

**COMUNIDAD DE AVES ASOCIADA A DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
CAFETERA EN LA VEREDA VILLANUEVA, POPAYÁN, CAUCA**

ALEX FERNANDO MENESES ZÚÑIGA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2017**

**COMUNIDAD DE AVES ASOCIADA DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
CAFETERA EN LA VEREDA VILLANUEVA, POPAYÁN, CAUCA**

ALEX FERNANDO MENESES ZÚÑIGA

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de biólogo

DIRECTORES

CRISTIAN CAMILO VIDAL MALDONADO, Biol.

MARIA CRISTINA GALLEGO ROPERO, PhD.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

PROGRAMA DE BIOLOGÍA

POPAYÁN

2017

Nota de Aceptación

Director _____

Biól. Cristian Camilo Vidal Maldonado

Director _____

Ph. D. María Cristina Gallego Roperó

Jurado _____

M. Sc. Lorena Cruz Bernate

Jurado _____

M. Sc. María del Pilar Rivas Pava

Fecha de Sustentación: Popayán, 2 de marzo de 2017.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	X
INTRODUCCIÓN	
1. JUSTIFICACIÓN	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Importancia económica del café	3
2.2 Prácticas de manejo de sistemas productivos cafeteros	3
2.3 Sistemas productivos de café en la conservación de aves	5
2.4 Gremios tróficos	7
2.5 Anillamiento de aves	8
2.6 Perfiles de diversidad	8
3. ANTECEDENTES	10
4. OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo general	14
4.2 Objetivos específicos	14
5. METODOLOGIA	15
5.1 Área de estudio	15
5.2 Caracterización de la avifauna	16
5.3 Análisis de datos	17
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
6.1 Riqueza y abundancia de especies	18
6.2 Curvas de acumulación de especies y efectividad de muestreo obtenido para especies de aves residentes.	19
6.3 Curvas de acumulación de especies y efectividad de muestreo para especies de aves migratorias.	19
6.4 Comparaciones estadísticas para conjuntos de datos obtenidos por tipo de sistema cafetero	23
6.4.1 Especies aves residentes	23
6.4.2 Especies de aves migratorias	24

6.5	Gremios tróficos	25
6.6	Resultados obtenidos en sistema de monocultivo	27
6.6.1	Especies de plantas asociadas: sistema de monocultivo de café	28
6.7	Resultados obtenidos en sistema de policultivo	29
6.7.1	Especies de plantas asociadas: sistema de policultivo de café	29
6.8	Anillamiento de aves	32
6.9	Perfiles de diversidad en los sistemas cafeteros estudiados	34
6.9.1	Perfil de diversidad alfa – aves residentes	34
6.9.2	Perfil de diversidad Beta – aves residentes	35
6.9.3	Perfil de diversidad Alfa – aves migratorias	38
6.9.4	Perfil de diversidad beta – aves migratorias	38
7.	CONCLUSIONES	41
8.	RECOMENDACIONES	42
9.	LITERATURA CITADA	43

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Localización área de estudio	15
Figura 2	Curvas de acumulación de especies para aves residentes	21
Figura 3.	Curvas de acumulación de especies para aves migratorias	22
Figura 4.	Número de especies capturadas por gremio trófico	25
Figura 5.	Número de individuos capturados por gremio trófico	26
Figura 7.	Número de especies exclusivas capturadas por tipo de sistema	26
Figura 8.	Perfiles de diversidad (alfa y beta) – aves residentes	36
Figura 9.	Perfiles de diversidad (alfa y beta) – aves migratorias	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especies de aves residentes y número de individuos capturados con redes de niebla por tipo de cultivo	18
Tabla 2. Especies de aves migratorias y número de individuos capturados con redes de niebla por tipo de cultivo	19
Tabla 3. Valores de q para beta de orden 0, 1 y 2, aves residentes	35
Tabla 4. Valores de abundancia realtiva de especies de aves determinantes en los órdenes de diversidad betas – residentes	37
Tabla 5. Valores de q para beta de orden 0, 1 y 2, aves migratorias	39
Tabla 6. Valores de abundancia realtiva de especies de aves determinantes en los órdenes de diversidad betas – migratorias	39

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Listado de especies capturadas en las unidades de estudio. A). Residentes, B). Migratorios.	51
Anexo 2. Especies de aves capturadas y fotografiadas en sistemas cafeteros (policultivo y monocultivo) agrupadas en gremios tróficos.	54
Anexo 3. Especies de aves migratorias capturadas y fotografiadas en sistemas cafeteros (policultivo y monocultivo).	57

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos en primera instancia a mis padres, Joel Meneses y Rosalba Zúñiga, fundamentales en el apoyo incondicional de principio a fin en mi propósito de realizarme como profesional; a mi hermana Juliana, sobrinos y allegados por perseverar junto a mí.

Agradezco a la Universidad del Cauca y los docentes adscritos al programa de Biología por la formación recibida.

Así mismo, agradezco enormemente a la profesora María Cristina Gallego Roper por permitirme ingresar al grupo de estudios ambientales (GEA) del programa de biología y dirigir mi trabajo de grado.

De igual manera, agradezco grandemente a Cristian Camilo Vidal Maldonado, biólogo egresado de la Universidad del Cauca, por dirigir mi trabajo y afianzar en mí el conocimiento en el área de ornitología.

Al grupo de trabajo conformado por los biólogos Vianny Plaza, Yamid Mera, y estudiantes de biología Whitney Ulloa, Stephanía Aguirre, Rocío del Pilar Betancourt, Valentina Sánchez, también agradezco su disposición a colaborar de forma desinteresada en las salidas de campo y por su amistad.

RESUMEN

Las recientes tasas de deforestación y la consecuente pérdida de hábitats naturales hacen que alcanzar un equilibrio entre el uso eficiente de la tierra y la conservación de la biodiversidad sea una tarea cada vez más compleja. La transformación de ecosistemas en sistemas productivos se considera un factor determinante en la persistencia de la biodiversidad, por lo que la representatividad de la misma dependerá de las prácticas de manejo a las cuales estén sometidos dichos sistemas. En esta investigación se determinó la riqueza y abundancia de las especies de aves asociadas a los sistemas productivos cafeteros de monocultivo y policultivo de la meseta de Popayán. Para este fin se utilizaron redes de niebla y todos los individuos capturados fueron anillados, a excepción de colibríes (Trochilidae), los cuales fueron fotografiados y liberados. En total, se reportaron 63 especies y se realizaron 374 capturas correspondientes a 331 individuos residentes y 43 individuos migratorios. Del total de individuos anillados 21 fueron recapturados. Los resultados obtenidos indicaron una mayor diversidad de especies en cafetales con sombra con relación a sistemas de monocultivo. Las clasificaciones tróficas evidenciaron una mayor presencia de frugívoros y nectarívoros en cafetales con sombra, y un mayor número de especies granívoras en cafetales a libre exposición. Se resalta el papel que desempeña la sombra de dosel en la riqueza y abundancia de aves, destacando la necesidad de implementar sistemas agroforestales que favorezcan y contribuyan a la conservación de la avifauna.

INTRODUCCIÓN

La agricultura en las décadas pasadas ha tenido un crecimiento importante, produciendo un considerable impacto sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos (Laurance, 1999). Los efectos ecológicos negativos que derivan de la conversión de hábitats naturales a sistemas productivos, y los cambios en las prácticas agrícolas, surgen como resultado directo de la disminución de la complejidad estructural y florística de la vegetación, simplificando las comunidades de fauna asociada a dichos entornos (Sternberg *et al.*, 2000; Vandermeer y Perfecto, 2007).

Algunos tipos de cobertura vegetal dentro de los sistemas productivos son considerados de mayor valor en el ejercicio de la conservación; entre estos, se resaltan algunas prácticas de manejo de cultivos de cacao, cítricos, cafetales, entre otros (Robbins *et al.*, 1992). El cultivo tradicional de café por ejemplo, es uno de los sistemas agroforestales que ha despertado un interés creciente de investigación debido a la importancia que puede tener en la provisión de hábitat a distintos grupos de fauna, en particular a las aves (Wunderle Jr y Latta, 1996; Moguel y Toledo, 1999; Dietsch *et al.*, 2007). Las aves son atraídas a los sistemas agroforestales cafeteros tradicionales no solo por la importante oferta de recursos alimenticios (frutas, néctar e insectos) que este tipo de sistema puede brindar, sino también por el refugio que puede proveer (Johnson, 2000).

La riqueza de especies en sistemas cafeteros tradicionales puede estar asociada a su diversidad estructural y composición florística (Corredor, 1989; Greenberg *et al.*, 1997b). Sin embargo, las alteraciones antrópicas que generan eliminación de sitios de forrajeo y anidación para algunos grupos de aves, probablemente favorece la pérdida de algunas especies (Perfecto *et al.*, 1996).

En este sentido, es útil la evaluación de los diferentes hábitats cafeteros para la conservación, puesto que considera los tipos de especie presentes y el papel que desempeña el hábitat en el mantenimiento de las dinámicas de paisaje (Railsback y Johnson, 2014).

A partir de lo anterior, el objetivo de este estudio consistió en caracterizar la comunidad de aves asociada a sistemas productivos cafeteros de monocultivo y policultivo de la meseta de Popayán, relacionando la riqueza y abundancia de las especies de aves determinadas con el tipo de manejo de cada sistema.

1. JUSTIFICACIÓN

Los impactos que generan las actividades de expansión agraria sobre los entornos naturales son considerables, puesto que ponen en riesgo la persistencia de la biodiversidad vegetal y animal (Tilman *et al.*, 2011; Railsback y Johnson, 2014).

El progresivo uso de la tierra para el establecimiento de sistemas productivos, genera un creciente interés de investigación, debido a que los agroecosistemas se han denominado como potenciales lugares de albergue para distintos grupos de fauna en una determinada región (Pimentel *et al.*, 1992; Manson, 2008; Perrings y Halkos, 2015).

La composición florística entre sistemas naturales y antropizados puede diferir en la disponibilidad de refugios y la persistencia de recursos alimenticios para distintos grupos de fauna (Wunderle Jr y Latta, 1996; Greenberg *et al.*, 1997a). En este sentido, conocer las variantes de la complejidad estructural y florística de los hábitats, sirve para determinar en qué medida se genera un desequilibrio en la conservación de la biodiversidad (Wunderle Jr y Latta, 1996; Greenberg *et al.*, 1997a, b).

Los sistemas productivos cafeteros, por ejemplo, pueden ser utilizados por algunas especies de aves como refugios (Griscom y Anthony, 1932; Askins *et al.*, 1990; Wille, 1994; Greenberg *et al.*, 1997a). En este caso en particular, el hábitat para las aves varía dependiendo del tipo de manejo que se tenga. En general se han descrito dos sistemas productivos bien marcados (Moguel y Toledo (1999)), como lo son el denominado cultivo “tradicional” o con sombra arbórea asociada, el cual cuenta con presencia de vegetación diversa, y el de monocultivo “moderno” o a libre exposición, el cual es extensivo y se caracteriza por la eliminación de los árboles de dosel.

Con base en lo anterior, las comparaciones de las poblaciones de aves asociadas a los sistemas agroforestales de café con sombra y a libre exposición al sol, permiten determinar cambios en la composición de las comunidades de aves; consecuentemente, esto permite evidenciar cómo la conversión del cultivo de café con sombra a sistemas productivos a libre exposición, puede generar algún efecto sobre la utilización de estos espacios como hábitat por parte de muchas especies.

2. MARCO TEÓRICO

La transformación del uso del suelo a causa del establecimiento de sistemas productivos a nivel mundial se debe en parte a la rápida expansión de la superficie dedicada a la agricultura (Thiollay, 1995). Se sabe que el aumento de la producción agrícola puede retribuir beneficios económicos para los inversionistas, pero a cambio trae consecuencias negativas para los ambientes naturales (Balvanera *et al.*, 2009).

Los sistemas cafeteros tradicionales, por ejemplo, son una actividad cultural que representa una gran importancia económica para muchos países tropicales (Buechley *et al.*, 2015) y son reconocidos ampliamente por sus aportes a la conservación de la biodiversidad (Greenberg *et al.*, 1997b).

2.1 Importancia económica del café

Actualmente, se reconocen 25 especies de arbustos de café comúnmente utilizadas (Clifford, 2012); sin embargo, en países con tradición cafetera se cultivan especialmente *Coffea arabica* y *Coffea canephora*; estas dos especies se han descrito como las productoras del 99% del comercio mundial (Arcila *et al.*, 2007; Jaramillo, 2012).

El café se produce en 11 millones de hectáreas de tierra en más de 70 países y es uno de los productos de mayor importancia a nivel mundial y uno de los sistemas productivos económicamente más valiosos (Raynolds *et al.*, 2004). Según la Organización Internacional del Café (ICO, por sus siglas en inglés), las exportaciones de café a nivel mundial ascendieron a 147,9 millones de sacos para el 2015 (ICO, 2015). Entre los países con mayor producción de café se destacan (valores expresados en millones de sacos de 60 kilogramos según ICO (2015)): Brasil (43.2), Vietnam (27.5), Colombia (13.5), Indonesia (12.3), Etiopía (6.4), India (5.8), Honduras (5.7), Uganda (4.8), México (3.9) y Guatemala (3.4).

