrato arbustivo, representado por un 100% de Fabaceae y Lauraceae (Figura 3).

Con base a lo mencionado por Moguel y Toledo (1999), los sistemas cafeteros se caracterizan por poseer diferentes tipos de manejo y niveles variables de cobertura arbórea, complejidad en la estructura del dosel, estratos asociados y beneficios ofertados para la biodiversidad (Guhl, 2009). En este sentido, las fincas con características similares al sistema tradicional rústico (P1, P2 y P3), proporcionan mayores recursos a la fauna, a diferencia de las tres fincas en monocultivo sombreado que ofrecen menos recursos. Es así como los sistemas cafeteros estudiados podrían representar hábitats para la avifauna residente y migratoria, al ofrecer recursos como alimento, refugio y sitios para la reproducción (Sánchez-Clavijo *et al.*, 2008; Narango *et al.*, 2019; Albert *et al.*, 2020).

Tabla 1. Caracterización de la vegetación asociada a los sistemas cafeteros en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldo, Cauca. Para cada especie se indica el estrato (arbustivo, subarbóreo y arbóreo) y número de individuos presente por unidad de muestreo: P1 (Villa Salomé), P2 (La Esperanza), P3 (La Cuchilla), MS1 (Villa Selena 1), MS2 (Villa Selena 2), MS3 (La Casa en el Aire) y usos de las especies: CF (Consumo de frutos), CS (Consumo de semillas), CN (Consumo de Néctar), CI (Consumo de insectos, asociados a la vegetación), P (Percha), M (Madera), S (Sombrío), CV (Cerca Viva), PS (Protección de suelos), ME (Medicinal). El asterisco (*) indica que es una especie endémica.

Familia	Especie	Nombre común	Estrato			Abundancia						Usos	
			Arbustivo 1.5-5 m	Subarbóreo 5-12 m	Arbóreo 12-25 m	P1 (0,45 ha)	P2 (0,82 ha)	P3 (0,81 ha)	MS1 (2,68 ha)	MS2 (0,79 ha)	MS3 (1,12 ha)	Fauna	Ser humano
Fabaceae	<i>Inga densiflora</i>	Guamo	23	21	-	10	1	20	6	5	2	CS-CF- CN-CI-P	CF-M-S- CV-PS
	<i>Inga edulis</i>	Guamo rabo de mono	-	4	-	-	4					CS-CF- CN-CI-P	CF-M-S- CV-PS
	<i>Erythrina cf poeppigiana*</i>	Cachimbo	1	-	-	-	-				1	CN-CI	PS-S-M
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate	9	18	-	11	12			1	3	CF-CI-P	CF-M-ME
	<i>Persea caerulea*</i>	Aguacatillo	-	-	1	1	-					CF	PS-S-M
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	8	3	-	4	5	1		1		CF-P	CF-ME
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	Mandarino	7	1	-	1	7					P	CF-S-ME
	<i>Citrus limon</i>	Limón	4	1	-	1	3					CF-CN	CF-S-ME
	<i>Citrus aurantium</i>	Naranja	1	2	-	2	1					CF-CN	CF-S-ME
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerillo	4	3	-	-	-		7			P	ME
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	4	-	-	1	2			1		CF	CF-ME-M
	<i>Psidium guineense</i>	Guayabilla	5	-	-	-	-	1	4			CF	M
	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Guayacan amarillo	-	1	1	-	2					CI-CN-P	M-S
Bignoniaceae	<i>Jacaranda caucana*</i>	Gualanday	-	-	1	-	1					CI-P	ME
Urticaceae	<i>Cecropia peltata*</i>	Yarumo	-	2	-	-	1	1				CF-CI-P	ME
Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i>	Caimo	-	1	-	-	1					CF	CF-ME
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria*</i>	Chambimbe	-	1	-	1	-					CF-P	ME-M
Malvaceae	<i>Pachira aquatica*</i>	Manteco	-	1	-	-	1					CN-CF	ME-CS
Melastomataceae	<i>Miconia albicans*</i>	Mortiño	1	-	-	-	-	1				CF	CV
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i>	Árbol del pan	-	1	-	-	1					CF	ME-CF
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Papaya	1	-	-	-	1					CF	CF-S-ME
Subtotal			68	60	3	32	43	24	17	8	6		

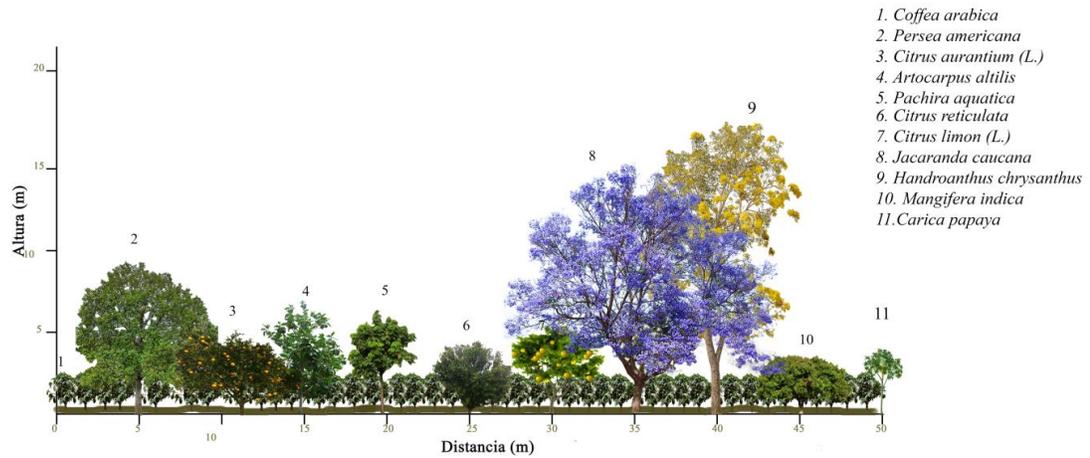


Figura 2. Perfil de vegetación Finca La Esperanza (P2), vereda Campiña, Pescador, Cauca.

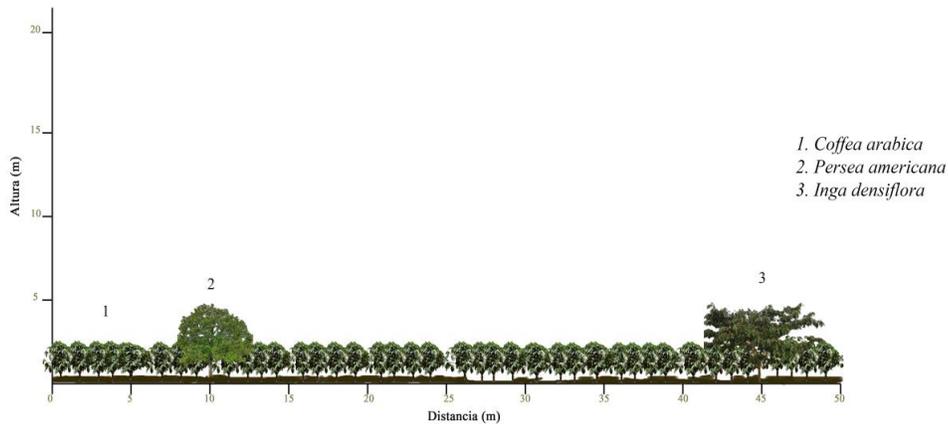


Figura 3. Perfil de vegetación Finca La Casa en el Aire (MS3), vereda La Llanada, Pescador, Cauca.

7.2 Estructura de la comunidad de aves migratorias asociadas a sistemas cafeteros

Riqueza y abundancia de aves migratorias en los sistemas cafeteros

Se realizaron 3218 registros de 98 especies de aves: 84 residentes (3126 registros) y 14 migratorias neárticas transcontinentales (92 registros). El número de especies migratorias neárticas-neotropicales en policultivo fue de 14 (63 registros) y en monocultivo sombreado fue de siete (29 registros), se obtuvo una representatividad del 90.44% con respecto al estimador Chao 1 (Figura 4). Las

familias de las especies migratorias registradas fueron: Tyrannidae (dos especies), Turdidae (tres especies), Parulidae (siete especies) y Cardinalidae (dos especies) (Tabla 2), que a su vez, hacen parte del grupo más diverso de aves migratorias neárticas-neotropicales del país (Hurtado-Giraldo *et al.*, 2016).

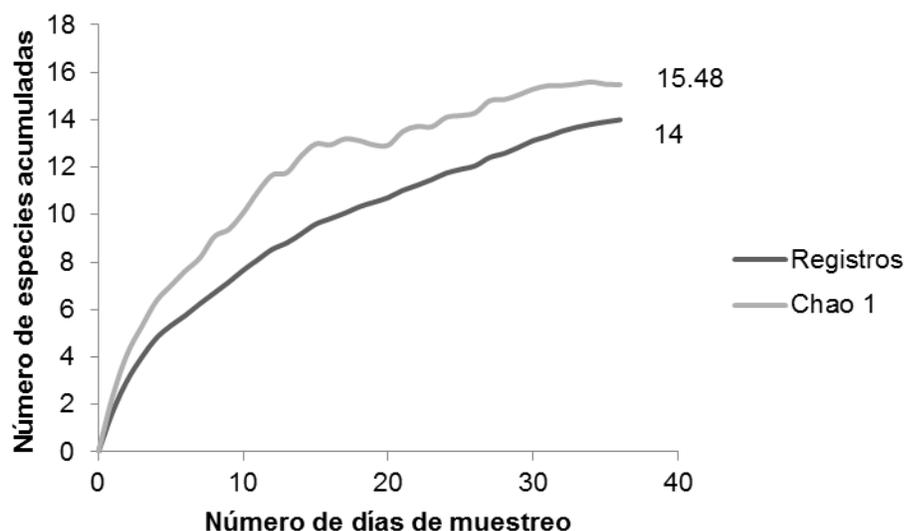


Figura 4. Curva de acumulación de aves migratorias neárticas-neotropicales registradas por medio de censos y capturas, en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldono, Cauca.

De acuerdo a la abundancia reportada para las aves migratorias, las especies que presentaron una mayor frecuencia de ocurrencia por tipo de sistema cafetero fueron: *Setophaga fusca* con 23 registros en policultivo; *Setophaga petechia* con 16 registros en monocultivo sombreado y 10 registros en policultivo, y *Mniotilta varia* con 10 registros en policultivo (Tabla 2). Dichas especies han sido observadas utilizando cafetales como sitios de albergue durante su migración (Botero *et al.*, 2010; Díaz-Kloch *et al.*, 2016). *S. fusca* ha sido registrada en cafetales con sombra, en cañadas arborizadas y en áreas con guaduales, en tanto que, *S. petechia* se ha reportado en áreas con rastrojos, en potreros (Lentijo *et al.*, 2014) y en cafetales (Díaz-Kloch *et al.*, 2016). *M. varia* suele asociarse a una variedad de hábitats como prados, jardines, huertos frutales, cultivos de cafetales con sombra asociada, humedales, manglares y todo tipo de bosques (Cornell Lab of Ornithology, 2019).

Tabla 2. Frecuencia de ocurrencia de aves migratorias registradas por unidad de muestreo y grupo trófico. P1 (Villa Salomé), P2 (La Esperanza), P3 (La Cuchilla), MS1 (Villa Selena 1), MS2 (Villa Selena 2), MS3 (La Casa en el Aire). Grupo trófico: FR-IN (Frugívoro-insectívoro) e IN (Insectívoro). En el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, Cauca. No se obtuvieron registros (-).

Taxón	Sitios de muestreo, Pescador (Cauca)						Total	Grupo trófico
	P1	P2	P3	MS1	MS2	MS3		
Passeriformes								
Tyrannidae								
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	-	-	1	-	-	-	1	FR-IN
<i>Tyrannus tyrannus</i>	-	1	-	1	-	-	2	FR-IN
Turdidae								
<i>Catharus fuscescens</i>	-	-	1	-	-	-	1	FR-IN
<i>Catharus ustulatus</i>	3	-	1	1	2	1	8	FR-IN
<i>Parkesia noveboracensis</i>	2	-	-	-	-	-	2	IN
Parulidae								
<i>Mniotilta varia</i>	5	5	-	-	-	-	10	IN
<i>Leiothlypis peregrina</i>	1	1	-	1	-	-	3	IN
<i>Geothlypis philadelphia</i>	-	1	-	2	-	-	3	IN
<i>Setophaga ruticilla</i>	2	-	-	-	-	-	2	IN
<i>Setophaga fusca</i>	12	3	8	2	1	1	27	IN
<i>Setophaga petechia</i>	3	5	2	1	9	6	26	FR-IN
<i>Cardellina canadensis</i>	-	1	-	-	-	-	1	IN
Cardinalidae								
<i>Piranga rubra</i>	2	2	-	1	-	-	5	FR-IN
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	-	-	1	-	-	-	1	FR-IN

Algunas especies de aves fueron reportadas exclusivamente en policultivo, por ejemplo, en la finca Villa Salomé (P1) se observaron *Parkesia noveboracensis* y *Setophaga ruticilla*. *P. noveboracensis* ha sido registrada en manglares, lagunas, charcos y sistemas cafeteros (Peraza *et al.*, 2004; Cornell Lab of Ornithology, 2019), por lo que se puede sugerir que la presencia de esta reinita está relacionada con una quebrada que colinda y recorre parte de la finca; así mismo, *S. ruticilla* se ha descrito como un ave de estratos medios y de dosel en sistemas cafeteros, por lo que la vegetación de Villa Salomé (P1) favoreció su presencia (Jones *et al.*, 2002).