2.2 Prácticas de manejo de sistemas productivos cafeteros

El café es una especie vegetal perteneciente a la clase Magnoliopsida y a la familia de las Rubiáceas; esta familia tiene alrededor de 500 géneros y más de 6000

especies, la mayoría de ellas árboles y arbustos, los cuales son principalmente de origen tropical y de amplia distribución (Clifford, 2012).

Los estratos vegetales en los sistemas productivos de café varía dependiendo del tipo de práctica (Moguel y Toledo, 1999). Estos modelos van desde los monocultivos a libre exposición, donde se remueve total o parcialmente la sombra, hasta los policultivos rústicos o plantaciones mixtas, las cuales se cultivan bajo una variedad de árboles nativos de sombra (Perfecto *et al.*, 1996; Wunderle Jr y Latta, 1996; Moguel y Toledo, 1999).

A escala neotropical, los cultivos de café denominados tradicionales se desarrollan bajo la sombra de árboles de dosel nativos o exóticos como nogales (*Cordia alliodora*), cedros (*Cedrela sp.*), pisquines (*Albizia carbonaria*), higuerones o lecheros (*Ficus sp.*), cachimbos (*Erythrina sp.*) entre otros, que sirven como sombrío en sitios donde la vegetación natural ha sido removida (Turabay *et al.*, 2014).

Adicionalmente, entre otras especies vegetales utilizadas como sombrío, se destacan árboles de los géneros *Inga*, *Gliricidia* y *Erythrina* (Rice y Ward, 1996). Entre este grupo de plantas, las del género *Inga* presentan unas características especiales que les ha permitido constituirse como la sombra ideal para los cafetos (Escamilla *et al.*, 1994). Entre algunas características particulares del género se encuentran la adaptación a los diferentes ambientes cafeteros, rápido crecimiento y desarrollo, facilidades de poda (regulación de sombra), capacidad de regeneración, sistema radical profundo, fuste mediano y ramas extendidas y estratificadas en forma de sombrilla o parasol (Escamilla *et al.*, 1994).

Estas especies vegetales conservan el follaje durante todo el año y mantienen una sombra tenue y uniforme (Escamilla *et al.*, 1994); así mismo, presentan cierta resistencia a vientos, suelen utilizarse como leña y los frutos de algunas especies son comestibles (arilo y semilla) (Escamilla *et al.*, 1994). Entre otras propiedades, estas especies realizan aporte de materia orgánica al suelo (“samago” y hojarasca) y capacidad fijadora de nitrógeno; además, no compiten con el cafeto por absorción de agua y nutrientes y no son hospederas de plagas y enfermedades (Alpizar, 1988; Escamilla *et al.*, 1994).

Así mismo, también se utilizan algunas especies frutales, entre ellas, pomarrosa (*Syzygium jambos*), aguacate (*Persea sp.*), cítricos (*Citrus sp.*) y nísperos (*Eriobotrya japonica*) (Greenberg *et al.*, 1997b). Ocasionalmente sobre estos árboles crecen diferentes plantas parásitas y epífitas (Cruz y Greenberg, 2005).

También, cabe destacar que en este tipo de cultivo se siembra gran cantidad de plátanos (*Musa sp.*) con fines de sombrío (Turabay *et al.*, 2014).

En relación al tipo de prácticas de manejo, los sistemas de policultivo o cultivo mixto al alcanzar la madurez vegetal, conforman un hábitat similar al de un bosque artificial, denso, con humedad y sombra suficiente (Borrero, 1986). De esta estructura compleja resulta un sistema de producción estable, el cual proporciona protección contra la erosión del suelo, regímenes locales favorables de temperatura y humedad, y reabastecimiento constante de la materia orgánica del suelo a través de la producción de hojarasca (Rice y Ward, 1996).

Por otro lado, el sistema productivo de café a libre exposición al sol se caracteriza por la ausencia casi completa de sombra. En ocasiones se utiliza el plátano para delimitar lotes entre cultivos (Perfecto *et al.*, 1996); sin embargo, el éxito de esta clase de plantaciones se atribuye a la intensificación de las prácticas de cultivo, donde se resaltan aspectos como la fertilización, el control de malezas, la poda y la protección fitosanitaria, además de elevados niveles de uso de agroquímicos, altas densidades de cafetos (más de 3000 plantas por hectárea) y utilización de variedades mejoradas de porte bajo (Perfecto *et al.*, 1996). El anterior manejo es importante en este tipo de cultivo, dado que generalmente se incrementan las exigencias en nutrición, se intensifica el crecimiento de malezas y aumenta la aparición de plagas y enfermedades fungosas (Escamilla *et al.*, 1994).

2.3 Sistemas productivos de café en la conservación de aves

Debido al notable crecimiento de la producción y expansión agrícola, en décadas recientes ha surgido un creciente interés en investigar la interacción entre las actividades antrópicas y sus efectos sobre la biodiversidad (Goijman *et al.*, 2015).

De esta forma, en la década de 1990, los posibles beneficios de los cultivos de café para la conservación de las aves creció considerablemente (Komar, 2006). Este interés surgió en gran parte por una campaña para promover los cafetales tradicionales o rústicos como hábitat para las aves, especialmente las migratorias, y por la necesidad de revertir la tendencia de modernización (tecnificación), que ya había convertido gran cantidad de cafetales de sombra a cafetales de libre exposición al sol (Borrero, 1986; Perfecto *et al.*, 1996; Wunderle Jr, 1999).

En efecto, un importante número de factores afectan a los ensamblajes de aves en los agroecosistemas cafeteros, incluyendo la cercanía entre hábitats, porcentaje de la cobertura del dosel y composición de los árboles de sombra (Van Bael *et al.*, 2007).

En relación a las técnicas de manejo, la práctica de inserción de plantas de café en la vegetación natural existente conforma un sistema de dosel cerrado donde se exhibe una alta diversidad de comunidades de plantas (Greenberg *et al.*, 1997b). En esta inclusión se destacan árboles fijadores de nitrógeno, particularmente, *Inga* spp., así como *Gliricidia sepium*, y una variedad de árboles frutales que sirven como sombrío para los sistemas productivos de café (Greenberg *et al.*, 1997b).

Algunos autores han señalado la importancia de plantas utilizadas como sombrío como proveedores de recursos para determinados grupos de aves; Greenberg *et al.*, (1997a) y Johnson, (2000), por ejemplo, reportaron la visita de varias especies de colibríes e ictéridos a los árboles de *Inga* en floración. Así mismo, Wunderle Jr y Latta (1998) encontraron que las flores y hojas de *Inga* fueron un sustrato importante para maniobras de forrajeo de aves nectarívoras e insectívoras.

Por otro lado, los sistemas productivos de café a libre exposición al sol, pueden contribuir a la biodiversidad de la avifauna al proveerle hábitat a algunas especies de aves asociadas a arbustos o matorrales (áreas abiertas) (Greenberg *et al.*, 1997a). Sin embargo, al ofrecer recursos sólo para algunas especies de matorral y áreas abiertas, su aporte a la conservación de aves es limitada. De acuerdo a lo anterior, la mayor contribución para conservar la biodiversidad en regiones agrícolas proviene de fragmentos de bosque o sistemas productivos con árboles de dosel, como es el caso plantaciones de café con sombra asociada (Greenberg *et al.*, 1997a; Carlo *et al.*, 2004).

2.4 Gremios tróficos

La identificación y el análisis de gremios ecológicos ha sido fundamental para entender procesos que determinan la estructura y organización de las comunidades naturales (Nally, 1994). La clasificación de los ensambles de especies en gremios tróficos o grupos funcionales es una de las principales técnicas de ecología animal, desarrollada para interpretar la dinámica y estructura de una comunidad (Nally, 1994). De este modo, los gremios han sido vistos como unidades ecológicas naturales básicas o bloques de construcción de comunidades ecológicas (Korňan y Adamík, 2007).

El concepto de gremio trófico incluye la elección de criterios de clasificación funcional de los distintos grupos de animales, teniendo en cuenta los estratos vegetales en los que están presentes o las porciones del hábitat requeridos para alimentarse y reproducirse (Rodewald y Smith, 1998).

La composición de las especies de aves, por ejemplo, puede estar determinada principalmente por la estructura de la vegetación, los tipos y distribuciones de los estratos de follaje (Anand *et al.*, 2008); esto se fundamenta en la estrecha relación entre los distintos grupos de aves, la complejidad de la vegetación y los recursos asociados (Holmes y Keast, 1990; Kissling *et al.*, 2012).

Además, la interpretación de ciertas perturbaciones humanas como modificaciones en el número y la cobertura de los estratos de vegetación en los hábitats, es importante para determinar el grado de afectación que puede presentar la avifauna (Holmes y Keast, 1990). Debido a estas características, se sugiere el potencial de las aves como indicadores ecológicos a muchas escalas (Holmes y Keast, 1990; Kissling *et al.*, 2012).

Así, en el reconocimiento de la ecología alimenticia de las aves, han aparecido categorías dentro del concepto de gremio trófico como las clasificaciones de frugívoro, insectívoro, nectarívoro, insectívoro, frugívoro-insectívoro, nectarívoro-insectívoro, rapaz y carroñero, donde se describe el tipo de dieta que tienen determinadas especies de aves y la preferencia hacia algún tipo de recurso disponible en el hábitat (Renjifo, 1999).

2.5 Anillamiento de aves

Establecer patrones de movimientos en organismos es crucial para entender su ecología, historia de vida y comportamiento; además es un requisito previo para su efectiva conservación (Rubenstein y Hobson, 2004).

Los movimientos pueden depender de la interacción de las características propias de cada especie con la configuración espacial del paisaje, por lo que, toman relevancia aspectos como requerimientos particulares del hábitat y la escala en la cual los individuos utilizan y perciben el paisaje (Norris y Stutchbury, 2001). Así, la capacidad intrínseca de los organismos para buscar recursos en diferentes elementos de un paisaje generalmente se relaciona con sus desplazamientos (With *et al.*, 1997).

En las aves, por ejemplo, existen dos posibilidades por las cuales pueden presentarse movimientos. La primera posibilidad tiene que ver con el abandono del lugar de nacimiento en búsqueda de nuevos hábitats en los cuales asentarse, bien sea después de su nacimiento o luego de reproducirse, hecho conocido como dispersión (With *et al.*, 1997); la segunda posibilidad es el desplazamiento que se relaciona con la búsqueda de recursos como alimento y pareja (Norris y Stutchbury, 2001). Evaluar estos movimientos permite reconocer la forma en cual las especies hacen uso de los hábitats.

En general, existen diferentes técnicas para rastrear los movimientos de los animales, incluyendo técnicas de teledetección (e.g., transmisores de radio o tecnología de satélite) y etiquetas individuales (e.g., anillos en cuellos y patas, colorantes en plumaje) (Rubenstein y Hobson, 2004). La técnica utilizada depende del objeto de estudio.

2.6 Perfiles de diversidad

Los números efectivos de especies son medidas que conservan las propiedades intuitivamente esperadas del concepto de diversidad (diversidad verdadera). Estos valores representan los números equivalentes de (q) de orden 0, 1 y 2 (Jost, 2007). La diversidad de orden cero ($q = 0$, riqueza) es completamente independiente a las abundancias de las especies, por lo tanto el valor obtenido equivale simplemente a la riqueza. En el número equivalente de orden uno ($q = 1$, exponencial de Shannon),

todas las especies son incluidas con un peso exactamente proporcional a su abundancia a partir del total de individuos que componen la comunidad estudiada (Jost, 2007; Moreno *et al.*, 2011). Para el valor de q de orden dos ($q = 2$, inverso de Simpson) se priorizan las especies dominantes (Moreno *et al.*, 2011).

Estos número surgieron debido a que por decadas se ha generalizado el uso de índices sin un adecuado entendimiento de su significado (Jost, 2007). El índice de Shannon-Wiener, por ejemplo, mide la entropía y no necesariamente la diversidad en una comunidad (Jost, 2006), entendiendose la entropía como el grado de incertidumbre en la identidad de la especie a la que pertenece un individuo seleccionado al azar de la comunidad (Moreno *et al.*, 2011). Teóricamente una comunidad donde todas las especies tienen la misma abundancia tendrá alta entropía, lo que se ha traducido en una alta diversidad. Por su parte, el índice de Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Villareal *et al.*, 2004). Este índice está fuertemente influenciado por la importancia de las especies dominantes (Villareal *et al.*, 2004).

3. ANTECEDENTES

Autor y Año	País	Resultados
Wunderle Jr y Latta (1996)	Rep. Dominicana	Utilizando puntos de conteo y redes de niebla censaron las aves asociadas a relictos de bosque de pinos y sistemas productivos de café con y sin sombra en la cordillera central en República Dominicana. Encontraron que en los remanentes de bosque hubo más especialistas de hábitat y especies endémicas (en comparación con los cafetales), además de una mayor abundancia de insectívoros. En el cafetal con sombra hubo mayor presencia de nectarívoros, mientras que el sistema de café con exposición al sol sirvió de refugio a especies de matorral.
Calvo y Blake (1998)	Guatemala	Estudiaron las prácticas de manejo agrícola en dos sistemas productivos: Una plantación representó el sistema tradicional (policultivo) y otra el moderno (monocultivo). Evaluaron cómo actividades de poda y regímenes de fertilizantes afectan la composición estructural y florística de las plantaciones y por ende la persistencia de las poblaciones de aves. Encontraron que la abundancia y diversidad de aves fueron significativamente mayores en el sistema tradicional. Este hecho se atribuyó a que los cultivos tradicionales de café son sistemas agroforestales estructuralmente más complejos, contrario a los monocultivos, donde se utilizan técnicas de producción (poda intensiva y aplicación de insumos químicos) que afectan la diversidad estructural y florística de los cultivos, y por ende traen consecuencias perjudiciales para las aves.

Wunderle Jr. (1999)	Rep. Dominicana	<p>Estudió cómo los diferentes tipos de manejo en sistemas cafeteros proporcionan sombra a los cultivos y contribuyen a una variada presencia de especies de aves, involucrando aspectos como área, aislamiento y estructura de los cultivos. Encontró que el incremento del área estaba relacionado con el aumento de la abundancia de algunas especies residentes, pero no obtuvo los mismos resultados para las especies migratorias. Concluyó que deben promoverse plantaciones de café con altos niveles de diversidad (tanto estructural como florístico) para la conservación de las aves. También afirmó que las plantaciones más pequeñas si no están muy aisladas de otras áreas con árboles, pueden contribuir a la abundancia y diversidad de aves en regiones agrícolas del trópico.</p>
Jonhson (2000)	Jamaica	<p>Examinó los efectos de dos variables en sistemas productivos de café (especies de árboles de sombra y estructura del cultivo), sobre comunidades de aves y artrópodos. Encontró que tanto artrópodos como aves (insectívoras y nectarívoras) fueron más abundantes en plantaciones con <i>Inga vera</i>, hecho atribuido en respuesta a la mayor presencia de alimento. También aves y artrópodos fueron más abundantes en áreas con mayor presencia de vegetación. Concluyó que algunos sistemas de café con sombra pueden proporcionar hábitat para las comunidades de artrópodos y aves, pero las diferencias en las prácticas agrícolas pueden afectar significativamente sus abundancias.</p>
Jones et al., (2002)	Venezuela	<p>Estudiaron la avifauna y las características del hábitat de cafetales con sombra en los Andes venezolanos. Encontraron que la frecuencia con que las aves usaron el cafetal varió notoriamente entre los sitios de estudio (cafetales ubicados en vertiente oriental y occidental de la cordillera de Mérida, Venezuela), lo cual puede reflejar las diferencias en la estructura del paisaje que rodea a los cafetales. Algunos árboles de dosel son elementos importantes del hábitat, tanto para las especies residentes como para las migratorias</p>

		boreales, dado que la calidad del hábitat puede incrementarse por la presencia de especies arbóreas como <i>Erythrina poeppigiana</i> .
Carlo <i>et al.</i> , (2004)	Puerto Rico	Estudiaron el forrajeo de aves frugívoras en dos sistemas productivos de café con sombra. Un sistema representó un cultivo rústico (incluyendo árboles frutales) y el otro un sistema de policultivo comercial; ambos cultivos contenían parches de bosque. Encontraron diferencias significativas en el número de registros de forrajeo entre hábitat de bosque y policultivo comercial, pero no hubo diferencias significativas en la actividad de forrajeo entre bosque y sistema rústico. Concluyeron que el dosel superior de <i>Inga</i> puede ser mejorado con la siembra selectiva o permitiendo el crecimiento de plantas de los géneros <i>Cecropia</i> y <i>Schefflera</i> , importantes para la presencia de aves residentes y migratorias.
Cruz y Greenberg (2005)	México	Evaluaron de forma experimental la eliminación de epífitas en granjas de café con sombra y el efecto que esto tiene sobre la diversidad y la abundancia de aves, a partir de censos realizados durante temporadas reproductivas y no reproductivas. Las parcelas sin epífitas tendían a ser menos diversas que las parcelas con epífitas, pero análisis de rarefacción y ANOVA no mostraron diferencias significativas en la riqueza de especies entre los tratamientos en cualquiera de las estaciones.
Dietsch <i>et al.</i> , (2007)	México	Describieron la ecología alimenticia de las aves durante invierno y verano en dos tipos de agroecosistemas cafeteros; los cultivos de café difirieron en nivel de diversidad florística y prácticas de manejo. Encontraron una alta diversidad de aves en los sistemas de café con prácticas menos intensivas. Además, gran parte de la variación en los recursos usados por las aves, derivaron del cambio en el uso de las flores y frutos, destacándose la importancia de la fenología de los recursos para las aves. Concluyeron que la abundancia y diversidad de recursos alimenticios asociados a una alta diversidad de

especies de plantas puede facilitar la coexistencia de un alto número de especies de aves encontradas en los agroecosistemas de café.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Caracterizar la comunidad de aves asociada a dos sistemas de producción cafetera, monocultivo y policultivo, de la vereda Villanueva, Popayán Cauca.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la riqueza y abundancia relativa de las especies de aves asociadas a los dos sistemas de producción cafetera.
- Diferenciar los grupos tróficos de las especies de aves asociadas a los dos sistemas de producción de café.

5. METODOLOGIA

5.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la vereda Villanueva del municipio de Popayán, departamento del Cauca, en dos tipos de sistema productivos cafeteros: cultivos a libre exposición (monocultivo) y cultivos con sombra asociada (policultivo). Según Holdridge la zona se define como un bosque húmedo premontano (bh-PM) (Castillo *et al.*, 1998), (Figura 1) y se encuentra a una altitud entre 1.600 y 1.760 msnm. La temperatura anual promedio varía entre 16 y 20 °C, y la precipitación promedio anual está entre 1.900 y 2.100 mm (Castillo *et al.*, 1998). En total se seleccionaron seis unidades de muestreo, tres con sombra diversificada y tres a libre exposición.

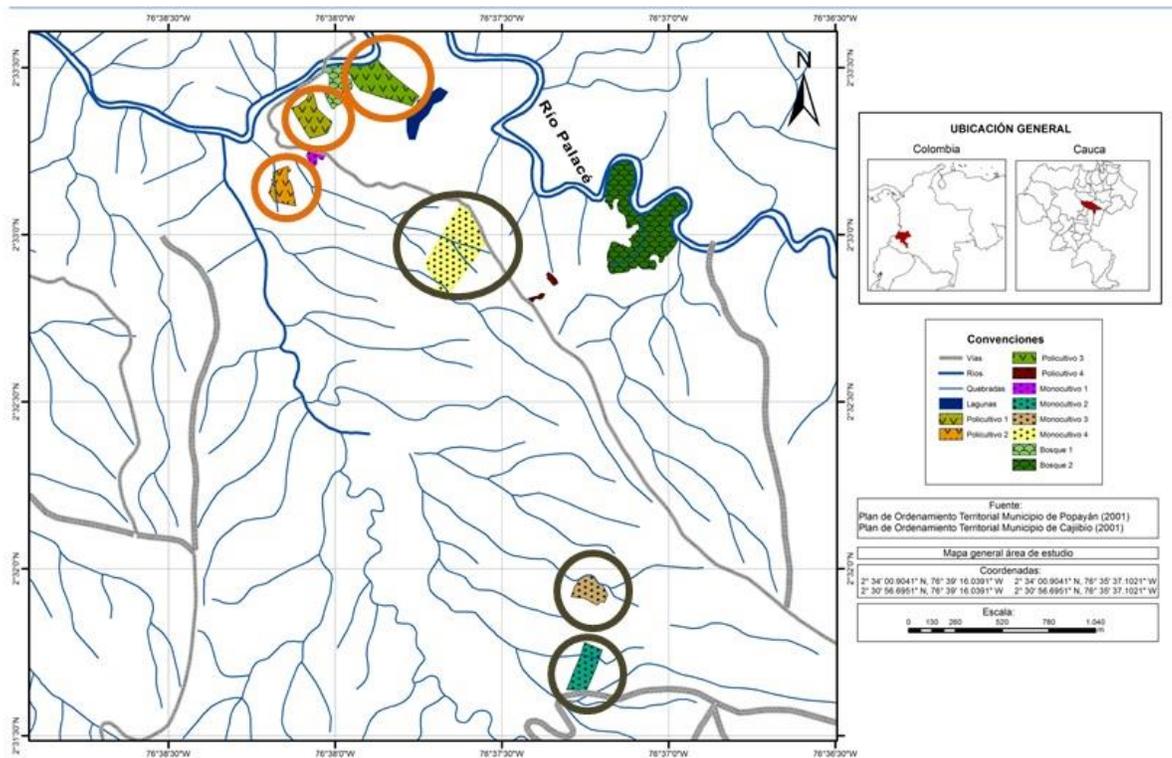


Figura 1. Localización área de estudio. En círculos naranjas se indican las tres unidades de policultivo; en círculos color café, las tres unidades de monocultivo.

5.2 Caracterización de la avifauna

La determinación de la abundancia relativa de las especies de aves asociadas a los cultivos de café con sombra y a libre exposición, se realizó utilizando redes de niebla. En cada unidad de muestreo se colocaron veinte redes de niebla de medidas 12 m (largo) x 2.5 m (alto), con ojos de malla de 16 y 30 mm. Las redes permanecieron abiertas entre 06:00 y 11:00 am por seis días consecutivos, abarcando una unidad de muestreo por día. En total se realizaron seis salidas de campo.

El esfuerzo de muestreo se calculó a partir de la siguiente fórmula: Esfuerzo de muestreo (horas – red) = Total de metros redes / 12 metros) x Total horas (Villareal *et al.*, 2004).

Los individuos de las especies capturadas fueron anillados, excepto los colibríes (Trochilidae), los cuales sólo fueron capturados para el registro fotográfico. Los anillos utilizados fueron de material darvic según el tamaño del tarso-metatarso de cada ave; Las tallas y medidas de los anillos utilizados fueron 2.3, 2.8, 3.1, 4.0, 4.5 y 5.5 mm. Además se realizó un registro fotográfico del individuo anillado y/o capturado, y se liberó en un área cercana al lugar de captura.

El marcaje con anillos de los individuos capturados también se utilizó para reconocer algunos desplazamientos de las especies de aves entre las unidades estudiadas.

Las especies de aves anilladas y los colibríes capturados fueron categorizadas en dietas primarias o gremios tróficos: FRG (frugívoro), INS (insectívoro), GRN (granívoro), FRG-INS (frugívoro-insectívoro), NEC-INS (nectarívoro-insectívoro).

La clasificación en dietas primarias o gremios tróficos se hizo con base en Hilty y Brown (2001) y Del hoyo *et al* (2010).

Para el listado taxonómico y filogenético se siguió Remsen *et al.*, (2017).

5.3 Análisis de datos

Para evaluar la efectividad de muestreo de los individuos capturados se construyeron curvas de acumulación de especies en el software de acceso libre EstimateS Versión 9.1.0. (Colwell, 2009). Se emplearon los estimadores CHAO 1, ACE y Cole, que según Villarreal *et al.*, (2004), se utilizan cuando se obtienen datos de abundancia; de estos tres, CHAO 1 es el más riguroso.

A cada conjunto de datos obtenido por tipo de sistema, se le realizó una prueba de normalidad estadística; las pruebas empleadas fueron de Kolmogorov-Smirnov ($N \geq 50$) o Shapiro-Wilk ($N < 50$) según fuese el caso.

Dependiendo de la normalidad de los datos, se empleó una prueba cuantitativa para variables independientes (Wilcoxon o U de Mann-Whitney) para evaluar si el número de especies e individuos capturados diferían estadísticamente entre sistema. Adicionalmente, para algunos casos se utilizaron pruebas de Chi cuadrado (X^2).

A partir de referencias bibliográficas, se realizó la clasificación de las especies capturadas en gremios tróficos: FRG (frugívoro), INS (insectívoro), GRN (granívoro), FRG-INS (frugívoro-insectívoro), NEC-INS (nectarívoro-insectívoro). Utilizando una prueba de Chi cuadrado (X^2) se evaluó si el número de individuos capturados por gremio trófico se diferenció estadísticamente entre sistemas.

Con base en la riqueza y abundancia de las especies de aves capturadas por tipo de sistema, se construyeron perfiles de diversidad alfa y beta basados en números equivalentes de $q = 0, 1$ y 2 .

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparaciones anteriores de sistemas productivos de café a libre exposición al sol y cultivos de café con sombra asociada han mostrado que las prácticas de manejo de los cultivos pueden alterar en gran medida la capacidad de los hábitats agrícolas para albergar la biodiversidad (Perfecto *et al.*, 1996; Greenberg *et al.*, 2000; Komar, 2006). Sin embargo, el reconocimiento de un amplio espectro de prácticas de manejo en los sistemas productivos de café (regímenes de fertilizantes, remoción parcial o total de la sombra) es esencial para entender la sustentabilidad de estos espacios como hábitat para organismos naturales (Dietsch, 2003). La distribución y la abundancia del follaje puede influir en los patrones de búsqueda de alimento (forrajeo), abundancia y éxito de anidación de las aves (Martin, 1993; Calvo y Blake, 1998).