Además, en la finca La Esperanza (P2) se registró a *Cardellina canadensis*, un ave de áreas boscosas, bordes de bosque, áreas de matorral y claros en cafetales (Peraza *et al.*, 2004; Henao-Isaza *et al.*, 2014); sin embargo, las poblaciones de esta especie han disminuido en un 62% entre 1974 a 2014 debido a la pérdida de hábitat (Cornell Lab of Ornithology, 2019). Esta especie ha

sido catalogada recientemente en un estado de preocupación especial (COSEWIC, 2020), por lo que los sistemas cafeteros cultivados bajo sombra podrían representar un hábitat de interés, favorable para *C. canadensis* (Partners in Flight, 2017).

Por otra parte, en La Cuchilla (P3) se observó a *Myiodynastes luteiventris*, una especie asociada a bordes, vegetación secundaria e interior de bosque (Avendaño, 2012; Molina, 2014; Salas y Mancera-Rodríguez, 2020), a *Catharus fuscescens*, una especie comúnmente asociada a bosque húmedo (Bayly *et al.*, 2012) y a *Pheucticus ludovicianus*, un ave presente en bordes de bosque, rastrojos y arbustos (Marín-Gómez, 2012; Molina, 2014). Según el hábitat que frecuentan las tres especies, se podría considerar que La Cuchilla (P3) está siendo utilizada como sitio de paso, posiblemente, por la presencia de *Inga densiflora* y un remanente de bosque cercano a la finca.

Considerando las especies compartidas entre sistemas cafeteros, se encontró a *Tyrannus tyrannus* en La Esperanza (P2) y en Villa Selena 1 (MS1); esta especie suele asociarse a áreas abiertas, matorrales y bosques (Martínez-Sánchez, 2007); también, se registró a *Catharus ustulatus* en la finca Villa Salomé (P1), Villa Selena 1 (MS1), La Cuchilla (P3), Villa Selena 2 (MS2) y La Casa en el Aire (MS3), en los estratos medios y bajos de la vegetación realizando búsqueda de alimento (Hilty y Brown, 2001; Hurtado-Giraldo *et al.*, 2016), sugiriendo una asociación con áreas boscosas (Marín-Gómez, 2012; Díaz-Kloch *et al.*, 2016). De esta manera, se podría considerar que *C. ustulatus* estaría haciendo uso de los diferentes recursos ofertados por las fincas donde se encontró.

Las especies *Leiothlypis peregrina*, *Geothlypis philadelphia* y *Piranga rubra* se registraron en las fincas La Esperanza (P2) y Villa Selena 1 (MS1) y *L. peregrina* y *P. rubra* se registraron en Villa Salomé (P1). Se conoce que *L. peregrina* se asocia a bosques, matorrales y claros en cafetales (Peraza *et al.*, 2004; Philpott y Bichier, 2012), mientras que *G. philadelphia* presenta una afinidad con áreas que poseen una vegetación abundante (Hurtado-Giraldo *et al.*, 2016), siendo registrada en bosques y en árboles de *Citrus* spp. y *Artocarpus altilis* (Hurtado-Giraldo *et al.*, 2016; Ramírez y Chaparro-Herrera, 2019). Por otro lado, *P. rubra* se asocia a áreas arboladas y al dosel de sistemas cafeteros (Jones *et al.*, 2002; Lentijo y Botero, 2013), y ha sido observada haciendo uso de árboles de *J. caucana* y *M. indica* (Caicedo-Argüelles y Cruz-Bernate, 2014); en este sentido, se puede indicar que las aves mantienen una relación con la vegetación asociada a los dos policultivos (Villa Salomé P1 y La Esperanza P2), puesto que ambas presentan sombríos diversificados compuestos por diferentes especies de plantas. La presencia de esta especie en el monocultivo sombreado de Villa Selena 1 (MS1), posiblemente se deba a la existencia de algunos árboles frutales y a un remanente de bosque adyacente a la finca.

Algunas especies migratorias presentaron diferencias significativas en su abundancia relativa reportada entre los cultivos ($p < 0.05$): *M. varia* ($X^2 = 14.11$, $p = 0.00$) y *S. fusca* ($X^2 = 15.88$, $p = 6.75 \times 10^{-05}$) (Tabla 3), siendo mucho más abundantes en policultivos (Tabla 2). Según un estudio realizado en Cuba, *M. varia* busca su alimento en los estratos medios y altos de la vegetación y *S. fusca*

lo hace en los estratos medios (Kirkconnell, 2002) y ambas especies frecuentan áreas con características similares a hábitats naturales (Sáenz *et al.*, 2006; Lentijo *et al.*, 2014; Cornell Lab of Ornithology, 2019). Además, en sistemas cafeteros de Antioquía, encontraron una asociación entre las aves migratorias y la densidad de árboles (Colorado *et al.*, 2018), lo que sugiere que los policultivos de café están ofreciendo un hábitat adecuado para su albergue, por lo que es conveniente establecer sistemas cafeteros con sombríos diversificados que ofrezcan recursos como percha, refugio y alimento para las aves (Hurtado-Giraldo *et al.*, 2016).

Tabla 3. Modelos Lineales Generalizados (MLG) elaborados para las especies de aves migratorias. Estadístico de chi cuadrado (X^2), diferencia significativa (p). Para cada especie se indican las diferencias de abundancia relativa registrada entre tipos de sistema (policultivo y monocultivo) y meses de muestreo. En el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, Cauca.

Especie	Sistema cafetero		Mes		Abundancia relativa Policultivo ($\bar{X} \pm \sigma$)	Abundancia relativa Monocultivo Sombreado ($\bar{X} \pm \sigma$)
	Estadístico X^2	Significancia (p)	Estadístico X^2	Significancia (p)		
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	1.39	0.24	3.59	0.61	0.05 ± 0.23	0.00 ± 0.00
<i>Tyrannus tyrannus</i>	0.00	1.00	4.41	0.49	0.05 ± 0.23	0.05 ± 0.23
<i>Catharus fuscescens</i>	1.39	0.24	3.59	0.61	0.05 ± 0.23	0.00 ± 0.00
<i>Catharus ustulatus</i>	0.00	1.00	14.45	0.01	0.22 ± 0.55	0.22 ± 0.55
<i>Parkesia noveboracensis</i>	2.79	0.09	4.42	0.49	0.11 ± 0.32	0.00 ± 0.00
<i>Mniotilta varia</i>	14.11	0.00	8.69	0.12	0.55 ± 0.98	0.00 ± 0.00
<i>Leiothlypis peregrina</i>	0.34	0.56	6.97	0.22	0.11 ± 0.32	0.05 ± 0.23
<i>Geothlypis philadelphia</i>	0.34	0.56	6.97	0.22	0.05 ± 0.23	0.11 ± 0.47
<i>Setophaga ruticilla</i>	2.81	0.09	7.23	0.20	0.11 ± 0.47	0.00 ± 0.00
<i>Setophaga fusca</i>	15.88	6.75x10 ⁻⁰⁵	30.14	1.38x10 ⁻⁰⁵	1.28 ± 1.49	0.22 ± 0.43
<i>Setophaga petechia</i>	1.53	0.22	32.81	4.11x10 ⁻⁰⁶	0.55 ± 0.85	0.89 ± 1.37
<i>Cardellina canadensis</i>	1.39	0.23	3.59	0.61	0.05 ± 0.23	0.00 ± 0.00
<i>Piranga rubra</i>	1.96	0.16	8.50	0.13	0.22 ± 0.55	0.05 ± 0.23
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	1.39	0.24	3.59	0.61	0.05 ± 0.23	0.00 ± 0.00

Valores de significancia: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 'o'

De igual forma, algunas especies presentaron diferencias significativas entre las abundancias relativas registradas en los meses de muestreo, entre ellas, *C. ustulatus* ($X^2=14.45$, $p=0.01$), *S. fusca* ($X^2=30.14$, $p=1.38 \times 10^{-05}$) y *S. petechia* ($X^2=32.81$, $p=4.11 \times 10^{-06}$) (Tabla 3). Además, esto se puede corroborar en la Figura 5, donde se muestra que durante el tiempo de muestreo, en los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2018 y febrero de 2019 las aves mencionadas anteriormente presentaron dichas abundancias relativas significativamente diferentes.

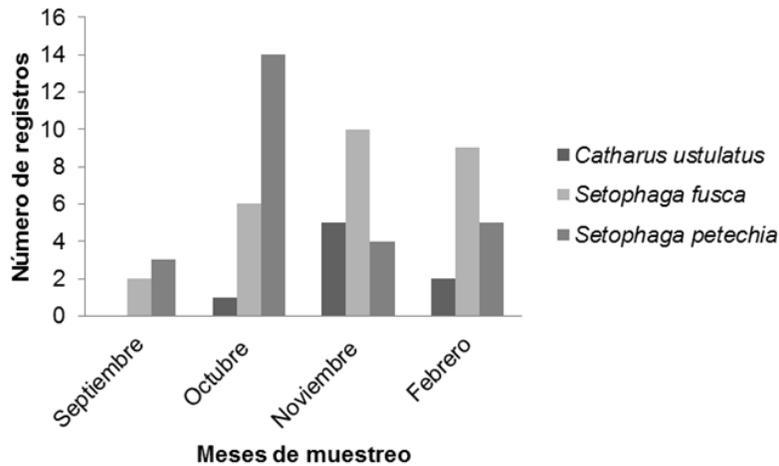


Figura 5. Avifauna migratoria con abundancias relativas significativamente diferentes entre los meses de muestreo en los sistemas cafeteros, en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, Cauca.

Estudios en otras regiones mencionan que las aves migratorias presentan diferencias en los tiempos de llegada y salida de los sitios de invernada, entre machos y hembras. Por ejemplo, en Cuba han demostrado que las hembras y juveniles son los primeros que llegan desde sus sitios de reproducción (Kirkconnell, 2002), así mismo, Ardila-Téllez y Cruz-Bernate (2014) encontraron que en el campus de la Universidad del Valle, las hembras e inmaduros de *S. petechia* llegan y parten primero que los machos. En este sentido, de acuerdo con las tres especies que mostraron diferencias significativas, *S. fusca* y *S. petechia* presentan dimorfismo sexual. Respecto a *S. fusca*, en septiembre se registraron a dos machos y en octubre, se obtuvieron seis registros con igual proporción para ambos sexos; en noviembre se registraron cuatro machos y seis hembras y en febrero, ocho machos y una hembra, por lo que se puede deducir, que la especie coincide con el patrón descrito anteriormente, en cuanto a que las hembras inician su viaje de regreso antes que los machos.

En el caso de *S. petechia*, en septiembre se registró un macho y una hembra, en octubre, se obtuvieron ocho registros de machos y seis reportes de hembras, en noviembre se registraron dos machos y una hembra y en febrero, dos machos y tres hembras; además, en los meses de septiembre y noviembre se obtuvieron dos registros que no se lograron determinar, sin embargo, lo encontrado en Pescador para *S. petechia* no es similar a lo propuesto en las diferencias de sexo, debido a que la especie mostró una similitud en abundancia entre machos y hembras durante los meses que se registraron. Aun así, la especie mostró un mayor número de registros en octubre (14), señalando que en este mes el ave puede estar de paso por los cafetales estudiados.

En un estudio realizado en el Paso de Portachuelo, Parque Nacional Henri Pittier, Venezuela, reportó que las especies del género *Catharus* presentan la mayor abundancia en octubre y mencionan que *C. ustulatus* es la más tardía en

cruzarlo (Lentino, 2016), esto es similar con los reportes que se obtuvieron de *C. ustulatus* en los cafetales en Pescador, puesto que su primer registro fue en octubre y presentó el mayor número de registros en noviembre (con cinco), por lo que el ave estaría de paso y haciendo un mayor uso de los cafetales en Pescador durante este último mes.

Además, a partir del análisis de similitud de especies de aves migratorias compartidas entre los seis sistemas cafeteros (Figura 6), se obtuvo que las fincas Villa Selena 2 y La Casa en el Aire fueron las que presentaron una mayor similitud entre las especies compartidas, seguidas de las fincas La Esperanza y Villa Selena 1; la finca La Cuchilla presentó una similitud con las fincas Villa Selena 2 y La Casa en el Aire, mientras que la finca Villa Salomé presentó una similitud con las fincas La Esperanza y Villa Selena 1.

De esta manera, encontrar las mismas especies de aves migratorias en diferentes sitios de muestreo, posiblemente haya ocurrido por las características similares en la vegetación (composición y número de individuos), que presentan algunos sistemas cafeteros (Alayon, 2006; Dietsch *et al.*, 2007). Por ejemplo, *S. petechia* estuvo compartida y presentó un mayor número de registros en las fincas Villa Selena 2 (MS2) y la Casa en el Aire (MS3), quienes se caracterizaron por presentar árboles frutales dispersos, los cuales posiblemente podrían estar ofreciendo frutos e insectos para el consumo de *S. petechia* (Cornell Lab of Ornithology, 2019). Por el contrario sucedió con *T. tyrannus* y *G. philadelphia*, quienes se encontraron compartidas en las fincas La Esperanza (P2) y Villa Selena 1 (MS1), las cuales presentan características distintas en su vegetación, por lo cual, se puede suponer que los elementos del paisaje que rodean a dichos sistemas cafeteros estén influyendo en la presencia de *T. tyrannus* y *G. philadelphia* en los cafetales (McElaney, 2019; Albert *et al.*, 2020).

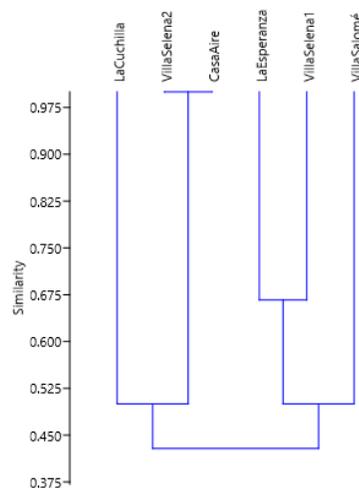


Figura 6. Comparación del grado de similitud de especies de aves migratorias entre los seis sistemas cafeteros en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldo, Cauca.

Grupos tróficos en las aves migratorias

En cuanto a las clasificaciones tróficas, las especies migratorias reportadas se clasificaron en dos grupos tróficos: frugívoro-insectívoro e insectívoro, los cuales estuvieron representados por siete especies cada uno. De acuerdo a la abundancia relativa registrada por grupo trófico, las aves frugívoras-insectívoras presentaron 22 registros, tanto en policultivo como en monocultivo sombreado, mientras que las aves insectívoras, presentaron un mayor número de registros en policultivo con 41, y solo siete registros en monocultivo sombreado (Tabla 2), el número de registros fue similar al obtenido por Sánchez-Clavijo *et al.* (2008) y Lentijo y Botero (2013). De igual forma, en un estudio de aves migratorias en Venezuela, encontraron una mayor abundancia de aves insectívoras y mencionaron que la estratificación vertical y la complejidad de los cafetales favorecieron el uso de este tipo de hábitat por parte de las aves migratorias (Bakermans *et al.*, 2012); según lo anterior, esto mismo pudo estar ocurriendo en los cafetales en Pescador, debido a que el mayor número de registros de aves insectívoras de *M. Varia* y *S. fusca*, se encontró en los policultivos Villa Salomé (P1) y La Esperanza (P2), los cuales presentaron entre dos y tres estratos en la vegetación y un mayor número de especies vegetales.

Por otro lado, según De La Zerda y Stauffer (1998), las plantas nativas pueden proporcionar una mayor variedad de alimento para la fauna, debido a que los insectos, las larvas y otras plantas (epifitas) están asociadas de forma natural a la vegetación nativa, puesto que han evolucionado en un área determinada. Además, en diferentes estudios mencionan la importancia que desempeñan las especies del género *Inga* en sistemas cafeteros para el sostenimiento de la diversidad de aves, considerando los recursos ofertados (Jones *et al.*, 2002; Díaz-Kloch *et al.*, 2016). De acuerdo con Johnson (2000), el dosel de *Inga* puede albergar una gran cantidad de artrópodos, siendo las aves insectívoras las que más frecuentan este tipo de árboles y las que dominan la comunidad de aves en cafetales en Jamaica. Así mismo, en agroecosistemas colombianos, especialmente del Quindío Marín-Gómez (2007) encontró que *Inga edulis* cumple un rol importante en el mantenimiento de muchas aves insectívoras, las cuales buscan con frecuencia su alimento en el follaje y en las ramas delgadas de los árboles de este guamo.

De acuerdo con los patrones anteriormente descritos, es posible asumir que el mayor número de registros de aves migratorias insectívoras como *M. Varia* y *S. fusca* en los cultivos de Pescador, se deban a la vegetación nativa asociada a los cafetales: *P. caerulea*, *J. caucana*, *C. peltata*, *S. saponaria*, *P. aquatica*, *Miconia albicans*. *Inga densiflora* particularmente, fue la que mostró un mayor número de individuos y se encontró en todos los sistemas cafeteros, lo que sugiere que las especies nativas y del género *Inga*, podrían estar ofreciendo recursos alimenticios para las aves migratorias. Por otra parte, es importante mencionar que las aves migratorias con hábitos alimenticios frugívoros-insectívoros tuvieron una mayor ocurrencia en los cafetales con monocultivo sombreado; lo cual podría deberse a que las aves migratorias cuando llegan a los territorios de invernada, hacen uso de los hábitats más intervenidos y que no suelen ser tan utilizados por las aves

residentes (Villaseñor y Hutto, 1995; Ardila-Téllez y Cruz-Bernate, 2014; González-Medina *et al.*, 2016). Este tal vez podría ser el caso de *S. petechia*, que presentó un mayor número de registros en el monocultivo sombreado Villa Selena 2 (MS2), el cual se caracterizó por poseer algunos árboles frutales dispersos en el cultivo como *I. densiflora*.

Influencia entre aves migratorias y residentes

Para evaluar la influencia de las aves residentes sobre las migratorias, se tuvieron en consideración los registros de las aves residentes de los grupos tróficos frugívoro-insectívoro e insectívoro, obtenidos en los muestreos. En este sentido, del 100% de aves frugívoras-insectívoras e insectívoras registradas, el número de aves residentes estuvo representado por un 81%, mientras que las especies de aves migratorias estuvieron representadas por un 19% (Figura 7). Del grupo de aves residentes, se identificaron 58 especies pertenecientes a 14 familias (Anexo 1); de este total, se registraron 56 especies en policultivo y 45 en monocultivo sombreado. Considerando los hábitos alimenticios, 44 especies fueron frugívoras-insectívoras y 14 fueron insectívoras.

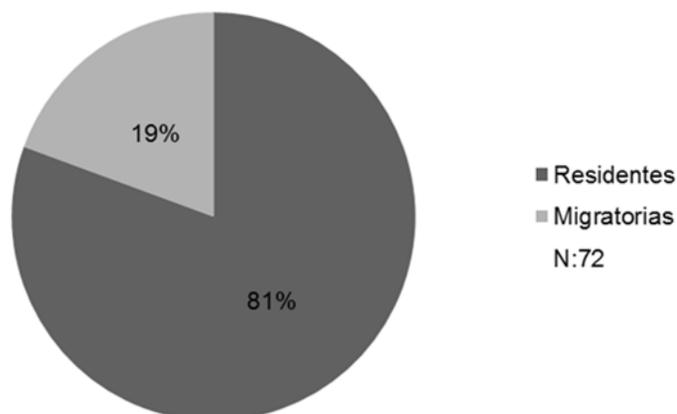


Figura 7. Comunidad de aves residentes y migratorias registradas en los sistemas cafeteros, en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, Cauca.

Con respecto a la diferenciación entre grupos tróficos de las aves residentes y migratorias, el grupo frugívoro-insectívoro presentó una diferencia significativa entre sistemas cafeteros ($X^2=37.99$, $p=2.8 \times 10^{-08}$) (Tabla 4). Respecto a la avifauna residente de hábitos frugívoros-insectívoros, el 56.67% de los registros estuvieron en policultivo y el 43.66% restante en monocultivo sombreado. Para las aves migratorias frugívoras-insectívoras, la proporción de aves fue del 50% en ambos tipos (figura 8).

Tabla 4. Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM) de la comunidad de aves residentes y migratorias. Estadístico de chi cuadrado (X^2), diferencia significativa (p). En el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, Cauca.

Grupo trófico	Covariable	Estadístico X^2	Significancia (p)
Frugívoro-insectívoro	Tipo	37.99	2.8×10^{-08}
	Mes	17.98	0.01
	Status	97.44	2.2×10^{-16}
Insectívoro	Tipo	27.38	0.00
	Mes	20.32	0.16
	Status	31.78	4.47×10^{-05}

Valores de significancia: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘o’

Para las aves insectívoras también hubo una diferencia significativa entre sistemas cafeteros ($X^2=27.38$, $p=0.00$) (Tabla 4); así, las aves residentes tuvieron una proporción del 61.89% en policultivo y del 38.11% en monocultivo sombreado, mientras que las aves migratorias tuvieron una representación del 85.42% en cafetales con sombra y del 14.58% en monocultivo sombreado (Figura 8). De acuerdo a lo anterior, tanto las aves frugívoras-insectívoras como las aves insectívoras, presentaron un mayor número de registros en el sistema de policultivo; este patrón también ha sucedido en diferentes estudios de sistemas cafeteros, donde las fincas con mayor complejidad estructural albergaron una mayor biodiversidad de aves, que los cafetales con menor complejidad estructural (Dietsch *et al.*, 2007; Florian *et al.*, 2008; Díaz-Kloch *et al.*, 2016). Además, de acuerdo al mayor número de especies y registros por grupo trófico en policultivo, las aves residentes presentaron un mayor número de aves frugívoras-insectívoras con 42 especies y 1087 registros, mientras que las aves migratorias insectívoras estuvieron representadas por siete especies y 41 registros (Figura 8). En un estudio Sánchez-Clavijo *et al.* (2008) señalaron que las aves insectívoras, tanto las que consumen exclusivamente insectos como las que los combinan con frutos, son las que dominan en un paisaje cafetero y en la mayoría de los ecosistemas naturales. Lo anterior coincidió con lo reportado para las aves residentes y migratorias asociadas a los sistemas cafeteros estudiados en Pescador.

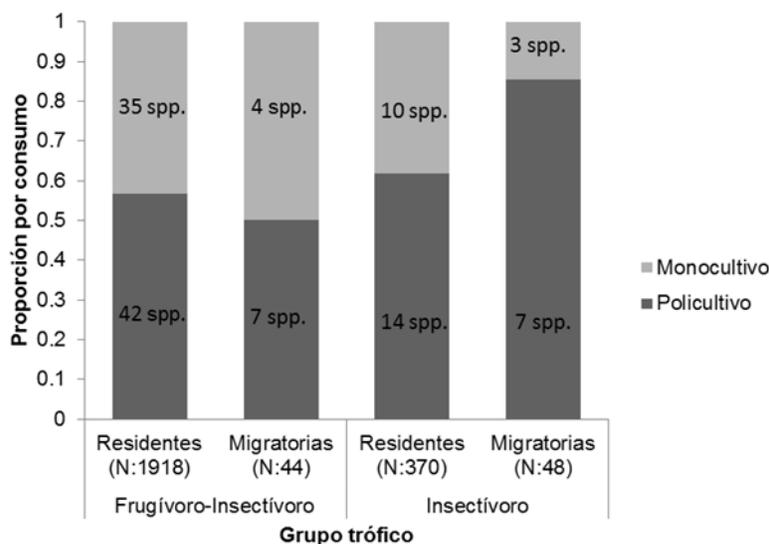


Figura 8. Comunidad de aves residentes y migratorias por grupo trófico: frugívoro-insectívoro e insectívoro y por tipo de sistema cafetero (policultivo y monocultivo sombreado), en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldono, Cauca.

De esta manera, se podría inferir que la presencia de árboles representa uno de los factores más influyentes en la riqueza y abundancia de aves que se pueden encontrar en los cafetales (Lentijo y Botero, 2013; Pacheco-Riaño, 2015). En el área de estudio, esto estuvo representado por algunas especies arbóreas registradas en los policultivos de Pescador como *I. densiflora* y *P. americana*, que se han identificado como plantas que ofrecen recursos alimenticios para las aves frugívoras-insectívoras; así mismo, árboles como *Persea cerulea*, *Psidium guineense*, *Citrus aurantium*, *Citrus limon* y especies de los géneros *Miconia* y *Cecropia* proporcionan alimento a las aves frugívoras (Londoño-Betancourth, 2013; Castillo y Calderón, 2017). Al parecer muchas de las aves encontradas posiblemente hicieron uso de los recursos asociados a estas plantas, por lo que presentaron un mayor número de registros en cafetales con sombra diversificada (Tabla 2).

De acuerdo con la ecología de las aves residentes y migratorias, se puede considerar que las aves residentes con hábitos alimenticios frugívoros-insectívoros presentaron un mayor número de registros, posiblemente, porque son especies que frecuentan diferentes tipos de hábitats, entre los que se encuentran los policultivos de café estudiados en Pescador. En cuanto a las aves migratorias, se podría considerar que la gran mayoría de especies evitaron hacer uso de los recursos asociados a policultivos, a fin de evitar interacciones agresivas con algunas aves residentes; varios autores han reportado algunos casos, como por ejemplo, *T. episcopus* persiguiendo en vuelo a *P. rubra* durante seis segundos (Ardila-Téllez y Cruz-Bernate, 2014; González-Medina *et al.*, 2016).

En el caso de las especies insectívoras encontradas en los policultivos en Pescador, éstas pertenecieron en su mayoría a los géneros *Basileuterus* y

Setophaga, los cuales se caracterizan por visitar este tipo de sistemas, debido a que requieren vegetación con estratos altos para alimentarse (González-Medina *et al.*, 2016). Por su parte, las aves residentes presentaron pocos registros en policultivo, posiblemente porque a pesar de hacer uso de este tipo de sistemas cafeteros, también frecuentan otros hábitats como los bosques (McMullan *et al.*, 2018; Billerman *et al.*, 2020); de esta manera, al dejar libres los cafetales en policultivo, es más favorable que las aves migratorias de hábitos insectívoros hagan uso de ellos, de ahí que se haya encontrado un mayor número de registros para este grupo de aves. A pesar de que en este estudio no se midió el aporte de la avifauna en los servicios ecosistémicos, se puede sugerir que las aves residentes y migratorias que consumen insectos y frutos en los sistemas cafeteros en Pescador, pueden estar aportando al control de plagas y dispersión de semillas, tal como ha sido reportado en cafetales de diferentes latitudes (Philpott y Bichier, 2012; Pradilla *et al.*, 2012; Pacheco-Riaño, 2015; Şekercioğlu *et al.*, 2019).

En un estudio realizado en un agroecosistema del Valle del Cauca, donde estimaron la dieta de aves migratorias, se obtuvo que las especies registradas mostraron un sobreuso de coleópteros que variaron del 28% para *C. ustulatus* hasta 72% para *S. petechia*, y también, estimaron el consumo de lepidópteros y de material vegetal para estas dos especies (Hurtado-Giraldo *et al.*, 2016), revelando que las aves migratorias hacen uso de los recursos que encuentran en los territorios de invernada. Además, en un estudio realizado en el campus de la Universidad del Valle, se registró una interacción entre las especies *S. petechia* y *Coereba flaveola*, sin embargo, no encontraron una interferencia con los hábitos alimenticios, debido a que la dieta de *C. flaveola* es principalmente nectarívora y en menor medida insectívora (Ardila-Téllez y Cruz-Bernate, 2014).