6.1 Riqueza y abundancia de especies

En total se capturaron 374 individuos incluyendo aves residentes y migratorias (Tablas 1 y 2). En los dos hábitats muestreados, el mayor número de especies fue encontrado en los policultivos de café con un total de 49 especies de aves residentes, en comparación a los monocultivos de café, que tuvieron una riqueza de 34 especies (Tabla 1). Para las aves migratorias el mayor número de especies se encontró en policultivo, con un total de 5 especies, en comparación a 3 especies capturadas en monocultivo (Tabla 2). Las familias más representativas fueron Thraupidae y Tyrannidae (Anexo 1). El esfuerzo de muestreo realizado fue de 5000 h/red

Tipo de sistema	Monocultivo	Policultivo	Total
Número de especies	34	49	57
Número de Individuos	141	190	331

Tabla1. Especies de aves residentes y número de individuos capturados con redes de niebla por tipo de cultivo.

Tipo de sistema	Monocultivo	Policultivo	Total
Número de especies	3	5	6
Número de Individuos	14	29	43

Tabla 2. Especies de aves migratorias y número de individuos capturados con redes de niebla por tipo de cultivo.

6.2 Curvas de acumulación de especies y efectividad de muestreo obtenido para especies de aves residentes.

Las curvas de acumulación de especies para aves residentes indican que para el sistema de policultivo hubo una mayor efectividad de muestreo (85,99 %) en comparación a monocultivo (73,05 %) (Figura 2).

Los resultados obtenidos indican que los valores de efectividad alcanzados para ambos tipos de sistema productivo superan el 70%, lo que refleja que a pesar del tiempo de muestreo, los resultados son confiables.

A su vez, a partir del número total de especies determinadas por tipo de sistema es posible establecer relaciones entre las comunidades de aves y la complejidad estructural de cada sistema cafetero.

6.3 Curvas de acumulación de especies y efectividad de muestreo para especies de aves migratorias.

Las curvas de acumulación de especies para aves migratorias en los dos sistemas productivos, tuvieron un comportamiento distinto al encontrado para las aves residentes, debido a que hubo una mayor efectividad de muestreo en monocultivo (82,87 %) en comparación a policultivo (57,36 %) (Figura 3, A, B).

Sin embargo, es importante mencionar que, del total de jornadas realizadas, sólo las dos últimas coincidieron con los periodos de migración de este tipo de aves. (Octubre y Noviembre)

La menor efectividad de muestreo obtenida en el sistema de policultivo, indica la necesidad de realizar un estudio prolongado en el tiempo para este tipo de aves, teniendo en cuenta que los estimadores utilizados, reflejan la probabilidad de encontrar un mayor número de especies a las reportadas actualmente.

Por otra parte, la mayor efectividad de muestreo obtenida en el sistema de monocultivo, indica que las especies reportadas hasta el momento alcanzan una representatividad importante con relación al total de especies que podrían encontrarse en este tipo de sistema.

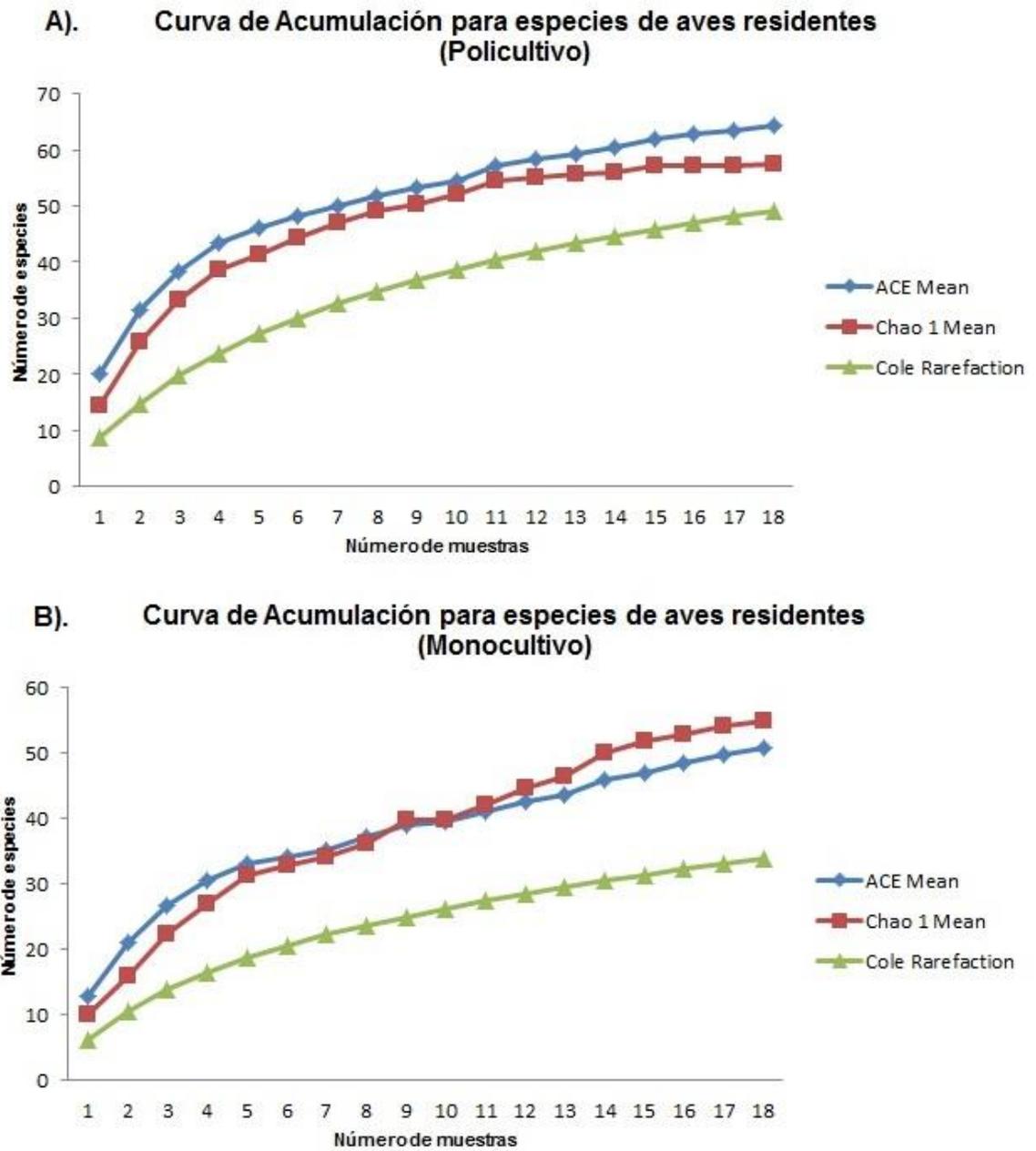


Figura 2. Curvas de acumulación de especies para aves residentes. A). Policultivo, B). Monocultivo.

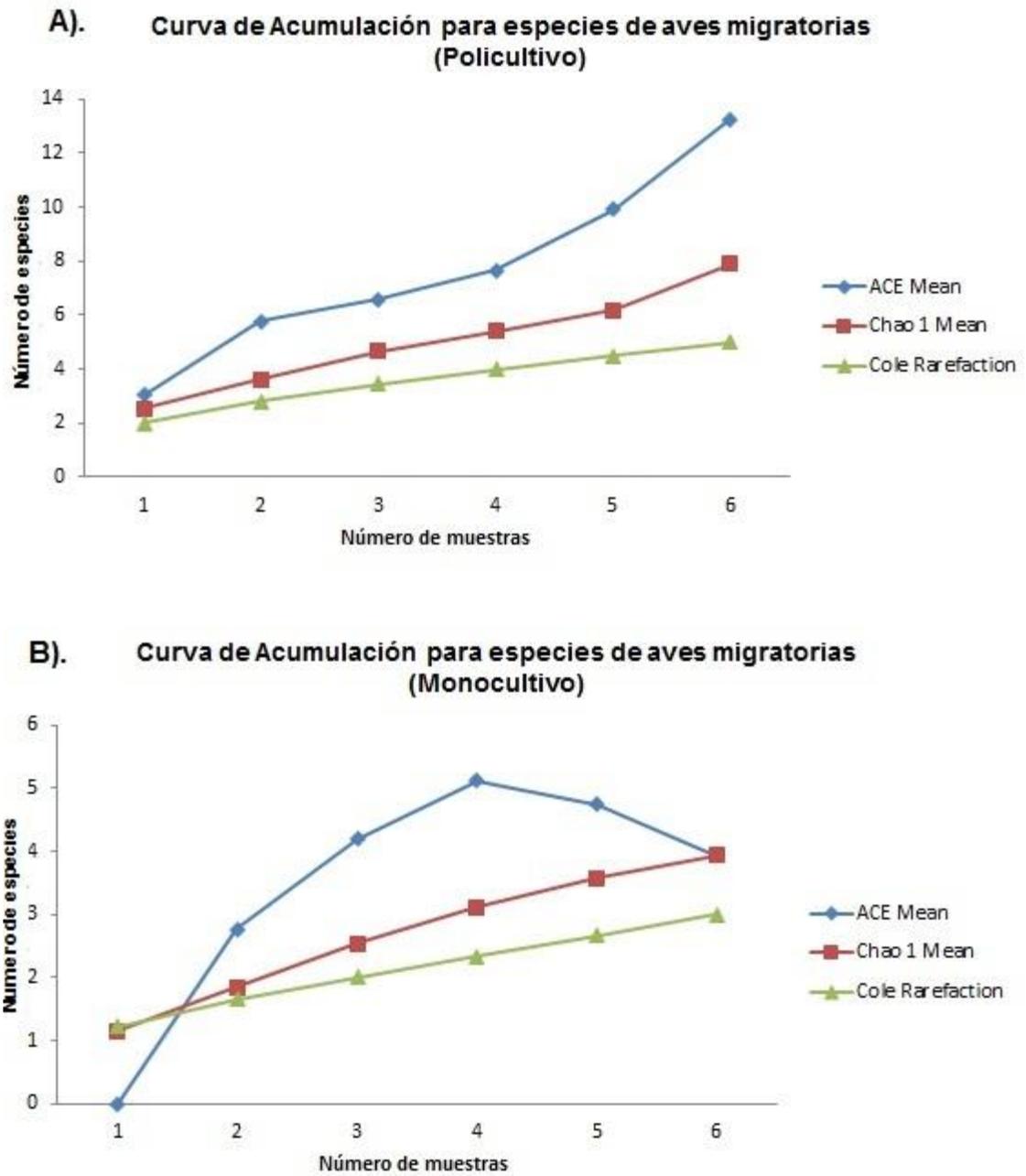


Figura 3. Curvas de acumulación de especies para aves migratorias. A). Policultivo, B). Monocultivo.

6.4 Comparaciones estadísticas para conjuntos de datos obtenidos por tipo de sistema cafetero

6.4.1 Especies aves residentes

Las pruebas de normalidad realizadas a los conjuntos de datos obtenidos por tipo de sistema presentaron distribuciones no paramétricas, por lo tanto, para las comparaciones de muestras independientes se utilizaron pruebas de U de Mann-Whitney.

Se obtuvo un mayor número de especies (49) e individuos (190) en sistemas productivos de café con sombra en comparación a cultivos a libre exposición: 34 especies y 131 individuos. Así, los resultados obtenidos para aves residentes indicaron que hubo diferencias significativas tanto para individuos capturados ($U = 12527.5$; $p = 0.0339$) como para especies ($U = 1146.5$; $p = 0.0142$), entre los sistemas productivos de café estudiados.

Estos resultados reflejan que el sistema cafetero a libre exposición presenta únicamente la capa de café para albergar especies de aves, y este único estrato a su vez, es pobre en recursos (es decir, presenta una reducida oferta de néctar, fruta e invertebrados) en contraste al dosel diverso favorecido por los árboles de sombra propios de las plantaciones tradicionales (Wunderle Jr, 1999). El comportamiento general de forrajeo de las comunidades de aves encontradas en cultivos de café, sugiere que el incremento de la diversidad florística puede proveer recursos adicionales, favoreciendo una mayor diversidad de aves en agroecosistemas de café con prácticas de manejo menos intensivas (Dietsch *et al.*, 2007).

El número de individuos capturados para especies de aves compartidas entre sistemas productivos (monocultivo y policultivo) no fue significativo estadísticamente ($U = 268$, $p = 0,387$), lo que indica que un importante número de individuos está presente en ambos sistemas por igual. A partir de los resultados obtenidos, este comportamiento se evidenció en especies como *Hylocharis grayi*, *Chlorostilbon melanorhynchus* y *Tangara vitriolina*, especies menos susceptibles a los cambios en el ambiente y que se pueden adaptar a distintos entornos (Hilty y Brown, 2001); sin embargo, este no fue el caso de especies como *Pachyramphus polychopterus*, *Tangara arthus* y *T. cyanicollis*, las cuales están más comúnmente asociadas a zonas de borde y bosque secundario (Isler e Isler, 1987; Young, 1997; Hilty y Brown, 2001). La presencia de especies como *Arremon brunneinucha*,

Basileuterus culicivorus y *Catharus aurantiirostris*, en monocultivo, puede explicarse dada la cercanía de las unidades de estudio con relictos de bosque adyacentes, y/o a la inclusión de árboles aislados dentro de los cultivos, los cuales probablemente facilitan las actividades de forrajeo de estas especies en sistemas productivos simplificados (Bohórquez, 2003).