En este estudio se evaluó si la composición de aves residentes y migratorias presentó diferencias entre grupos tróficos, y se obtuvo que la comunidad de aves frugívoras-insectívoras ($X^2=97.44$, $p=2.2 \times 10^{-16}$), e insectívoras ($X^2=31.78$, $p=4.47 \times 10^{-05}$) fueron significativamente distintas (Tabla 4 y figuras 5 y 6). Estos resultados podrían ser explicados a partir de lo mencionado por González-Medina *et al.* (2016), quienes afirmaron que los cafetales que muestrearon en México, siguen siendo de gran importancia para las aves migratorias que los utilizan como albergue; sin embargo, señalan que el gran número de registros de aves residentes se podría deber a la similitud que presentan los cafetales con los hábitats naturales, por lo que se puede inferir, que los sistemas cafeteros suelen ofrecer una gran cantidad de recursos para los dos grupos tróficos. Según lo anterior, se podría sugerir que los cafetales muestreados en Pescador, especialmente los policultivos, que se caracterizaron por presentar una mayor complejidad estructural, ofrecen un hábitat adecuado tanto para las aves residentes como para migratorias, que frecuentan hábitats boscosos como *Dysithamnus mentalis*, *Mionectes oleagineus*, *Machaeropterus striolatus*, *C. ustulatus*, *M. varia*, *B. culicivorus*, *M. miniatus* y *S. fusca* (Tabla 2 y anexo 1) (Gómez *et al.*, 2011; Peña-Núñez *et al.*, 2017; GBIF.org, 2021).

De la misma manera, diferentes estudios realizados en sistemas cafeteros han reportado un mayor número de aves residentes en comparación a aves

migratorias, tal como se obtuvo en el presente estudio. En cafetales de México, Jones *et al.* (2002) reportaron una proporción del 90% de aves residentes y un 10% de aves migratorias. En Colombia, diferentes estudios han reportado proporciones semejantes, por ejemplo, en el departamento del Huila se registró un 93.3% de aves residentes y un 6.27% de aves migratorias (Botero *et al.*, 2010), y en los departamentos de Caldas, Risaralda y Tolima se reportó un 90.12% de aves residentes y un 9.88% de aves migratorias (Lentijo *et al.*, 2014). Así mismo, en un estudio realizado en un paisaje cafetero en Risaralda, se obtuvo un 88.2% de aves residentes y un 11.8% de aves migratorias (Henao-Isaza *et al.*, 2014).

Dentro de las especies residentes y migratorias registradas en los estudios mencionados anteriormente, las especies que se encontraron en común con los cafetales en Pescador fueron 27, entre ellas, *Tapera naevia*, *Piaya cayana*, *Melanerpes rubricapillus*, *Dryocopus lineatus*, *Elaenia flavogaster*, *Troglodytes aedon*, *C. ustulatus*, *Icterus chrysater*, *L. peregrina*, *G. philadelphia*, *S. ruticilla*, *S. pitiaiyumi*, *P. ludovicianus* y *Tangara gyrola*. (Figura 2 y anexo 1). Así, se puede indicar que la avifauna registrada en los sistemas cafeteros ubicados en Pescador, Cauca es semejante a lo encontrado en otras regiones del país.

7.3. Caracterización de los diferentes elementos del paisaje cafetero y la asociación entre las métricas del paisaje y las aves migratorias.

El paisaje cafetero estuvo compuesto por siete elementos o tipos de cobertura y usos del suelo: bosque fragmentado, mosaico de cultivos, pastos arbolados, pastos limpios, tierras desnudas y degradadas, tejido urbano discontinuo y los cafetales donde se realizaron los muestreos (Figura 9).

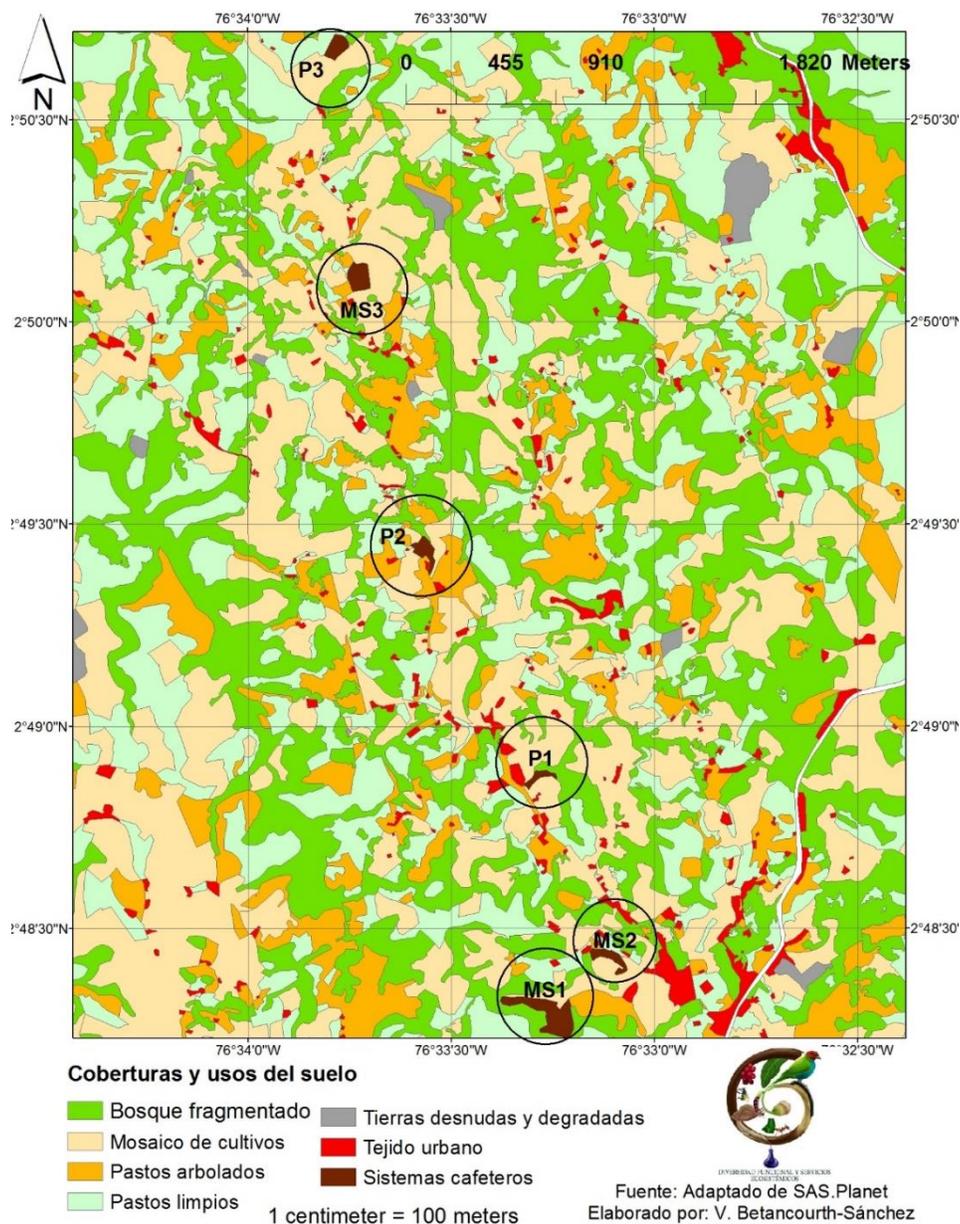


Figura 9. Coberturas y usos del suelo en el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldo, Cauca.

En el paisaje cafetero se identificaron 1203 parches en un área total de 2290.90 ha (Figura 9). Con respecto al número de parches, el tejido urbano discontinuo mostró el mayor número con 314, seguido de pastos limpios con 309. Por el contrario, las tierras desnudas y degradadas y el bosque fragmentado fueron los que mostraron un menor número de parches con 15 y 146, respectivamente (Tabla 5). Debido a la transformación de los ecosistemas naturales, América del Sur ha perdido 2,6 millones de hectáreas de bosques en los últimos 10 años (FAO, 2020), a causa de actividades antropogénicas como el establecimiento de cultivos intensificados, ganadería intensiva, industrias madereras, extracción minera y el aumento de las áreas urbanizadas, las cuales generan la fragmentación de los paisajes, degradación de los hábitats naturales y del suelo (Andrade y Castro, 2012; Calamari *et al.*, 2018; De Luque *et al.*, 2019).

Tabla 5. Cobertura y usos del suelo con sus respectivos números de parches (NP), área total (ha) y porcentaje de área (%). En el corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, Cauca.

Cobertura y usos del suelo	NP	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Mosaico de cultivos	198	663.11	28.95
Bosque fragmentado	146	654.82	28.58
Pastos limpios	309	626.78	27.36
Pastos arbolados	215	262.89	11.48
Tejido urbano discontinuo	314	55.85	2.44
Tierras desnudas y degradadas	15	20.81	0.91
Sistemas cafeteros	6	6.64	0.29
Total	1203	2290.90	100

Los resultados obtenidos en el área de estudio evidenciaron una transformación del paisaje, debido a la presencia de diferentes cultivos, pastizales, áreas urbanas, entre otros. De acuerdo a los resultados obtenidos por cobertura y usos del suelo, el bosque fragmentado presentó un 28.58% de área, mientras que el mosaico de cultivos tuvo un 28.95%, los pastos limpios representaron el 27.36% y los pastos arbolados el 11.48%. Por otra parte, el tejido urbano discontinuo presentó un área de 2.44%, las tierras desnudas y degradadas el 0.91% y los sistemas cafeteros muestreados un 0.29%. El área de estudio presentó una matriz heterogénea, debido a que el paisaje cafetero estuvo compuesto por diferentes elementos, entre ellos, el mosaico de cultivos y el bosque fragmentado, los cuales pueden llegar a beneficiar a la biodiversidad (Herrera, 2011; Pradilla *et al.*, 2012).

En el caso de las aves migratorias neárticas-neotropicales, esta avifauna depende de dos hábitats que se encuentran en dos sitios aislados a nivel global, lo que las hace más propensas a la disminución poblacional durante su estadía en los territorios de invernada como Colombia (Ocampo-Peñuela, 2010). Actualmente, la disminución de las poblaciones de aves migratorias debido a la pérdida y degradación de hábitats de reproducción, fragmentación y pérdida de sitios de paso de invernada en los trópicos, ha generado preocupación continental

(Vannini, 1994; Ocampo-Peñuela, 2010; Ardila-Téllez y Cruz-Bernate, 2014; Sánchez, 2017).

Por su parte, en diferentes estudios han mencionado que los cultivos de café proporcionan un hábitat importante para las aves migratorias (González-Medina *et al.*, 2016; Colorado *et al.*, 2018; Şekerciöglu *et al.*, 2019). De ahí que los sistemas cafeteros de policultivo, caracterizados por poseer sombríos diversos en composición y estructura, se encuentran inmersos en una matriz heterogénea la cual favorece el albergue, facilita la movilidad de los organismos, la persistencia de las poblaciones, las interacciones entre especies y las funciones ecosistémicas (Leyequién *et al.*, 2010; Herrera, 2011; Pradilla *et al.*, 2012; Botero *et al.*, 2014). Además, este tipo de paisaje, caracterizado por presentar una matriz heterogénea compuesta por policultivos de café, puede beneficiar a los productores al ofrecer alimentos diversificados, ganancias económicas con menores riesgos y a su vez, contribuir a la conservación de la biodiversidad (Guhl, 2009; Leyequién *et al.*, 2010).

Por medio de los Modelos Lineales Generalizados Mixtos (MLGM), se evaluaron las posibles asociaciones entre las abundancias relativas de las aves migratorias y las métricas del paisaje de área total, borde total y forma, obtenidas para cada uno de los sistemas cafeteros (Tabla 6); en este sentido, las aves que presentaron diferencias significativas en función de las métricas de área total y borde total fueron: *S. fusca* y *S. petechia*, y respecto a la métrica de forma fueron: *M. varia* y *S. fusca* (Tabla 7).

Tabla 6. Métricas de Área total (CA), borde total (TE) y forma (LSI) de los sistemas cafeteros, policultivo y monocultivo sombreado, en el Corregimiento de Pescador, Municipio de Caldon, Cauca.

Sistema Cafetero	CA (ha)	TE (m)	LSI
Villa Salomé (P1)	0.45	500	1.78
La Esperanza (P2)	0.82	620	1.63
La Cuchilla (P3)	0.81	460	1.28
Villa Selena 1 (M1)	2.68	1280	1.94
Villa Selena 2 (M2)	0.79	700	1.94
La Casa en el Aire (M3)	1.12	480	1.09

En general, los sistemas cafeteros estudiados presentaron áreas pequeñas, las cuales se compararon entre sí; de esta manera, se obtuvo que las fincas de monocultivo sombreado Villa Selena 1 (MS1) y La Casa en el Aire (MS3), presentaron las áreas (ha) más grandes con 2.68 y 1.12 ha, respectivamente, seguidas por los policultivos La Esperanza (P2) con 0.82 ha y La Cuchilla (P3) con 0.81 ha. Por su parte, las fincas que presentaron una menor área fueron el monocultivo de Villa Selena 2 (M2) con 0.79 ha y el policultivo Villa Salomé (P1) con 0.45 ha (Tabla 6). En cuanto a las aves migratorias, *S. fusca* y *S. petechia* presentaron diferencias significativas entre sus abundancias relativas y en función de la métrica de área total.

Tabla 7. Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM) de especies migratorias que presentan un valor significativo en las métricas de área, forma y borde de los sistemas cafeteros en el Corregimiento de Pescador, Municipio de Caldoño, Cauca. Estadístico de chi cuadrado (X^2), diferencia significativa (p).

Especie	Métrica	Estadístico X^2	Significancia (p)
<i>Mniotilta varia</i>	Forma	3.77	0.05
<i>Setophaga fusca</i>	Área total/Sistema cafetero	5.19	0.02
	Borde total/Sistema cafetero	5.8	0.01
	Forma/Sistema cafetero	9.41	0.00
		4.81	0.03
	(Área total, Borde total, Forma, Sistema cafetero)	5.68	0.02
		5.06	0.02
		6.47	0.01
<i>Setophaga petechia</i>	Área total	4.95	0.03
	Área total/Sistema cafetero	6.26	0.01
	Borde total/Sistema cafetero	3.89	0.05
	Sistema cafetero	6.65	0.01

Valores de significancia: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘0’

Considerando lo anterior y la información de la Tabla 2, se evidenció que *S. fusca* y *S. petechia* se encontraron en todos los sistemas cafeteros y presentaron un mayor número de registros, en las fincas con una menor cantidad de área, y un menor número de registros, en las fincas que presentaron una mayor cantidad de área total; así, *S. fusca* presentó 12 registros en la finca Villa Salomé (P1) y un registro en la finca La Casa en el Aire (MS3), y *S. petechia* tuvo nueve registros en la finca Villa Selena 2 (MS2) y un registro en la finca Villa Selena 1 (MS1). Así, el área de las fincas no estaría influyendo en la presencia de las aves en los sistemas cafeteros. Prugh *et al.* (2008) mencionan que diferentes grupos de organismos, entre ellos las aves, no presentan una fuerte relación con el área de los remanentes de hábitat en seis continentes, entre los que se encuentra América del Sur, especialmente en Brasil y Argentina. Además, en otros estudios se ha sugerido que la matriz que rodea a los remanentes de hábitat son utilizados por diferentes especies (Laurance, 2008; Mendenhall *et al.*, 2014; Arce-Peña *et al.*, 2019). Por ejemplo, en un paisaje cafetero en Risaralda reportaron a *S. fusca* y *S. petechia* (Henao-Isaza *et al.*, 2014), por lo que en el área de estudio en Pescador, estas especies podrían estar haciendo uso de los diferentes elementos del paisaje o la matriz cafetera que componen la región.

Con respecto a la métrica de borde total, las fincas Villa Selena 1 (MS1) y Villa Selena 2 (MS2) tuvieron los valores más grandes en comparación a las otras cuatro unidades de muestreo, con mediciones de 1280 m y 700 m. De las seis

unidades de muestreo, La Esperanza (P2) y Villa Salomé (P1) presentaron valores intermedios con 620 m y 500 m. Por último, La Casa en el Aire (MS3) y La Cuchilla (P3) tuvieron los menores valores de borde total con 480 m y 460 m (Tabla 6). De esta manera las diferencias significativas entre el borde total asociado a las abundancias de las aves *S. fusca* y *S. petechia*, se relacionan con lo encontrado por Herrera (2020), quien evidenció que al aumentar el borde total de uno de los sitios de muestreo, disminuye la diversidad de aves; en consecuencia, este patrón coincidió con los reportes obtenidos para *S. fusca*, debido a que el mayor número de registros obtenidos para esta especie, se asoció a una reducción en los valores del borde total, principalmente entre 620 m y 460 m. Por el contrario, las fincas que presentaron un mayor borde total, entre 1280 m y 700 m, mostraron menos registros de *S. fusca*. Por su parte, para *S. petechia*, no aplicó el caso de que a mayor borde total disminuye el número de registros, puesto que la mayor cantidad de registros se obtuvo en la finca Villa Selena 2 (MS2) que mostró un mayor borde total con 700 m.

Actualmente se conoce que algunas especies se ven favorecidas por los bordes, mientras que otras los evitan debido al efecto de borde (Pfeifer *et al.*, 2017). Así, las aves que se encuentran en los bordes, pueden estar siendo influenciadas por las condiciones ambientales que presentan estos sitios (Sfair *et al.*, 2016; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2019). Además, en un estudio realizado en El Salvador han reportado que las aves generalistas de hábitos abiertos se suelen adaptar con facilidad a hábitats con mayor borde total (García-Rodríguez *et al.*, 2006). De esta manera, y teniendo en cuenta que las aves migratorias en general cuando llegan a sus sitios de invernada prefieren los bordes (Guevara y Samudio, 2021), se puede considerar que, posiblemente en Pescador, *S. fusca* hubiese evitado hábitats con un aumento en su borde total y en el caso de *S. petechia*, dependería de las condiciones que le proporcione el entorno.

En cuanto a la métrica de forma las fincas Villa Selena 1 (M1) y Villa Selena 2 (M2) con un índice de 1.94, y las fincas La Esperanza (P2) y Villa Salomé (P1) con índices de 1.63 y 1.78 respectivamente, mostraron una forma alargada-ovalada. Por el contrario, las fincas La Casa en el Aire (M3) y La Cuchilla (P3) con índices de 1.09 y 1.28 presentaron una forma cuadrada (Figura 9). En este sentido, los resultados de las diferencias significativas entre las abundancias de *M. varia* y *S. fusca* y la métrica de forma son similares a los obtenidos por Weldon y Haddad (2005), quienes encontraron que el ave migratoria *Passerina cyanea* prefiere parches con formas aladas que formas rectangulares más compactas. Así mismo, los resultados son semejantes a lo encontrado por Collinge y Palmer (2002), quienes indican que los parches rectangulares pueden albergar un mayor número de organismos que los parches que presentan una forma cuadrada; sin embargo, aclaran que el contraste que presentan los parches con la matriz, influye en la presencia de la biota que se puede encontrar en los hábitats. De esta manera, se puede sugerir que los cafetales Villa Salomé (P1) y La Esperanza (P2) que mostraron una forma alargada-ovalada, podrían estar favoreciendo a *M. varia* y *S. fusca*, contrario a lo que les podrían ofrecer los sistemas cafeteros que presentaron formas cuadradas y más compactas.

Por otro lado, Kirkconnell (2002) ha asociado a machos de aves migratorias con áreas más conservadas, mientras que a las hembras con áreas más alteradas. De manera semejante ocurrió en el presente estudio con *S. petechia*, de la cual se registraron siete machos y dos hembras en policultivo, mientras que en monocultivo sombreado se reportaron cuatro machos y diez hembras. Para *S. fusca* se reportaron 14 machos y nueve hembras en policultivo, y tres machos y una hembra en monocultivo sombreado. En este sentido, se puede inferir que a pesar de que *S. petechia* y *S. fusca* tuvieron un mayor número de machos en policultivo, los cuatro reportes de machos de *S. petechia* y los tres registros de machos de *S. fusca* en los monocultivos sombreados en Villa Selena 1 (MS1), Villa Selena 2 (MS2), y La Casa en el Aire (MS3), posiblemente se debieron a que las unidades de muestreo se encuentran inmersas en una matriz heterogénea (Figura 7); por ejemplo, Villa Selena 1 (MS1) y Villa Selena 2 (MS2) son fincas que se encuentran rodeadas por remanentes de bosque fragmentado, mosaico de cultivos, pastos limpios y pastos arbolados, los cuales pueden contribuir en ofrecer recursos complementarios a las diferentes especies (Boesing *et al.*, 2018). Además, al presentar formas alargadas-ovaladas se aumenta la interdigitación de bosques y otras coberturas terrestres, lo que genera un paisaje en donde los elementos no se encuentran aislados, y a su vez, facilitan la movilidad de las especies que hacen uso de diferentes tipos de hábitats (Shoffner *et al.*, 2018).

Para *M. varia* se registraron cuatro hembras y dos machos en policultivo, lo que discrepó con la hipótesis de que las hembras se suelen encontrar en áreas alteradas. En general, se evidenció una mayor frecuencia de asociación de *M. varia* con sitios con características similares a los hábitats naturales (Sáenz *et al.*, 2006). En este sentido, los policultivos de La Esperanza (P2) y Villa Salomé (P1), se caracterizaron por poseer sombríos diversificados rodeados por remanentes de bosque fragmentado, pastos arbolados y mosaico de cultivos, con valores intermedios en el índice de forma (1.63 y 1.78) con geometría alargada-ovalada, lo que favoreció un mayor número de registros para esta especie, y posiblemente ofertando rutas de conectividad y mayores recursos (Raman, 2006; Macip-Ríos y Casas-Andreu, 2008; Martínez-Salinas y DeClerck, 2010).

8. CONCLUSIONES

La caracterización del hábitat en los sistemas cafeteros en policultivo y monocultivo sombreado permitió reconocer las especies empleadas como sombrío por los agricultores en la zona. Así mismo, los perfiles de vegetación evidenciaron la estratificación vertical, donde los policultivos presentaron un mayor número de estratos y una mayor complejidad estructural en relación con los monocultivos sombreados, lo que significó una mayor variedad de recursos como alimento, percha y refugio.

Los policultivos sombreados asociados al paisaje cafetero heterogéneo en Pescador, ofertaron una mayor cantidad de recursos para las especies de aves migratorias neártico-neotropicales; esto se evidenció a partir del registro de una

mayor diversidad y abundancia relativa de especies, y por las significancias estadísticas obtenidas a través de los análisis realizados.

Considerando la composición de la vegetación asociada a los sistemas cafeteros en Pescador, resaltó la presencia de árboles nativos como *P. caerulea*, *S. saponaria*, *J. caucana*, *C. peltata*, y frutales como *I. densiflora*, *I. edulis*, *C. aurantium*, *C. limón*, en otros, los cuales posiblemente ofertaron frutos e insectos a las aves migratorias registradas en el estudio.

Las aves migratorias con un mayor número de registros fueron *M. varia*, *S. fusca* y *S. petechia*. A su vez, *M. varia* y *S. fusca* presentaron diferencias significativas entre los tipos de sistemas cafeteros, y evidenciaron una preferencia por los policultivos de café. *C. ustulatus*, *S. fusca* y *S. petechia* presentaron diferencias significativas entre los meses de muestreo, las hembras de *S. fusca* iniciaron primero su viaje de regreso que los machos; *S. petechia* mostró un mayor número de registros en octubre y *C. ustulatus* en noviembre.

Los sistemas cafeteros en policultivo y monocultivo sombreado, ofrecen diversos recursos a las aves migratorias con hábitos alimenticios frugívoros-insectívoros e insectívoros, esto posiblemente se deba a la asociación que han identificado en diferentes estudios entre las aves y árboles nativos y frutales, como las especies encontradas como sombrío en los cafetales estudiados.

Las aves residentes y migratorias presentaron una mayor riqueza y abundancia en los cafetales con sombríos diversificados, y se obtuvo un mayor número de aves residentes, lo que sugiere que los sistemas cafeteros en Pescador y especialmente, los policultivos con sombríos diversos, están ofreciendo recursos similares a los hábitats naturales.

Los cafetales con sombríos diversificados facilitaron la movilidad de la avifauna migratoria neártico-neotropical, a través de las diferentes coberturas del paisaje e incrementaron la conectividad.

Los resultados indicaron que las métricas de borde total y forma de los sistemas cafeteros, podrían influir en la cantidad de registros de las aves migratorias en los cafetales. De esta manera, posiblemente los patrones que se encontraron entre la asociación de las métricas del paisaje y las aves migratorias, podrían ser una herramienta para proponer estrategias de conservación de aves.

Finalmente, con base en la Guía Ilustrada de la Avifauna Colombiana, se han reportado 79 especies de aves migratorias neárticas-neotropicales; de estas, 40 especies potencialmente pueden utilizar sistemas cafeteros en la Región Andina (Tyrannidae, Vireonidae, Turdidae, Icteridae, Parulidae y Cardinalidae). Así mismo, en el estudio realizado por Ayerbe et al. (2006), para el Departamento del Cauca, en el área de distribución geográfica donde se realizaron los muestreos (Caldono), se han reportado 23 especies de aves migratorias neárticas-neotropicales. En este sentido, en el presente estudio, se registraron 12 especies de las reportadas por Ayerbe et al. (2006), y se encontró que *Myiodynastes luteiventris* y *Catharus fuscescens* no se habían documentado previamente.

9. RECOMENDACIONES

Es importante fomentar el establecimiento de sistemas cafeteros con sombrío diversificado, manteniendo una estructura compleja y una composición diversa, donde se cultiven especies nativas, forestales, frutales, multipropósito, a fin de favorecer la fauna silvestre y obtener otros valores agregados al cultivo de café.

Es necesario dar a conocer a los productores de café de la región, los beneficios que pueden obtener de los policultivos de café con sombríos diversificados, debido a que podrían hacer uso de diversos productos y no solo de uno, además de la importancia de contribuir a la conservación de la biota.

Se deben realizar investigaciones que evalúen la ecología de las aves migratorias neárticas-neotropicales, así como sus viajes migratorios, a fin de conocer más de cerca los comportamientos en los territorios de invernada. Además, es importante que se continúen realizando estudios a una mayor escala entre aves migratorias y residentes, y profundizar en el conocimiento de este grupo, estableciendo planes de manejo para su conservación.