6.4.2 Especies de aves migratorias

Los resultados obtenidos indicaron que hubo un mayor número de especies migratorias en policultivo en comparación a monocultivo; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre las especies reportadas por sistema ($U = 6.5$, $p = 0.21$) y número de individuos ($U = 118.5$, $p = 0.37$). Si bien los resultados no son concluyentes, dado que los muestreos realizados para estas especies en particular no fueron representativos, varios estudios han mostrado que las aves migratorias hacen un uso importante de las plantaciones de café con sombra, y en consecuencia mantienen una mayor abundancia y diversidad de aves migratorias en comparación a muchos otros hábitats agrícolas (Wunderle Jr y Latta, 1996; Petit *et al.*, 1999; Tejeda-Cruz y Sutherland, 2004).

En este sentido, la disponibilidad de recursos alimenticios también puede influenciar la distribución de las aves migratorias en los diferentes hábitats (Johnson y Sherry, 2001; Gómez *et al.*, 2014). Por ejemplo, el ave migratoria con mayor tasa de captura en este estudio fue el zorzal buchipecoso (*Catharus ustulatus*), para el cual, se encontró un mayor número de individuos en policultivos (22), con relación a monocultivo (12), indicando alguna preferencia por el hábitat que mayor oferta de recursos le puede proporcionar.

En los cafetales con sombra también se puede encontrar un importante número de aves migratorias asociadas a diferentes tipos de bosque, incluyendo bosque maduro (Wunderle Jr y Waide, 1993). Así, la captura de especies como *Setophaga ruticilla* y *Setophaga fusca*, en los policultivos de café, brinda un indicio de la relevancia de este tipo de hábitat para diferentes especies dependientes de bosque.

En general, los altos índices de deforestación ocurridos en el Neotrópico, han reducido notablemente los refugios de especies boreales durante la época de migración. Los sistemas agrícolas con cierta complejidad de hábitat pueden mitigar los efectos de estas perturbaciones brindando lugares de interés para este tipo de especies (Rice y Ward, 1996). Por ejemplo, los cultivos de café representan refugios

para las aves migratorias (Komar, 2006), por lo que, el interés público y científico sobre las dinámicas de estas aves en agroecosistemas cafeteros, se ha incrementado después de que algunas investigaciones reportaron un gran número de especies migratorias haciendo uso de sistemas productivos de café con sombra asociada (Vannini, 1994; Tejeda-Cruz y Sutherland, 2004).

6.5 Gremios tróficos

La categorización de especies en gremios tróficos, indicó que hubo un mayor número de especies residentes en el sistema de policultivo en comparación a monocultivo para las categorías tróficas: frugívoro, insectívoro, nectarívoro-insectívoro y frugívoro-nectarívoro (Fig. 4); sin embargo la prueba de Chi-cuadrado no evidenció diferencias significativas ($X^2 = 2.8044$, $p = 0.5911$).

En el sistema productivo de monocultivo se encontró un menor número de individuos para los gremios nectarívoro (15), insectívoro (6) y frugívoro (14), en comparación al número de individuos encontrados en el sistema de policultivo: nectarívoro (33), insectívoro (22) y frugívoro (21); no obstante, en el sistema de cafetal a libre exposición, se capturó un mayor número de individuos de hábitos granívoros (27 individuos), en comparación al policultivo (9 individuos) (Figura 3).

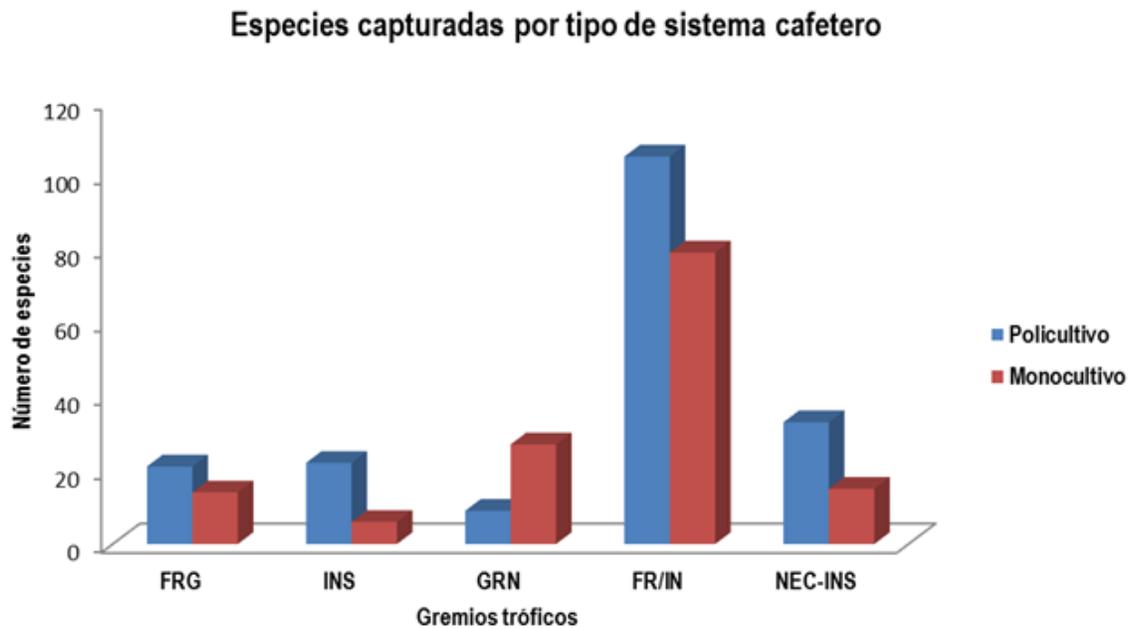


Figura 4. Número de especies capturadas por gremio trófico

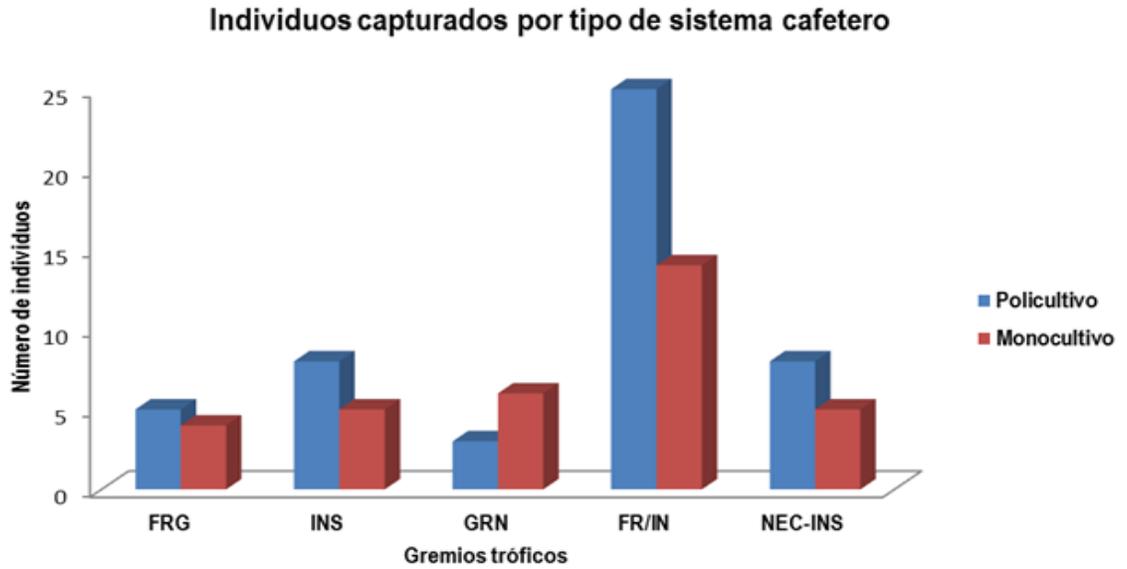


Figura 5. Número de individuos capturados por gremio trófico

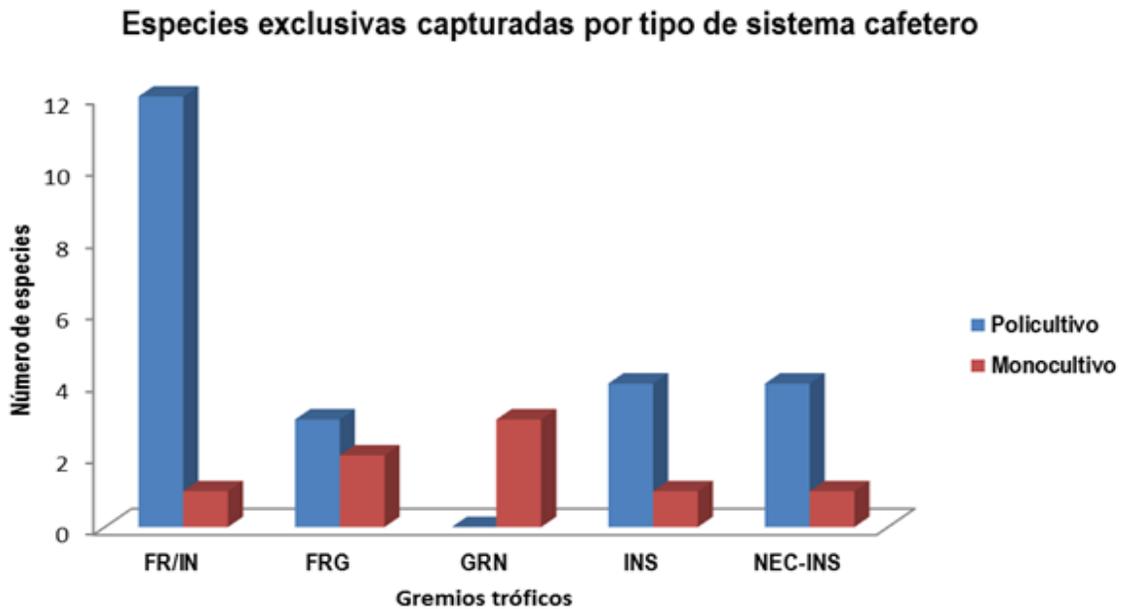


Figura 6. Número de especies exclusivas capturadas por tipo de sistema. FRG (Frugívoro), INS (Insectívoro), GRN (Granívoro), NEC-INS (Nectarívoro-insectívoro), FRG-INS (Frugívoro-Insectívoro).

Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias significativas en el número de individuos reportados por gremio trófico ($X^2 = 23.222$, $p = 0.0001$) (Fig. 5). Así mismo, indicaron diferencias en las especies de aves exclusivas para cada categoría trófica por tipo de sistema ($X^2 = 1161$, $p = 0.02$) (Fig. 6).

Lo anterior indica que si bien, la composición general de gremios en los sistemas evaluados es similar, una mayor proporción de individuos pertenecientes a las distintas categorías tróficas, tienen preferencias por los policultivos, debido a la mayor disponibilidad de recursos alimenticios (néctar, fruta e insectos) ofertados por la complejidad estructural y florística de este sistema (Perfecto *et al.*, 1996).

Así mismo, las diferencias significativas encontradas entre el número de especies exclusivas por sistema, para los gremios frugívoro, frugívoro-insectívoro, nectarívoro-insectívoro e insectívoro en policultivo, indican el valioso aporte que este tipo de ecosistema realiza a la permanencia de diferentes especies de aves, como por ejemplo frugívoros-insectívoros de dosel: *Aulacorhynchus haematopygus*, *Cyanocorax yncas*, *Momotus aequatorialis*, *Myiarchus tuberculifer*, *Pipraeidea melanonota*, *Psarocolius decumanus*, frugívoros: *Leptotila plumbeiceps* y *Tangara gyrola*, insectívoros: *Colaptes rubiginosus* y *Myioborus miniatus* y nectarívoros-insectívoros: *Amazilia franciae*, *Heliomaster longirostris*, *Phaethornis guy*, los cuales pueden cumplir un rol importante en procesos de dispersión de semillas y polinización.

6.6 Resultados obtenidos en sistema de monocultivo

La escasa presencia de vegetación de sombrío dentro de los sistemas productivos de café a libre exposición, puede restringir las maniobras de forrajeo de diferentes especies de aves que utilizan estratos de sotobosque y dosel. No obstante, dentro del estudio de los agroecosistemas que pueden albergar la biodiversidad, el estrato de café en sí, se considera un hábitat particularmente pobre, incluso cuando se compara con hábitats arbustivos de una sola capa en áreas tropicales (Greenberg *et al.*, 1997a). Generalmente, los cultivos a libre exposición al sol no solo carecen de las especies asociadas a bosque o de borde de bosque, sino que incluso tampoco en ocasiones sirven como lugares de albergue para especies de aves típicas de áreas de matorral o de áreas abiertas (Greenberg *et al.*, 1997a).