Es necesario hacer análisis con una mayor cantidad de métricas, de esta manera, posiblemente se puedan obtener patrones más robustos y complejos que contribuyan a comprender la relación entre las métricas del paisaje y las aves migratorias.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Charry, O., Matta-Camacho, N. E., y Moncada-Álvarez, L. I. (2013). Registros nuevos o poco conocidos de aves migratorias en la Laguna del Otún, Parque Nacional Natural Los Nevados, Risaralda, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18, 191–198.
- Alayon, Y. (2006). *Caracterización de la estructura y composición del ensamblaje de aves de hábitos diurnos terrestres, asociado a un agroecosistema de cafetal con sombrío*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Javeriana.
- Albert, S., Wolfe, J. D., Kellerman, J., Sherry, T., Stutchbury, B. J. M., Bayly, N. J., y Ruiz-Sánchez, A. (2020). Habitat ecology of Nearctic Neotropical migratory landbirds on the nonbreeding grounds. *The Condor*, 122(4), 1–18.
- Andrade, G. I., y Castro, L. G. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia Invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente y Desarrollo*, 16(30), 20.
- Arce-Peña, N. P., Arroyo-Rodríguez, V., San-José, M., Jiménez-González, D., Franch-Pardo, I., Andresen, E., y Ávila-Cabadilla, L. D. (2019). Landscape predictors of rodent dynamics in fragmented rainforests. *Biodiversity and Conservation*, 28(3), 655–669.
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L. F., y Hincapié, E. (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. En *Centro Nacional de Investigaciones de Café*.
- Ardila-Téllez, J. D., y Cruz-Bernate, L. (2014). Aspectos ecológicos de las aves migratorias neárticas en el campus de la Universidad del Valle. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(2), 93–108.
- Arroyo-rodríguez, V., Arasa-Gisbert, R., Arce-Peña, N., Cervantes-López, M. J., Cudney-Valenzuela, S. J., Galán-Acevedo, C., Hernández-Ruedas, M. A., Rito, K. F., y San-José, M. (2019). *Determinantes de la biodiversidad en paisajes antrópicos: Una revisión teórica*. 65–112.
- Asociación Colombiana de Ornitología. (2020). *Lista de referencia de especies de aves de Colombia - 2020*. v2. Asociación Colombiana de Ornitología. <http://doi.org/10.15472/qhsz0p>
- Avendaño, J. E. (2012). La avifauna de las tierras bajas del Catatumbo, Colombia: inventario preliminar y ampliaciones de rango. *Boletín Sociedad Antioqueña de Ornitología*, 21(1).
- Ayerbe, F. (2018). *Guía ilustrada de la avifauna Colombiana* (A. Barragán (ed.); Primera). Punto aparte.
- Bakermans, M. H., Rodewald, A. D., Vitz, A. C., y Rengifo, C. (2012). Migratory bird use of shade coffee: The role of structural and floristic features. *Agroforestry Systems*, 85(1), 85–94.
- Bakermans, M. H., Vitz, A. C., Rodewald, A. D., y Rengifo, C. G. (2009). Migratory songbird use of shade coffee in the Venezuelan Andes with implications for conservation of Cerulean warbler. *Biological Conservation*, 142(11), 2476–

2483.

- Bayly, N. J., Gómez, C., Hobson, K. A., González, A. M., y Rosenberg, K. V. (2012). Fall migration of the Veery (*Catharus fuscescens*) in northern Colombia: Determining the energetic importance of a stopover site. *The Auk*, 129(3), 449–459.
- Beer, J., Muschler, R., Kass, D., Somarriba, E., Kass, D., y Somarriba, E. (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38, 139–164. <https://doi.org/10.1023/A:1005956528316>
- Bernal, R., Gradstein, S. ., y Celis, M. (Eds.). (2019). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Billerman, S. M., Keeney, B. K., Rodewald, P. G., y Schulenberg, T. S. (Eds.). (2020). *Birds of the World. Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, NY, USA*. <https://birdsoftheworld.org/bow/home>
- Boesing, A. L., Nichols, E., y Metzger, J. P. (2018). Biodiversity extinction thresholds are modulated by matrix type. *Ecography*, 41(9), 1520–1533.
- Botero, J. E., Lentijo, G. M., y Sánchez-Clavijo, L. (2014). Biodiversidad en zonas cafeteras de Colombia. *Cenicafé*, 1–12.
- Botero, J. E., López, A. M., Espinosa, R., y Casas, C. (2010). Aves de zonas cafeteras del sur del Huila. *Cenicafé*, 62.
- Buechner, M. (1989). Are small-scale landscape features important factors for field studies of small mammal dispersal sinks? *Landscape Ecology*, 2(3), 191–199.
- Caicedo-Argüelles, A. D. P., y Cruz-Bernate, L. (2014). Actividades diarias y uso de hábitat de la Reinita Amarilla (*Setophaga petechia*) y la Piranga Roja (*Piranga rubra*) en un área verde urbana de Cali, Colombia. *Ornitología Neotropical*, 25(3), 247–260.
- Calamari, N. C., Vilella, F. J., Sica, Y. V., y Mercuri, P. A. (2018). Patch and landscape responses of bird abundance to fragmentation in agroecosystems of east-central Argentina. *Avian Conservation and Ecology*, 13(2).
- Castillo, Y. V., y Calderón, J. J. (2017). Plantas usadas por aves en paisajes cafeteros de Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 3–18.
- Caviedes, D. I. R. (2012). Cuenca del Rio Las Ceibas, un Área Importante para Las Aves Migratorias. *Revista Ingeniería y Región*, 9, 93–100.
- Cerezo, A., Robbins, C. S., y Dowell, B. (2009). Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical*, 57(1–2), 401–419.
- Céspedes, L. N. A., Wilson, S., y Bayly, N. J. (2021). Community modeling reveals the importance of elevation and land cover in shaping migratory bird abundance in the Andes. *Ecological Applications*, 32(1).
- Chapin III, F. S., Sala, O. E., Burke, I. C., Phillip Grime, J., Hooper, D. U., Lauenroth, W. K., Lombard, A., Mooney, H. A., Mosier, A. R., Naeem, S., Pacala, S. W., Roy, J., Steffen, W. L., y Tilman, D. (1998). Ecosystem consequences of changing biodiversity. *BioScience*, 48(1), 45–52.
- Chen, J., y Franklin, J. F. (1990). *Microclimatic Pattern and Basic Biological Responses at the Clearcut Edges of Old-Growth Douglas-fir Stands*. 6(2),

1990–1991.

- Clemente-Orta, G., y Álvarez, H. A. (2019). La influencia del paisaje agrícola en el control biológico desde una perspectiva espacial. *Ecosistemas*, 28(3), 13–25.
- Codesido, M. (2010). *Ensamblajes de aves en agroecosistemas de la provincia de Buenos Aires: su relación con los patrones de uso de la tierra y las características del paisaje*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio Institucional – Universidad de Buenos Aires.
- Collinge, S. K., y Palmer, T. M. (2002). The influences of patch shape and boundary contrast on insect response to fragmentation in California grasslands. *Annals of Operations Research*, 97(1–4), 131–141.
- Colorado, G. J. Z., Mehlman, D., y Valencia-C, G. (2018). Effects of floristic and structural features of shade agroforestry plantations on the migratory bird community in Colombia. *Agroforestry Systems*, 92(3), 677–691.
- Cornell Lab of Ornithology. (2019). All About Birds. En *Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York*. <https://www.allaboutbirds.org>
- COSEWIC. (2020). *COSEWIC Wildlife Species Assessments (detailed version), November 2020*. 1–4.
- CRC. (2009). *Formulación plan básico ordenamiento territorial de Caldon* (p. 182). <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POT/caldono/POTDOCUMENTOTECNICO.pdf>
- Damatta, F., y Rodríguez, N. (2007). Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica. *Redalyc.Org*, 25(1), 113–123.
- De La Zerda, S. L., y Stauffer, D. F. (1998). Habitat selection by Blackburnian warblers wintering in Colombia. *J. Field Ornithol*, 69(3), 457–465.
- De Luque, M. A. De, Pérez, Y. P., Rodríguez, Y. A., y Rodríguez, C. J. (2019). systems methodologies and landscape metrics Resúmen. *Ciencias Agropecuarias*, 5, 32–42.
- Díaz-Bohórquez, A. M., Bayly, N. J., Botero, J. E., y Gómez, C. (2014). Aves migratorias en agroecosistemas del norte de Latinoamérica, con énfasis en Colombia. *Ornitología Colombiana*, 14.
- Díaz-Kloch, N., Cardona, N. U., y Galvis, M. A. E. (2016). *Diversidad de Aves y su Relación con las Características de la Vegetación en Cafetales Agroforestales de la Sierra Nevada de Santa Marta (Departamento del Cesar- Colombia)*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Javeriana.
- Dietsch, T. V., Perfecto, I., y Greenberg, R. (2007). Avian foraging behavior in two different types of coffee agroecosystem in Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 39(2), 232–240.
- Dingle, H., y Drake, A. V. (2007). What is migration? *BioScience*, 57(2), 113–121.
- Dunning, J. B., Danielson, B. J., y Pulliam, R. H. (1992). Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *OIKOS*, 65, 169–175.
- Estrada-carmona, N., Martínez-Salinas, A., Declerck, F., Vilchez-Mendoza, S., y Garbach, K. (2019). Managing the farmscape for connectivity increases

- conservation value for tropical bird species with different forest-dependencies. *ELSEVIER*, September, 2–11.
- FAO. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020 Main report*.
- Fierro, K. (2009). Aves migratorias en Colombia. En Luis G. Naranjo y J. D. E. Amaya (Eds.), *Plan Nacional de las especies migratorias: Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. (pp. 63–75). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial y WWF Colombia.
- Florian, E., Harvey, C. A., Finigan, B., Benjamin, T., y Soto, G. (2008). Efecto de la complejidad estructural y el contexto paisajístico en la avifauna de sistemas agroforestales cafetaleros. *Ornitología Neotropical*, 19, 541–548.
- Foley, J. A., Defries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., y Snyder, P. K. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309, 570–574.
- Franklin, J. F., y Lindenmayer, D. B. (2009). Biological diversity. *PNAS*, 106(2), 329–386.
- Fuentes, E., Estrada, A., Franco, B., Magaña, M., Decena, Y., Muñoz, D., y García, Y. (2003). Reporte preliminar sobre el uso de recursos alimenticios pro una tropa de monos aulladores, *Alouatta palliata*, en el Parque La Venta, Tabasco, México. *Neotropical Primates*, 11(1), 24–29.
- Galán-Acedo, C., Arroyo-Rodríguez, V., Ramos-Fernández, G., y Estrada, A. (2019). Forest cover and matrix functionality drive the abundance and reproductive success of an endangered primate in two fragmented rainforests. *Landscape Ecology*, 34(1), 147–158.
- Galvis, M. R., y Torres, M. T. (2017). Etnobotánica y usos de las plantas de la comunidad rural de Sogamoso, Boyacá, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 187–206.
- García-Rodríguez, N. G., Ramos-Barahona, J. A., y Herrera-Serrano, N. O. (2006). *Efecto borde en la Avifauna del Bosque Seco San Diego- La Barra, Metapan, El Salvador, durante la estación seca y transicional seca-lluviosa*. Tesis, Universidad de El Salvador.
- GBIF.org. (2021). *GBIF Home Page*.
- Gómez, C., Bayly, N. J., González, A. M., Abril, E., Arango, C., Giraldo, J. I., Sánchez-Clavijo, L. M., Botero, J. E., Cárdenas, L., Espinosa, R., Hobson, K., Jahn, A. E., Johnston, R., Levey, D., Monroy, A., y Naranjo, L. G. (2011). Avances en la investigación sobre aves migratorias neárticas neotropicales en Colombia y retos para el futuro: resúmenes del III Congreso de ornitología Colombiana, 2010. *Ornitología Colombiana*, 11(April), 3–13.
- González-Medina, J. K., Figueroa-Esquivel, E. M., y Puebla-Olivares, F. (2016). Avifauna de dos zonas cafetaleras en Nayarit, oeste de México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 17(1), 18–32.
- González-Salazar, C., Martínez-Meyer, E., y López-Santiago, G. (2014). A hierarchical classification of trophic guilds for North American birds and

- mammals Clasificación jerárquica de gremios tróficos para aves y mamíferos de Norteamérica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 931–941. <https://doi.org/10.7550/rmb.38023>
- Gorman, O. T. (1988). The dynamics of habitat use in a guild of Ozark minnows. *Ecological Monographs*, 58(1), 1–18.
- Greenberg, R., Bichier, P., y Sterling, J. (1997). Bird Populations in Rustic and Planted Shade Coffee Plantations of Eastern Chiapas, México. *Biotropica*, 29(4), 501–514.
- Guevara, N. A., y Samudio, N. (2021). El Valle de Antón, Provincia de Coclé; como sitio de paso y observación de aves migratorias en Panamá. *Tecnociencia*, 23(1), 5–25.
- Guhl, A. (2009). Café, bosques y certificación agrícola en Aratoca, Santander. *Revista de Estudios Sociales*, 32, 114–125.
- Gurrutxaga, M. S. V., y Lozano, P. J. V. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios Geográficos*, 69(265), 519–543.
- Harvey, C. (2007). Designing Agricultural Landscapes for Biodiversity Conservation. En *Farming with Nature: The Science and Practice of Ecoagriculture* (pp. 146–165). Island Press.
- Henao-Isaza, J. R., Carranza, J. A., y Castaño, J. H. (2014). Avifauna del campus universitario El Jazmín: un mosaico de agroecosistemas diversos en el paisaje cafetero de Risaralda. *Investigaciones Unisarc Boletín*, 10(1–2), 32–44.
- Herrera, J. M. (2011). El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas*, 20(2), 21–34.
- Hilty, S. L., Brown, W. L., Álvarez-López, H., y Tudor, G. (2001). *Guía de las aves de Colombia*. American Bird Conservaty.
- Hurtado-Giraldo, A., Cruz-Bernate, L., y Molina, E. J. (2016). Dieta de aves migratorias en un sistema en Valle del Cauca, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Historia Natural. U. de Caldas*, 20(2), 151–163.
- Johnson, M. D. (2000). Effects of shade-tree species and crop structure on the winter arthropod and bird communities in a Jamaican shade coffee plantation. *Biotropica*, 32(1), 133–145.
- Jones, J., Ramoni-perazzi, P., Carruthers, E. H., y Robertson, R. J. (2002). Species composition of bird communities in shade coffee plantations in the Venezuelan Andes. *Environmental Sciences*, 13, 397–412.
- Kirkconnell, A. (2002). Aspectos ecológicos de las birijitas migratorias en Cuba. *Cotinga*, 17, 23–32.
- Laurance, W. F. (2008). Theory meets reality: How habitat fragmentation research has transcended island biogeographic theory. *Biological Conservation*, 141(7), 1731–1744.
- Laurance, W. F., Lovejoy, T. E., Vasconcelos, H. L., Bruna, E. M., Didham, R. K., Stouffer, P. C., Gascon, C., Bierregaard, R. O., Laurance, S. G., y Sampaio, E. (2002). Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: A 22-year

- investigation. *Conservation Biology*, 16(3), 605–618.
- Lentijo, G. M., y Botero, J. E. (2013). La avifauna de localidades cafeteras de los Municipios de Manizales y Palestina, departamento de Caldas, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 17(1), 111–128.
- Lentijo, G. M., López, A. M. L., Espinosa, R. A., y Botero, J. E. E. (2014). Inventario de la avifauna en tres estaciones experimentales de Cenicafé, en la cordillera Central de Colombia. *Revista Del Centro Nacional de Investigaciones de Café*, 65(1), 17–26.
- Lentino, M. (2016). Migración de aves en Rancho Grande: Resultados del programa de monitoreo de la migración de aves en el Parque Nacional Henri Pittier, Estado Aragua, Venezuela en el 2015. *Revista Venezolana de Ornitología*, 6, 37–49.
- Leyequién, E., De Boer, W. F., y Toledo, V. M. (2010). Bird community composition in a shaded coffee agro-ecological matrix in Puebla, Mexico: the effects of landscape heterogeneity at multiple spatial scales. *Biotropica*, 42(2), 236–245.
- Londoño-Betancourth, J. C. (2013). Discusiones sobre la presencia de aves rapaces, aves migratorias y aves bajo algún grado de amenaza en la ciudad de Pereira, Risaralda. *Revista Luna Azul*, 36, 134–164.
- Lopez de Casenave, J. (2001). *Estructura gremial y organización de un ensamble de aves del Desierto del Monte*. [Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio-Universidad de Buenos Aires.
- Macip-Ríos, R., y Casas-Andreu, G. (2008). Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(2), 143–159.
- Manrique-Valderrama, N. T., Gil-Leguizamón, P. A., Gil-Novoa, J. E., y Morales-Puentes, M. E. (2018). *La vida en un fragmento de bosque en las rocas: una muestra de la diversidad Andina en Bolívar, Santander. Capítulo VII Fitofenología y estrategias reproductivas*.
- Marín-Gómez, O. H. (2007). Visitas de “aves insectívoras” al guamo, *Inga edulis* (Mimosoideae) en el departamento del Quindío, Colombia. *Boletín SAO*, 17(1), 39–46.
- Marín-Gómez, O. H. (2012). Inventario de la avifauna de la reserva natural “La Montaña Del Ocaso”, Quimbaya, Quindío. *Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 24, 129:142.
- Marín, A. L., Toro, L. J., y Uribe, S. I. (2008). Conectividad estructural del paisaje cafetero en la cuenca alta del Río San Juan, suroeste antioqueño, Colombia. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 23, 43–54.
- Martínez-Salinas, A., y DeClerck, F. (2010). El papel de los agroecosistemas y bosque en la conservación de aves dentro de corredores biológicos. *Mesoamericana*, 3, 16.
- Martínez-Sánchez, J. C. (2007). *Lista Patron de las Aves de Nicaragua: Con información de nuevos registros, distribución y localidades donde observar aves*. Alianza para las Áreas Silvestres, ALAS.
- Martínez, M. (2008). Grupos funcionales. En *Conocimiento actual de la*

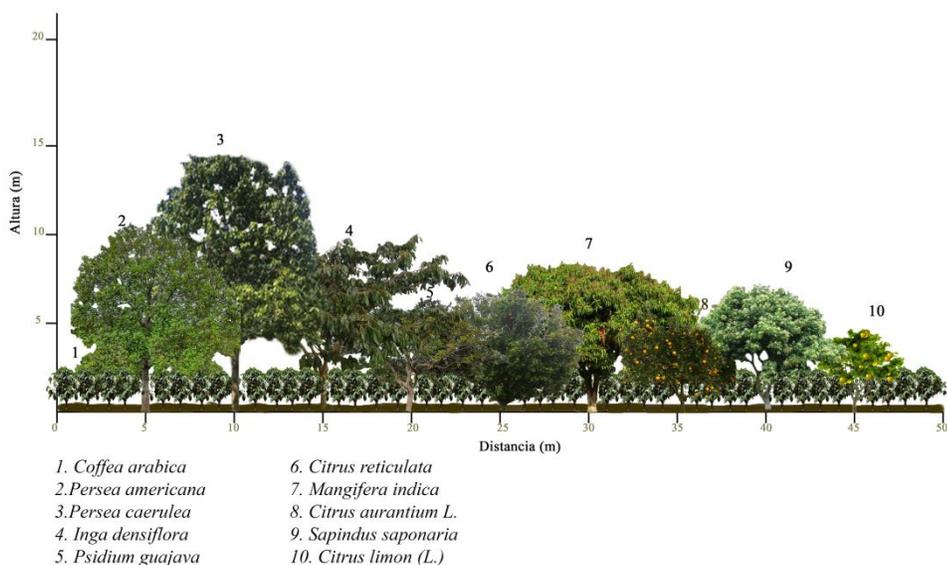
- biodiversidad: Vol. I* (pp. 365–412).
- McElaney, S. (2019). *Contrasting non-breeding ecology of Swainson's Thrush (Catharus ustulatus) in Andean forest and shade-grown coffee (Catharus ustulatus) in Andean forest and shade-grown coffee plantations plantations*. Electronic Thesis and Dissertation Repository. 6031.
- McGarigal, K. (2015). *FRAGSTATS HELP* (pp. 4–182).
- McMullan, M., Donegan, T., Pantoja, G., Tuncer, T., Bartels, A., y Ellery, T. (2018). *Field Guide to the Birds of Colombia* (R. Naranjo (Ed.)). Delfín S.A.S.
- Mendenhall, C. D., Karp, D. S., Meyer, C. F. J., Hadly, E. A., y Daily, G. C. (2014). Predicting biodiversity change and averting collapse in agricultural landscapes. *Nature*, 509(7499), 213–217. <http://dx.doi.org/10.1038/nature13139>
- Moguel, P., y Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Jstor*, 13(1), 11–21.
- Molina, Y. G. M. (2014). Birds of the Totare River Basin, Colombia. *Check List*, 10(2), 269–286.
- Muschler, R., Gutiérrez Montes, I., y Rivas-Platero, G. G. (2007). Módulo 5 Producción orgánica y agroforestal de cultivos perennes (café). En Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (Ed.), *Proyecto Desarrollo Social Integrado y Sostenible, Chiapas, México* (Vol. 5).
- Narango, D. L., Tallamy, D. W., Snyder, K. J., y Rice, R. A. (2019). Canopy tree preference by insectivorous birds in shade-coffee farms: Implications for migratory bird conservation. *Biotropica*, 1–12.
- Naranjo, L. G., Amaya, D., Eusse-González, D., y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.). (2012). *Guía de las especies migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Vol. 1. Ministerio de la Biodiversidad en Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible WWF Colombia Desarrollo Sostenible WWF Colombia.
- Naranjo, Luis G., y Amaya, J. D. (Eds.). (2009). *Plan Nacional de las especies migratorias: Diagnóstico e identificación de acciones para la conservación y el manejo sostenible de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible WWF Colombia.
- Ocampo-Peñuela, N. (2010). El fenómeno de la migración en aves: una mirada desde la orinoquia. *Redalyc.Org*, 14(2), 188–200.
- Pacheco-Riaño, L. C. (2015). *Las comunidades de aves, sus grupos funcionales y servicios ecosistémicos en un paisaje cafetero colombiano*. [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional – Pontificia Universidad Javeriana.
- Partners in Flight. (2017). *Watchlist Species Search*. <https://partnersinflight.org/species/>
- Peña-Núñez, J. L., Jiménez-Ferreira, V. A., y Pasaje-Bolaños, M. J. (2017). Composición, estructura y uso de hábitat de la avifauna, en un campus universitario del piedemonte andino-amazónico de Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 7(3), 205–220.
- Peraza, C., Cifuentes, Y., Alayon, Y., y Clavijo, C. (2004). Adiciones a la avifauna

- de un cafetal con sombrío en la Mesa de los Santos (Santander, Colombia). *Universitas Scientiarum*, 9, 19–32.
- Pfeifer, M., Lefebvre, V., Peres, C. A., Wearn, O. R., y Marsh, C. J. (2017). Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. *Europe PMC Funders Group*, 551(7679), 187–191.
- Philpott, S. M., y Bichier, P. (2012). Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 149, 171–180.
- Pradilla, G., Bayly, N. J., Andrade, G., y Gómez, C. (2012). Paisajes agrícolas, agroecosistemas y conservación de las especies migratorias en Colombia. En C. Gómez y J. M. Díaz (Eds.), *Agroecosistemas beneficiosos para las especies migratorias de Colombia* (pp. 12–60). Informe final del Convenio 044 del 2012 entre SELVA: Investigación para la Conservación en el Neotrópico y la UPRA (Unidad de Planificación de Tierras Rurales, Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Pretelli, M. G., Isacch, J. P., y Cardoni, D. A. (2018). Species-area relationships of specialist versus opportunistic Pampas grassland birds depend on the surrounding landscape matrix. *Ardeola*, 65(1), 3–23.
- Prevedello, J. A., y Vieira, M. V. (2010). Does the type of matrix matter? A quantitative review of the evidence. *Biodiversity and Conservation*, 19, 1205–1223.
- Prugh, L. R., Hodges, K. E., Sinclair, A. R. E., y Brashares, J. S. (2008). Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(52), 7.
- QGIS.org. (2021). *QGIS Geographic Information System*. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Ralph, J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., Desante, D. F., y Milá, B. (1996). *GTR 159: Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. <http://www.psw.fs.fed.us/techpub.html>
- Raman, T. R. S. (2006). Effects of habitat structure and adjacent habitats on birds in tropical rainforest fragments and shaded plantations in the Western Ghats, India. *Biodiversity and Conservation*, 15(4), 1577–1607.
- Ramírez, W., y Chaparro-Herrera, S. (2019). Nuevos registros de aves migratorias para el sureste de los andes colombianos. *Boletín SAO*, 28(February), 9–15.
- Remsen, J. V. J., Areta, J. I., Bonaccorso, E., Claramunt, S., Jaramillo, A., Lane, D. F., Pacheco, J. F., Robbins, M. B., Stiles, F. G., y Zimmer, K. J. (2021). *A classification of the bird species of South America*. *American Ornithological Society*. <https://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>
- Resnatur, Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia-Calidris., y Colombia WWF. (2004). *Manual para el Monitoreo de Aves Migratorias*. Convenio de cooperación entre la Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia – Calidris.
- Ricketts, T. (2001). The matrix matters: Effective isolation in fragmented landscapes. *American Naturalist*, 158(1), 87–99.

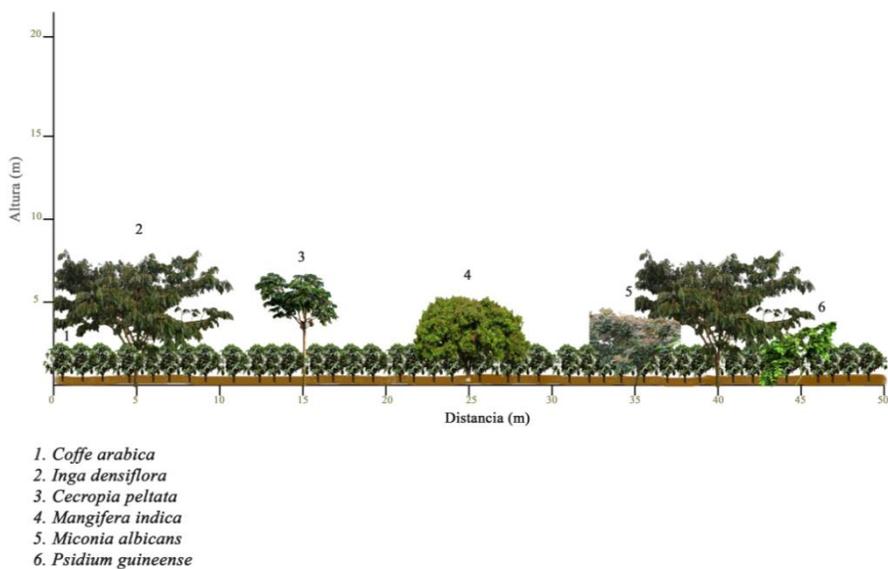
- Rojas, Á., Hartman, K., y Almonacid, R. (2012). El impacto de la producción de café sobre la biodiversidad, la transformación del paisaje y las especies exóticas invasoras. *Ambiente y Desarrollo*, 16(30), 93–104.
- Root, R. (1967). The niche exploitation pattern of the Blue-gray Gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37(4), 317–350.
- Ruffell, J., Clout, M. N., y Didham, R. K. (2016). The matrix matters, but how should we manage it? Estimating the amount of high-quality matrix required to maintain biodiversity in fragmented landscapes. *Ecography*, 39, 1–8.
- Ruiz-Guerra, C. (2014). Aves migratorias neotropicales recapturadas en algunas localidades de los departamentos de Atlántico y Magdalena, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 43(1), 89–106.
- Ruiz, V., Savé, R., y Herrera, A. (2013). Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. *Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 22(11), 57–68.
- Sáenz, J. C., Villatoro, F., Ibrahim, M., Fajardo, D., y Pérez, M. (2006). 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, 37–48.
- Salas, Á. D., y Mancera-Rodríguez, N. J. (2020). Aves como indicadoras ecológicas de etapas sucesionales en un bosque secundario, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 68(1), 23–39.
- Sánchez-Clavijo, L. M., Arbeláez-Alvarado, D., y Renjifo, L. M. (2008). Investigación y conservación de aves en paisajes rurales neotropicales. *ORNITOLOGIA NEOTROPICAL*, 19, 549–565.
- Sánchez-Clavijo, L. M., Bayly, N. J., y Quintana-Ascencio, P. F. (2019). 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(2), 553–564.
- Sánchez-Clavijo, L. M., Botero-Echeverry, J. E., y Vélez, J. G. (2007). Conservación de los sombríos en cafetales de tres localidades de Colombia. *Cenicafé*, 58, 304–323.
- Sánchez-Clavijo, L. M., Vélez, J., Durán, S., García, R., y Botero, J. (2008). Estudio regional de la biodiversidad en los paisajes cafeteros de Santander. *Cenicafé*, 31, 6–68.
- Sánchez, D., Vilchez, S., y DeClerck, F. (2011). Complementariedad de la vegetación como provisión de recursos para la comunidad de aves en el agropaisaje de Copán Ruinas, Honduras. *Agroforestería En Las Américas*, 48, 130–136.
- Sánchez, V. E. (2017). Uso de hábitat de aves migratorias en el bosque sucesional de Cocha Cashu (Río Manu, Perú). *Rebiol*, 37(1), 36–45.
- SAS.Planet. (2020). SASGIS Mapeo y navegación web. <http://www.sasgis.org/download/>
- Şekercioğlu, Ç. H., Mendenhall, C. D., Oviedo-Brenes, F., Horns, J. J., Ehrlich, P. R., y Daily, G. C. (2019). Long-term declines in bird populations in tropical agricultural countryside. *PNAS*, 116(20), 9903–9912.