6.6.1 Especies de plantas asociadas: sistema de monocultivo de café

En la zona estudiada, los sistemas productivos de café a libre exposición, se caracterizan por la escasa presencia de plátano (*Musa* sp.), árboles del género *Inga*, y de otro tipo de plantas dispersas que florecen y fructifican ocasionalmente. Debido a estas características, el espacio de búsqueda de alimento para las aves está limitado a lo ofertado por el estrato de café, gramíneas y arvenses asociadas.

Los árboles dispersos en los sistemas productivos de café a libre exposición pueden incrementar la probabilidad de que diferentes especies de aves puedan incorporar este tipo de sistema productivo a sus territorios (Howe 1984). En consecuencia, los árboles aislados probablemente facilitaron la actividad de algunas especies oportunistas en los monocultivos y les permitieron usar estos espacios como sitios de paso, aumentando con ello el número de especies (e individuos) capturados.

A partir de lo anterior, en sistema de monocultivo se capturaron especies poco comunes en sistemas de vegetación simplificada como es el caso de *Tangara arthus*, *T. cyanicollis*, *Basileuterus culicivorus*, *Pachyramphus polychopterus* y *Mionectes striaticollis*.

A pesar de todas las desventajas de las plantas de café como hábitat en sí, existen especies de aves que se especializan en el estrato de café (Greenberg *et al.*, 1997a). Debido al número de individuos de hábitos granívoros capturados (27) en monocultivos en comparación a los 9 individuos encontrados en policultivo, este estudio sugiere que estos organismos se especializan en la capa de café. Así, la predilección de especies como *Sporophila nigricollis*, *Spinus psaltria*, *Tiaris olivaceus*, *Volatinia jacarina* por este tipo de hábitat, está sustentada en su dieta granívora, pues este sistema cafetero está asociado con gramíneas y helechos (Greenberg *et al.*, 1997a).

También se ha reportado una presencia considerable de grandes artrópodos en el estrato de café (Greenberg *et al.*, 2000) con un alto nivel de depredación por parte de especies insectívoras (Dietsch *et al.*, 2007). De este modo, especies como *Zonotrichia capensis* y *Zimerius chrysops*, encuentran en los monocultivos los recursos necesarios para su supervivencia dada su afinidad por hábitats abiertos.

Además, existen observaciones anecdóticas de que las aves no consumen las bayas de café, quizá debido al alcaloide encontrado en las cerezas (Dietsch *et al.*, 2007). Sin embargo, Wunderle y Latta (1998) señalaron que un porcentaje

relativamente pequeño de especies de aves incluidas en su estudio, hicieron uso de los frutos y flores del café.

6.7 Resultados obtenidos en sistema de policultivo

La abundancia y riqueza de aves depende en gran medida de la diversidad florística de las plantaciones, lo que implica una mayor complejidad estructural y una mayor oferta de recursos alimenticios (Dietsch, 2003).

La influencia del estrato superior en los sistemas productivos de café con sombra asociada se extiende hacia el sotobosque, representado por las plantas de café; este comportamiento se hace evidente en la diferencia de composición de los ensambles de aves encontrados en los tipos de sistemas productivos. En efecto, a pesar de que la actividad de las aves pareciera ser poca en la capa de café debido probablemente a la escasa disponibilidad de recursos alimenticios (néctar, frutas, etc.), hubo altas tasas de capturas de especies de los diferentes gremios tróficos en las plantaciones de café con sombra. Esto ocurre porque en general el dosel de sombra atrae a diferentes grupos de aves que eventualmente descienden al sotobosque de café.

No obstante, contrario a los resultados obtenidos, donde hubo altas tasas de captura en cultivos de café con sombra, Wunderle y Latta (1996) reportaron mayores tasas de captura en sistemas productivos de café a libre exposición al sol, atribuyendo como factor principal de este hecho a que en los monocultivos, todo el perfil vertical de la vegetación es muestreado, en contraste a los policultivos, en donde existe una probabilidad menor de capturar aves del dosel, dadas las limitaciones de altura de las redes.

6.7.1 Especies de plantas asociadas: sistema de policultivo de café

En las unidades de estudio los árboles más abundantes en los cultivos de café con sombra fueron guamo macheto (*Inga densiflora*) y guamo bejuco (*Inga codonantha*). Estas especies son comúnmente usadas como sombrío, las cuales acompañadas de otros representantes de este género son consideradas un importante recurso para la comunidad de aves, no solo por sus flores y frutos, sino también por albergar una gran cantidad de artrópodos (Greenberg *et al.*, 1997b; Johnson, 2000).

Con relación a la riqueza de especies vegetales de este sistema, se encontró una importante variedad de árboles de mediana altura como mango (*Mangifera indica*), chontaduro (*Bactris gasipaes*), achiote (*Bixa orellana*) madroño (*Garcinia madruno*), aguacate (*Persea americana*), leucaena (*leucaena leucocephala*), arrayán (*Myrcia popayanensis*), guayabo (*Psidium guajava*), michinche (*Campomanesia lineatifolia*), cucharo (*Myrsine guianensis*), limón (*Citrus limon*), naranjo (*Citrus sinensis*), canelo (*Drimys granadensis*), matarraton (*Gliricidia sepium*) y otros arbustales como higuera (*Ricinus communis*).

Así, considerando las especies vegetales presentes dentro de los sistemas de café con sombra, no es de extrañar la importante presencia de especies e individuos de hábitos nectarívoros, frugívoros e insectívoros, en comparación a los cultivos de café a libre exposición. Además la mayor oferta de recursos puede favorecer a especies oportunistas que complementan su dieta principal con otra alternativa, como es el caso de los frugívoro-insectívoros.

La oferta de recursos alimenticios ricos en néctar proporcionados por los árboles del género *Gliricidia*, y en especial *Inga* (Koptur, 1994), les confieren a estas plantas, una particular importancia para especies de aves nectarívoras. El mayor número de capturas de aves nectarívoras en policultivos (33 individuos) en comparación a monocultivo (15 individuos), puede deberse a la profusión de flores en estos árboles de sombra (Greenberg *et al.*, 1997a). Con estas consideraciones, la presencia de flores de *Inga* durante gran parte del año puede atraer a especies como *Phaethornis guy*, *Heliomaster longirostris*, *Anthracothorax nigricollis*, *Chlorostilbon melanorhynchus*, *Amazilia saucerrottei*, *Hylocharis grayi*, y *Coereba flaveola*, entre otros.

También, se ha indicado que la disponibilidad de néctar y frutas en estas plantas es mayor al final de la estación seca (Vannini, 1994), sugiriendo que los cultivos de café con sombra podrían ofrecer recursos abundantes o limitados dependiendo de la época del año (Tejeda-Cruz y Sutherland, 2004).

En general, hubo un mayor número de capturas de especies e individuos de hábitos insectívoros en el sistema de policultivo, posiblemente debido a que estos organismos encuentran una mayor oferta de recursos o hábitats disponibles para su supervivencia, en comparación a remanentes de bosque u otro tipo de cultivos (Wunderle Jr y Latta, 1996; Tejeda-Cruz y Sutherland, 2004).

Con base en el mayor número de capturas realizadas en los cultivos de café con sombra, es posible que la abundancia de las aves insectívoras esté favorecida por una importante oferta de recursos proporcionada por las especies arbóreas utilizadas como sombrío, especialmente árboles del género *Inga* (Johnson, 2000), los cuales se han descrito como importantes fuentes de nectarios florales y extraflorales que favorecen la presencia de diferentes especies de artrópodos (Wunderle y Latta, 1998); esto a su vez, promueve al interior del sistema productivo cafetero, importantes niveles de depredación (Greenberg *et al.*, 2000), reduciendo en general diferentes poblaciones de insectos, y tal vez previniendo la aparición de algunos grupos con estatus de plagas (Kirk *et al.*, 1996; Perfecto *et al.*, 2004).

Existen otras plantas comunes diferentes de *Inga* y *Gliricidia* que son sembradas para proveer sombra adicional en las plantaciones estudiadas y que brindan a las aves espacios de búsqueda de alimento adicionales. Sin embargo, teniendo en cuenta su abundancia, algunas son utilizadas con poca frecuencia por las aves; por ejemplo, los frutos del “guineo” (*Musa x paradisiaca*) a pesar de su abundancia relativa dentro de las plantaciones de café, son solo consumidos por algunas tangaras (e. g. *Thraupis epicopus*, *Ramphocelus flammigerus*, *Tachyphonus rufus*) y sus flores son visitadas con baja frecuencia por algunas especies de nectarívoros.

Otros árboles frutales como papaya (*Carica papaya*), guayaba (*Psidium guajava*), cítricos (*Citrus limon*, *C. Sinensis*), mango (*Mangifera indica*), arrayán (*Myrcia popayanensis*), son cultivados dentro de los sistemas de café con sombra y pueden ser utilizados por las aves en proporción directa a su disponibilidad en el cultivo. La importancia de estos árboles radica en su contribución a que las plantaciones sean atractivas para las aves en cuanto proveen recursos alimenticios en asincronía con la capa de *Inga* o estrato superior; esto a su vez, se traduce en el establecimiento de un subdosel o estrato medio constituyéndose como un sitio adicional de búsqueda de alimento para distintos grupos de aves, especialmente frugívoras.

De este modo especies como *Aulacorhynchus haematopygus*, *Saltator atripennis*, *Tangara gyrola*, *T. cyanicollis*, *Leptotila plumbeiceps* pueden verse favorecidas por la disponibilidad de estos recursos.

Algunos árboles del género *Inga*, así como otras plantas utilizadas como sombrío, son colonizadas por epífitas, hecho que puede incrementar la complejidad estructural del estrato superior, creando una variedad de microhábitats suplementarios, además de proporcionar a las aves sitios de anidamiento y recursos alimenticios

como néctar, frutos, agua y pequeños vertebrados e invertebrados (Calvo y Blake, 1998; Cruz y Greenberg, 2005).

Ya se ha indicado que tanto las especies de *Inga* como otras especies de plantas presentes en los cultivos con sombrío, presentan una oferta variable de recursos alimenticios obedeciendo a patrones estacionales, por tal motivo, es importante recalcar que las características fenológicas de las especies de plantas son de gran interés cuando se quiere establecer un sistema productivo amigable con la conservación del medio. Las especies que fructifican repetidamente durante todo el año o en asincronía individual, deben ser favorecidas para asegurar la disponibilidad de frutas a través del tiempo (Carlo *et al.*, 2004). En esta medida, las epífitas también pueden jugar un papel importante en la reducción de las brechas fenológicas de los recursos asociados a policultivos de café (Cruz y Greenberg, 2005).

Estos factores adicionales propios de cultivos de café tradicionales, contrario a los sistemas de café a libre exposición al sol, pueden incluir mayor abundancia de recursos alimenticios y propiciar una mayor regulación microclimática.

6.8 Anillamiento de aves

Del total de individuos anillados se registraron 21 recapturas: 10 en policultivo y 11 en monocultivo. Del total de recapturas solamente 4 individuos se desplazaron entre unidades de muestreo: *Saltator atripennis*, *Elaenia flavogaster*, *Tangara vitriolina*, *Troglodytes aedon*; según lo anterior, es posible que las especies de aves presentes en esta zona encuentren los recursos necesarios para su supervivencia en las diferentes unidades muestreadas.

Este comportamiento puede obedecer a un concepto denominado persistencia de sitio y es especialmente importante en cultivos de café estructuralmente más complejos. Así, por ejemplo Wunderle y Latta (1998) reportaron los cafetales de sombra como un importante sitio de permanencia para aves residentes y migratorias, apoyados en la presencia de nidos activos (residentes) y la recaptura de individuos marcados en el mismo cultivo en intervalos de 3 – 5 meses.

La persistencia de varias especies en plantaciones de café con sombra puede ser mayor a los niveles encontrados en otros agroecosistemas, considerando la abundancia y consistencia de recursos alimenticios en estos espacios. La fidelidad de sitio para aves residentes y migratorias en cafetales tradicionales pueden ser

equivalente incluso a los niveles de persistencia encontrados en algunos bosques tropicales (Wunderle Jr y Latta, 2000).

La fidelidad de sitio también dependerá de los hábitos de cada especie, así por ejemplo, especies asociadas a áreas abiertas, encontrarán mayor afinidad en los sistemas de monocultivo, lo que limitaría sus movimientos en búsqueda de hábitat y alimentos. Este suceso se vio reflejado en el mayor número de recapturas de especies como *Zonotrichia capensis* (4 recapturas) y *Zimmerius chrysops* (2 recapturas) en el hábitat mencionado. Según Levey y Stiles (1992) se sabe que las especies de aves asociadas a hábitats abiertos son más propensas a realizar movimientos locales.

A partir de lo anterior, es posible que los movimientos de las aves encontrados correspondan a patrones generales propios de su ecología. La hipótesis de que los desplazamientos locales son característicos de especies de borde y de áreas abiertas, pueden considerarse para especies que presentaron alguna movilidad entre unidades (*Saltator atripennis*, *Elaenia flavogaster*, *Tangara vitriolina*), además del hecho de que estas especies complementan su dieta insectívora con frutas, por lo cual incurrirían en movimientos estacionales locales en búsqueda de recursos (Levey y Stiles, 1992).