- Sfair, J. C., Arroyo-Rodríguez, V., Santos, B. A., y Tabarelli, M. (2016). Taxonomic and functional divergence of tree assemblages in a fragmented tropical forest. *Ecological Applications*, 26(6), 1816–1826.
- Shoffner, A., Wilson, A. M., Tang, W., y Gagné, S. A. (2018). The relative effects of forest amount, forest configuration, and urban matrix quality on forest breeding birds. *Scientific Reports*, 8(1), 1–12.
- Simberloff, D., y Dayan, T. (1991). The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecological Systematics*, 22, 115–143.
- The R Foundation. (2021). *The R Project for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>
- Vannini, J. P. (1994). Nearctic avian migrants in coffee plantations and forest fragments of south-western Guatemala. *Bird Conservation International*, 4, 209–232.
- Vega-Rivera, J. H., Rappole, J. H., y Escalante, P. (2003). Identificación del hábitat de ocho especies de aves tropicales mediante análisis de regresión, en Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Anales Del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México*, 74(2), 195–201.
- Vila, J., Varga, D., Llausàs, A., y Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Geográfica*, 48, 151–166.
- Villabona, G., y Giraldo, G. (2018). *Estructura trófica del ensamblaje de aves en tres configuraciones del paisaje rural cafetero de Risaralda*. [Tesis de Pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional - Universidad Distrital - RIUD.
- Villarreal, H., Álvarez, S., Córdoba, F., Escobar, G., Fagua, F., Mendoza, H. Umaña, A. (2004). Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*, 236.
- Villaseñor, J. F., y Hutto, R. L. (1995). The importance of agricultural areas for the conservation of the neotropical migratory landbirds in Western Mexico. *Conservation of Neotropical Migratory Birds in Mexico*, 59–80.
- Webster, M. S., Marra, P. P., Haig, S. M., Bensch, S., y Holmes, R. T. (2002). Links between worlds: Unraveling migratory connectivity. *Trends in Ecology and Evolution*, 17(2), 76–83.
- Weldon, A. J., y Haddad, N. M. (2005). The effects of patch shape on Indigo Buntings: Evidence for an ecological trap. *Ecology*, 86(6), 1422–1431.
- Whittam, T. S., y Siegel-Causey, D. (1981). Species incidence functions and alaskan seabird colonies. *Journal of Biogeography*, 8(6), 1515–1524.
- Wilcoxon, C. A., Walk, J. W., y Ward, M. P. (2018). Use of cover crop fields by migratory and resident birds. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 252, 42–50.
- Xeno-canto Foundation. (2021). *xeno-canto*. <https://www.xeno-canto.org>

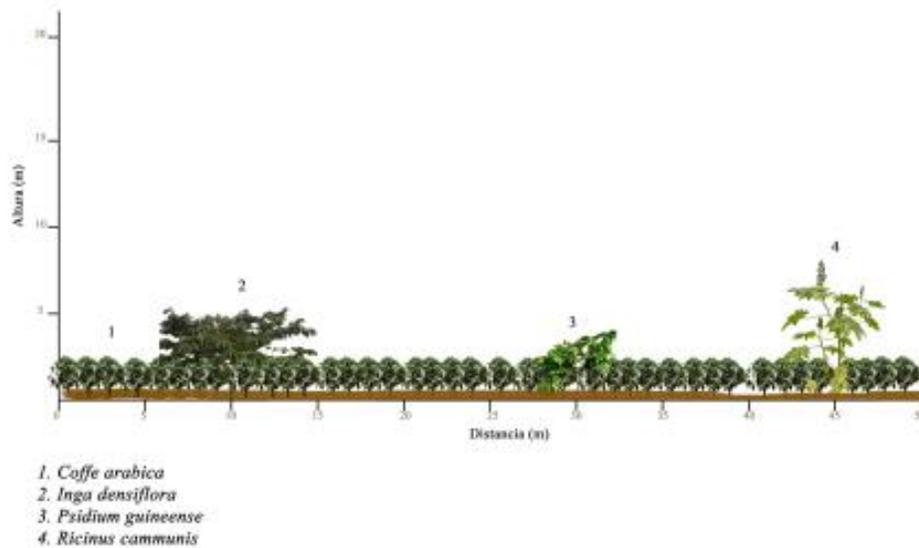
ANEXOS



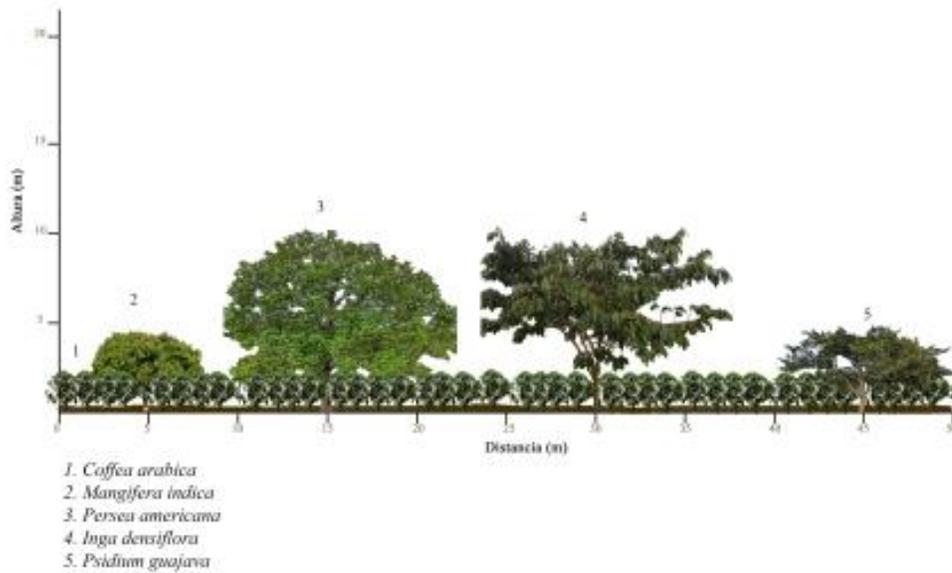
Anexo 1. Perfil de vegetación Finca Villa Salomé (P1), vereda Campiña, Pescador, Cauca.



Anexo 2. Perfil de vegetación Finca La Cuchilla (P3), vereda La Llanada, Pescador, Cauca.



Anexo 3. Perfil de vegetación Finca Villa Selena 1 (MS1), vereda Pescador, Pescador, Cauca.



Anexo 4. Perfil de vegetación Finca Villa Selena 2 (MS2), vereda Pescador, Pescador, Cauca.

Anexo 5. Especies de aves residentes en el tipo de sistema donde se registró y grupo trófico: frugívoro-insectívoro (FR-IN) e insectívoro (IN).

Taxón	Tipo de sistema productivo		
	Policultivo	Monocultivo	Grupo trófico
Cuculiformes			
Cuculidae			
<i>Tapera naevia</i>	X	X	IN
<i>Piaya cayana</i>	X	X	IN
Coraciiformes			
Momotidae			
<i>Momotus aequatorialis</i>	X	X	FR-IN
Piciformes			
Picidae			
<i>Picumnus granadensis</i>	X	X	IN
<i>Melanerpes rubricapillus</i>	X	-	FR-IN
<i>Dryobates fumigatus</i>	X	-	IN
<i>Dryobates nigriceps</i>	X	-	IN
<i>Dryocopus lineatus</i>	X	X	IN
Passeriformes			
Thamnophilidae			
<i>Thamnophilus multistriatus</i>	X	X	IN
<i>Dysithamnus mentalis</i>	X	-	IN
Furnariidae			
<i>Synallaxis azarae</i>	X	X	IN
Tityridae			
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	X	-	FR-IN
Tyrannidae			
<i>Mionectes olivaceus</i>	X	X	FR-IN
<i>Mionectes oleagineus</i>	X	X	FR-IN
<i>Todirostrum cinereum</i>	X	-	IN
<i>Zimmerius chrysops</i>	X	X	FR-IN
<i>Camptostoma obsoletum</i>	X	X	FR-IN
<i>Elaenia flavogaster</i>	X	X	FR-IN
<i>Phyllomyias griseiceps</i>	X	X	FR-IN
<i>Phaeomyias murina</i>	X	X	FR-IN
<i>Legatus leucophaeus</i>	X	-	FR-IN
<i>Pitangus sulphuratus</i>	X	X	FR-IN
<i>Myiodynastes maculatus</i>	X	-	FR-IN
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	X	X	FR-IN

<i>Tyrannus melancholicus</i>	X	X	FR-IN
<i>Myiarchus apicalis</i>	X	-	FR-IN
<i>Myiarchus cephalotes</i>	X	-	FR-IN
Pipridae			
<i>Machaeropterus striolatus</i>	X	-	FR-IN
Vireonidae			
<i>Vireo leucophrys</i>	X	X	FR-IN
<i>Vireo olivaceus</i>	X	X	FR-IN
Corvidae			
<i>Cyanocorax yncas</i>	X	-	FR-IN
Troglodytidae			
<i>Troglodytes aedon</i>	X	X	IN
Turdidae			
<i>Myadestes ralloides</i>	X	X	FR-IN
<i>Catharus aurantiirostris</i>	X	X	FR-IN
<i>Turdus ignobilis</i>	X	X	FR-IN
Mimidae			
<i>Mimus gilvus</i>	X	X	FR-IN
Passerellidae			
<i>Arremon brunneinucha</i>	-	X	FR-IN
<i>Zonotrichia capensis</i>	X	X	FR-IN
<i>Atlapetes albinucha</i>	-	X	FR-IN
Icteridae			
<i>Psarocolius decumanus</i>	X	X	FR-IN
<i>Icterus chrysater</i>	X	X	FR-IN
Parulidae			
<i>Setophaga pitaiayumi</i>	X	X	IN
<i>Basileuterus culicivorus</i>	X	X	IN
<i>Myioborus miniatus</i>	X	X	IN
Thraupidae			
<i>Chlorophanes spiza</i>	X	X	FR-IN
<i>Hemithraupis guira</i>	X	X	FR-IN
<i>Tachyphonus rufus</i>	X	X	FR-IN
<i>Ramphocelus dimidiatus</i>	X	X	FR-IN
<i>Ramphocelus flammigerus</i>	X	X	FR-IN
<i>Saltator atripennis</i>	X	X	FR-IN
<i>Saltator striatipectus</i>	X	X	FR-IN
<i>Stilpnia heinei</i>	X	X	FR-IN
<i>Stilpnia vitriolina</i>	X	X	FR-IN
<i>Stilpnia cyanicollis</i>	X	X	FR-IN
<i>Tangara gyrola</i>	X	X	FR-IN

<i>Tangara arthus</i>	X	-	FR-IN
<i>Thraupis episcopus</i>	X	X	FR-IN
<i>Thraupis palmarum</i>	X	X	FR-IN

Anexo 6. Fotografías de aves migratorias neárticas-neotropicales registradas en los sistemas cafeteros en policultivo y monocultivo sombreado, Pescador, Caldon, Cauca.

Familia Tyrannidae



Myiodynastes luteiventris, *Tyrannus tyrannus*.

Familia Turdidae



Catharus fuscescens, *Catharus ustulatus*, *Parkesia noveboracensis*.

Familia Parulidae



A. Lebron



M. Cloete



Mniotilta varia, *Leiothlypis peregrina*, *Geothlypis philadelphia*, *Setophaga ruticilla*, *Setophaga fusca*, *Setophaga petechia*, *Cardellina canadensis*.

Familia Cardinalidae



Piranga rubra, *Pheucticus ludovicianus*.