6.9 Perfiles de diversidad en los sistemas cafeteros estudiados

6.9.1 Perfil de diversidad alfa – aves residentes

El perfil de diversidad alfa (Fig. 7, A), refleja los patrones de diversidad encontrados en cada sistema estudiado (policultivo y monocultivo), a partir del número de especies reportadas por sistema (riqueza) y el número de individuos capturados por especie (abundancia). En consecuencia existe una mayor riqueza de especies de aves residentes en sistemas productivos de café con sombra en comparación a los cultivos de café a libre exposición ($q = 0$). Esto ocurre porque en los sistemas de policultivo se capturaron un mayor número de especies, probablemente, debido a una mayor oferta de recursos, gracias a la presencia de una vegetación estructuralmente más compleja.

Cuando el valor de (q) aumenta, la diversidad en general disminuye (Jost, 2011). Para la medida de diversidad ($q = 1$), la línea que representa el sistema de café con sombra tiende a descender en mayor medida en comparación a la línea que corresponde al cultivo de café a libre exposición al sol (Figura 7, A, B), sugiriendo que aunque los policultivos de café tienen mayor número de especies, muchas de ellas no cuentan con abundancias relativas altas; entre tanto los monocultivos, si bien tienen menos especies, poseen un número de individuos más homogéneo sin grandes diferencias en las abundancias relativas.

Con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que los policultivos tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 30.50 especies, donde todas las especies tuvieran la misma abundancia. Por su parte, los monocultivos tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad de 20.64 especies efectivas. Al expresar estas equivalencias, las unidades de policultivo son 1.48 veces más diversas en relación a las unidades de monocultivo. Dicho de otra forma, el sistema de monocultivo tiene solamente el 67.67 % de la diversidad que tienen las unidades de policultivo.

La diversidad alfa de orden 2 indica que para los dos sistemas estudiados, se obtuvo un número menor de especies efectivas, debido a que esta medida se centra solamente en las especies más abundantes. En este punto siguen siendo más diversos los policultivos, considerando que estos tienen una mayor dominancia en la distribución de abundancias entre las especies comunes.

6.9.2 Perfil de diversidad Beta – aves residentes

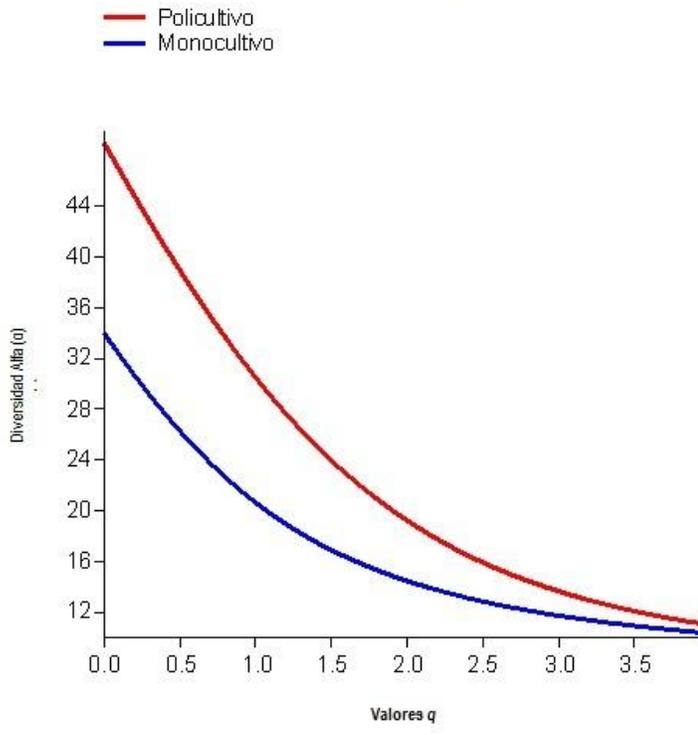
El perfil de diversidad Beta β (Fig. 7, B) muestra el recambio de especies en la composición de las comunidades de aves determinadas por sistema. Sin embargo, para los números equivalentes de q , no sólo basta la riqueza de especies determinada por tipo de sistema, sino también se considera fundamental la abundancia relativa de todas las especies. Para el valor de orden $q = 0$, existe un reducido número de especies compartidas entre sistemas con abundancias relativamente altas (Tabla 3), sin embargo en la mayoría de casos, estas abundancias difieren entre sistemas y algunas especies son más abundantes en policultivo o monocultivo, por lo que, $\beta = 1.373$ es bajo.

Para ($q = 1$), la diversidad tiende a disminuir ($\beta = 1.263$) (Tabla 3) debido a que si bien existen especies que contienen abundancias semejantes entre sistemas, como es el caso de *Arremon brunneinucha*, *Tiaris olivaceus*, *Troglodytes aedon*, *Catharus aurantiirostris* e *Hylocharis grayi*, surge la tendencia de un grupo de especies a ser más abundante en monocultivo con relación a policultivos o viceversa (v.g. *Turdus ignobilis*, *Zimmerius chrysops*, *Leptotila verreauxi*, *Mionectes striaticollis*). Para el valor de orden 2 ($q = 2$), la diversidad beta disminuye aún más ($\beta = 1.184$), debido a que se presentan especies que son exclusivas de alguno de los sistemas (monocultivo o policultivo) pero sus abundancias relativas son muy bajas (Tabla 4).

Valor q	Valor Beta (β)
0	1.373
1	1.263
2	1.184

Tabla 3. Valores de q para beta de orden 0, 1 y 2.

A). Perfil diversidad Alfa (α) Aves residentes



B). Perfil diversidad Beta (β) Aves residentes

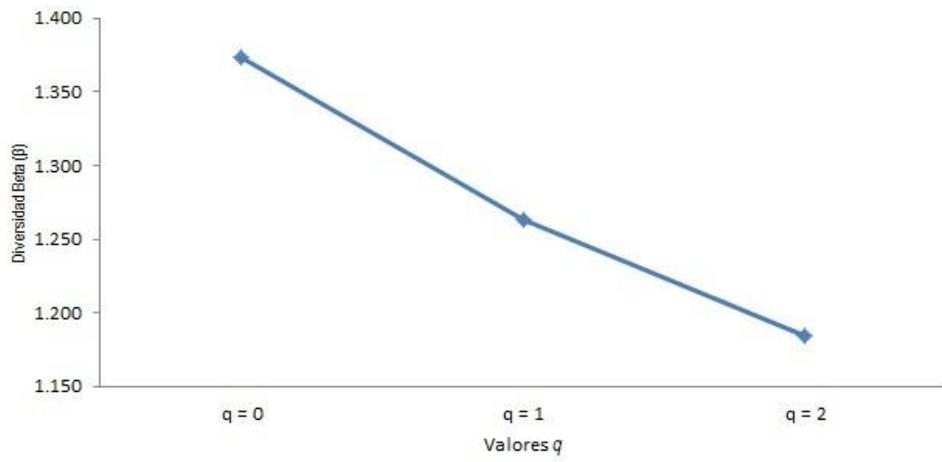


Figura 7. Perfiles de diversidad para aves residentes. A). Alfa, B). Beta

Ejemplo de especies abundantes compartidas ($q = 0$)		
Especies	Abundancia en Monocultivo	Abundancia en Policultivo
<i>Turdus ignobilis</i>	20	31
<i>Tangara vitriolina</i>	11	9
<i>Tiaris olivaceus</i>	7	7
<i>Hylocharis grayi</i>	5	4
<i>Chlorostilbon melanorhynchus</i>	4	9
Especies compartidas con mayor abundancia en algún tipo de sistema ($q = 1$)		
Especies	Abundancia en Monocultivo	Abundancia en Policultivo
<i>Amazilia saucerrottei</i>	4	12
<i>Leptotila verreauxi</i>	6	2
<i>Saltator atripennis</i>	2	6
<i>Turdus ignobilis</i>	20	31
<i>Volatinia jacarina</i>	6	1
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	1	7
Especies exclusivas por tipo de sistema con abundancias bajas ($q = 2$)		
Especies	Abundancia en Monocultivo	Abundancia en Policultivo
<i>Lonchura malacca</i>	1	0
<i>Sporophila nigricollis</i>	1	0
<i>Tangara cyanicollis</i>	1	0
<i>Diglossa sittoides</i>	1	0
<i>Aulacorhynchus haematopygus</i>	0	3
<i>Amazilia franciae</i>	0	2
<i>Anisognathus somptuosus</i>	0	1
<i>Anthracothorax nigricollis</i>	0	1

Tabla 4. Valores de abundancia relativa de especies de aves determinantes en los órdenes de diversidad betas – aves residentes

6.9.3 Perfil de diversidad Alfa – aves migratorias

La gráfica de diversidad alfa (Fig. 8, A) para el valor $q = 0$ indica que el sistema de policultivo es más rico en especies de aves migratorias (5 especies) que el de monocultivo (3 especies); esto puede deberse a que el refugio proporcionado por el sistema de monocultivo para las aves migratorias es muy limitado, en comparación a el sistema de policultivo; de este modo, se encuentran menos especies de aves en este tipo de sistema.

Al incluir todas las especies y sus abundancias relativas en la diversidad de orden 1 ($q = 1$), se encontró una mayor diversidad en policultivo que en monocultivo. Así, los sistemas de café con sombra tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad virtual de 2.30 especies si todas las especies tuvieran exactamente la misma abundancia. Por otro lado, los monocultivos tienen una diversidad semejante a la que tendría una comunidad de 1.66 especies efectivas; por lo tanto, se puede expresar que el sistema de policultivo es 1.38 veces más diverso en aves migratorias que el de monocultivo, es decir, una diversidad del 72.2 % con respecto al sistema de policultivo.

Como es natural, con la medida de diversidad estimada de orden 2, los dos sistemas resultan con un número menor de especies efectivas, considerando que este valor se centra en las especies más abundantes. De este modo, los policultivos siguen siendo más diversos, pues tienen una mayor equidad en la distribución de abundancias relativas altas entre las especies comunes.

6.9.4 Perfil de diversidad beta – aves migratorias

El perfil de diversidad Beta para la medida de diversidad de orden 0 ($q = 0$) muestra que existe un intercambio de especies migratorias entre sistemas productivos ($\beta = 1.50$) (Fig. 8, B). Especies como *Piranga rubra*, *Setophaga ruticilla*, *Geothlypis philadelphia* fueron exclusivas de policultivo y *Setophaga petechia* fue exclusiva de monocultivo. Para especies compartidas como *Catharus ustulatus* y *Setophaga fusca* (Tabla 6), el valor de $\beta = 1.50$ obtenido, indica que existe un número de individuos importante en ambos sistemas, lo cual favorece un mayor valor de beta y un recambio del 75%.

Para la medida de diversidad de orden 1 ($q = 1$) la diversidad tiene un descenso importante debido a que surgen especies compartidas con mayores abundancias

relativas en uno de los dos sistemas como *Catharus ustulatus* y *Setophaga fusca* en policultivo (Tabla 6). En la medida de diversidad de orden 2 ($q = 2$) el recambio en general es más bajo aún ($\beta = 1.008$), debido a que las especies exclusivas en ambos sistemas tienen abundancias relativas bajas (por ejemplo, *Piranga rubra*, *Setophaga ruticilla*, *Geotlypis philadelphia*, *Sethopaga petechia*) (Tabla 6).

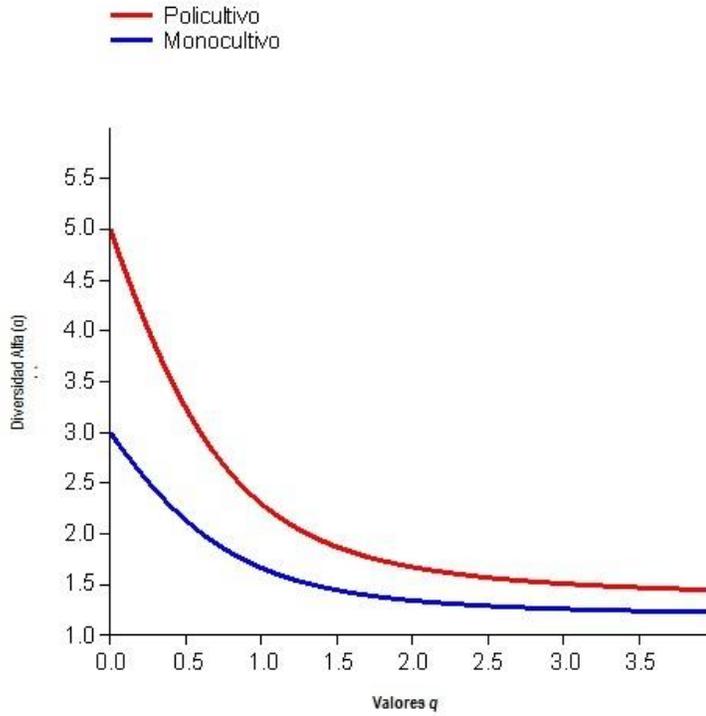
Valor q	Valor Beta (β)
0	1.50
1	1.06
2	1.008

Tabla 5. Valores de q para beta de orden 0, 1 y 2.

Ejemplo de especies abundantes compartidas ($q = 0$)		
Especies	Abundancia en Monocultivo	Abundancia en Policultivo
<i>Catharus ustulatus</i>	12	22
<i>Setophaga fusca</i>	1	4
Especies compartidas con mayor abundancia en algún tipo de sistema ($q = 1$)		
Especies	Abundancia en Monocultivo	Abundancia en Policultivo
<i>Catharus ustulatus</i>	12	22
<i>Setophaga fusca</i>	1	4
Especies exclusivas por tipo de sistema con abundancias bajas ($q = 2$)		
Especies	Abundancia en Monocultivo	Abundancia en Policultivo
<i>Piranga rubra</i>	0	1
<i>Setophaga ruticilla</i>	0	1
<i>Geotlypis philadelphia</i>	0	1
<i>Sethopaga petechia</i>	1	0

Tabla 6. Valores de abundancia relativa de especies de aves determinantes en los órdenes de diversidad betas – Migratorios

A). Perfil diversidad Alfa (α) Aves migratorias



B). Perfil diversidad Beta (β) Aves migratorias

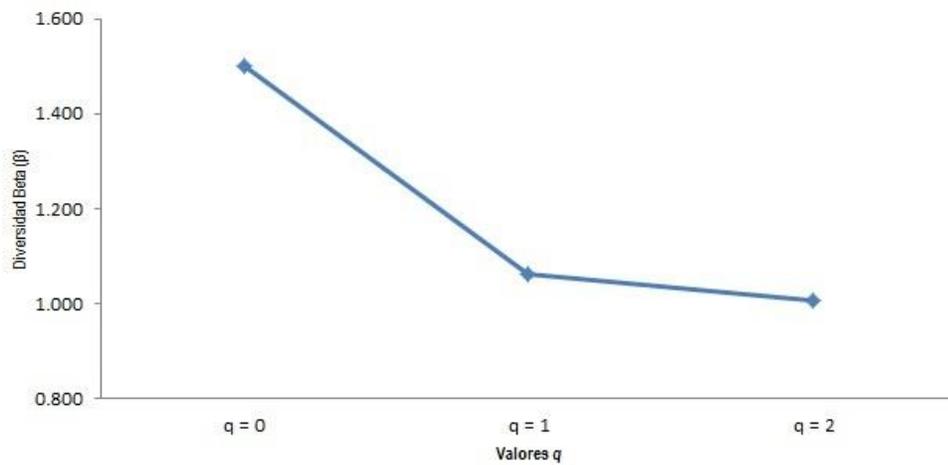


Figura 8. Perfiles de diversidad para aves migratorias. A). Alfa, B). Beta

7. CONCLUSIONES

En total, se capturaron 49 especies y 190 individuos en sistema de policultivo y 34 especies y 141 individuos en monocultivo.

Los resultados obtenidos por medio de las pruebas estadísticas realizadas, indican que existen diferencias significativas en el número de individuos y especies capturadas por tipo de sistema cafetero. Para el sistema de policultivo hubo 23 especies de aves exclusivas, mientras que en monocultivo hubo 8. Estos resultados podrían relacionarse a diferentes procesos ecológicos favorecidos por las especies en cuestión.

La diversidad obtenida a partir de los números efectivos de especies refleja que existe una mayor diversidad de aves (residentes y migratorias) en los sistemas productivos cafeteros estructural y florísticamente más complejos, lo cual reafirma la importancia de este tipo de sistemas en su aporte a la conservación biológica.

La diferencia en las comunidades de aves encontradas en los dos sistemas productivos de café, resultan del contraste en el tipo de manejo. Por un lado, los cultivos de café con sombra asociada pueden proporcionar los recursos necesarios para albergar una mayor cantidad de especies de aves que necesitan vegetación estructuralmente más compleja para mantenerse; esto se traduce en la mayor presencia de néctar, frutos e insectos. En contraste, los sistemas productivos de café a libre exposición al sol, mantienen grupos de aves de hábitos granívoros propias de zonas abiertas y pastizales.

Los resultados de este estudio sugieren que la importancia de los sistemas productivos de café para mantener la diversidad de poblaciones de aves en esta región, aumenta con la abundancia, variedad y consistencia de los recursos alimenticios en las plantaciones, aspectos inherentes a la inclusión de un dosel diverso de sombra.

A pesar de que los resultados obtenidos para los movimientos de aves a partir de las recapturas realizadas no son concluyentes, dado que se necesita un mayor número de muestreos en el tiempo, se abre un espacio de discusión sobre cuáles son los mecanismos que determinan los desplazamientos entre hábitats de las aves residentes y migratorias en la zona de estudio.

8. RECOMENDACIONES

- Se debe fomentar la cultura de promover sistemas productivos amigables con el medio que contribuyan a la conservación de la biodiversidad y que a su vez, actúen como sitios de paso para la fauna.
- Se deben continuar realizando programas participativos que involucren a la comunidad cafetera asentada en la región, haciendo énfasis en el componente ambiental y concientizando a los productores en la necesidad de conservar la biodiversidad.
- Es necesario impulsar las buenas prácticas agrícolas en sistemas productivos de café que requieran la implementación de estrategias para hacer los cultivos más amigables con el ambiente, incluyendo el uso de sombríos heterogéneos que puedan aumentar la complejidad estructural del agroecosistema.
- Es necesario realizar investigaciones acerca de los rendimientos de los sistemas productivos de café bajo distintas coberturas de sombra, para hacer recomendaciones con fundamento y más acertadas acerca del equilibrio a tener en cuenta entre la conservación de la biodiversidad y la viabilidad económica de los sistemas productivos.
- Se debe continuar realizando el monitoreo de diferentes grupos de fauna asociados a los sistemas productivos de café de la región, a fin de obtener resultados integrales y eficaces con el objetivo de promover la conservación de la biodiversidad.
- Para comprender mejor los movimientos de las especies de aves a todas las escalas, las discusiones deben abarcar aspectos demográficos puntuales, incluir variantes altitudinales y observaciones más prolongadas en el tiempo.

9. LITERATURA CITADA

Alpizar, L. 1988. Interacción de Café y Otras Plantas, con Especial Referencia a la Sombra de Tipo Permanente. Curso Regional Sobre Nutrición Mineral del Café. Costa Rica. 3(31): 55-82.

Anand, M. O., J. Krishnaswamy y A. Das. 2008. Proximity to Forests Drives Bird Conservation Value of Coffee Plantations: Implications for Certification. *Ecological Applications*. 18(7): 54-63.

Arcila, J., F. Farfán y A. Moreno. 2007. Desarrollo de la Planta de Café. *Cenicafé*. 21-60.

Askins, R., J. Lynch y R. Greenberg. 1990. Population Declines in Migratory Birds in Eastern North America. *Current Ornithology*. 4(1): 57-84.

Balvanera, P., H. Cotler, O. Aburto, A. Aguilar, M. Aguilera, M. Aluja, A. Andrade, I. Arroyo, L. Ashworth y M. Astier. 2009. Estado y Tendencias de los Servicios Ecosistémicos. *Capital Natural de México*. 2: 185-245.

Bohórquez, C. 2003. Mixed-species Bird Flocks in a Montane Cloud Forest of Colombia. *Ornitología Neotropical*. 14: 67-78.

Borrero, J. 1986. La Substitución de Cafetales de Sombrío por Caturrales y su Efecto Negativo sobre la Fauna de Vertebrados. *Caldasia*. 15: 725-732.

Buechley, E., Ç Şekercioğlu, A. Atickem, G. Gebremichael, J. Ndungu, B. Mahamued, T. Beyene, T. Mekonnen y L. Lens. 2015. Importance of Ethiopian Shade Coffee Farms for Forest Bird Conservation. *Biological Conservation*. 188: 50-60.

Calvo, L. y J. Blake. 1998. Bird Diversity and Abundance on two Different Shade Coffee Plantations in Guatemala. *Bird Conservation International*. 8(3): 297-308.

Carlo, T. A., J. A. Collazo y M. J. Groom. 2004. Influences of Fruit Diversity and Abundance on Bird Use of Two Shaded Coffee Plantations. *Biotropica*. 36(4): 602-614.

Castillo, R., H. Chitiva y G. V. González. 1998. Guía para Plantaciones Forestales Comerciales Cauca, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Colombia). Ministerio de Medio Ambiente.

Clifford, M. 2012. *Coffee: botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. Springer Science and Business Media.

Colwell, R. 2009. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software), Version 8. 2. 0. Disponible en línea: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.

Corredor, G. 1989. Estudio comparativo entre la avifauna de un bosque natural y un cafetal tradicional en el Quindío. B. Sc. No publicada, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Cruz, A. y R. Greenberg. 2005. Are Epiphytes Important for Birds in Coffee Plantations? An Experimental Assessment. *Journal of Applied Ecology*. 42(1): 150-159.

Del Hoyo, J., A. Elliott y D. Christie. 2011. *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 1 to 16. Lynx Editions, Reino Unido.

Dietsch, T. 2003. *Conservation and Ecology of Birds in Coffee Agroecosystems of Chiapas, Mexico*. Doctoral Dissertattion. University of Michigan, USA.

Dietsch, T., I. Perfecto y R. Greenberg. 2007. Avian Foraging Behavior in Two Different Types of Coffee Agroecosystem in Chiapas, México. *Biotropica*. 39(2): 232-240.

Escamilla, E., A. Licona, S. Díaz, H. Santoyo, R. Sosa y L. Ramírez. 1994. Los Sistemas de Producción del Café en el Centro de Veracruz, México. Un Análisis Tecnológico. *Revista de Historia*. 30: 40-67.

Goijman, A., M. Conroy, J. Bernardos y M. Zaccagnini. 2015. Multi-Season Regional Analysis of Multi-Species Occupancy: Implications for Bird Conservation in Agricultural Lands in East-Central Argentina. *Plos One*. 10(6): 52-79

Gómez, C., N. Bayly y K. Rosenberg. 2014. Fall Stopover Strategies of Three Species of Thrush (*Catharus*) in Northern South America. *The Auk*. 131(4): 702-717.

Greenberg, R., P. Bichier, A. Angon, C. MacVean, R. Perez y E. Cano. 2000. The Impact of Avian Insectivory on Arthropods and Leaf Damage in some Guatemalan Coffee Plantations. *Ecology*. 81(6): 1750-1755.

Greenberg, R., P. Bichier, A. Angon y R. Reitsma. 1997a. Bird Populations in Shade and Sun Coffee Plantations in Central Guatemala. *Conservation Biology*. 11(2): 448-459.

Greenberg, R., P. Bichier y J. Sterling. 1997b. Bird Populations in Rustic and Planted Shade Coffee Plantations of Eastern Chiapas, México. *Biotropica*. 29(4): 501-514.

Griscom, L. y A. Anthony. 1932. *The Distribution of Bird-Life in Guatemala: a Contribution to a Study of the Origin of Central American Bird-Life*. American Museum of Natural History.

Hilty, S. y W. Brown. 2001. *Guía de las aves de Colombia*. American Bird Conservancy.

Holmes, R. y A. Keast. 1990. Food Resource Availability and Use in Forest Bird Communities: a Comparative View and Critique. *Biogeography and Ecology of Forest Bird Communities*: 22: 389-393.

ICO (2015). *Coffee Trade Statistics*.

Isler, M. e P. Isler. 1987. *The tanagers: natural history, distribution, and identification*. Smithsonian inst. Press, Washington, DC.

Jaramillo, A. 2012. Efecto de las Abejas Silvestres en la Polinización del Café (*Coffea arabica*: rubiaceae) en tres Sistemas de Producción en el Departamento de Antioquia/Effect of Wild Bees on the Pollination of Coffee (*Coffea arabica*: rubiaceae)

in Three Production Systems in The Province of Antioquia. Tesis de que). Medellin, Universidad Nacional de Colombia.

Johnson, M., 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.

Johnson, M. y T. Sherry. 2001. Effects of Food Availability on the Distribution of Migratory Warblers Among Habitats in Jamaica. *Journal of Animal Ecology*. 70(4): 546-560.

Jones, J., P. Ramoni-Perazzi, E. Carruthers y R. Robertson. 2002. Species Composition of Bird Communities in Shade Coffee Plantations in the Venezuelan Andes. *Ornitología Neotropical*. 13: 397-412.

Jost, L. 2006. Entropy and Diversity. *Oikos*. 113(2): 363-375.

Jost, L. 2007. Partitioning Diversity into Independent Alpha and Beta Components. *Ecology*. 88(10): 2427-2439.

Kirk, D., M. Evenden y P. Mineau. 1996. Past and Current Attempts to Evaluate the Role of Birds as Predators of Insect Pests in Temperate Agriculture. *Current Ornithology*. 13: 175-269.

Kissling, W., C. Sekercioglu y W. Jetz. 2012. Bird Dietary Guild Richness Across Latitudes, Environments and Biogeographic Regions. *Global Ecology and Biogeography*. 21(3): 328-340.

Komar, O. 2006. Ecology and Conservation of Birds in Coffee Plantations of El Salvador, Central America. *Bird Conservation International*. 16(1): 1-23.

Koptur, S. 1994. Floral and Extrafloral Nectars of Costa Rican *Inga* Trees: a Comparison of their Constituents and Composition. *Biotropica*: 23(3): 276-284.

Korňan, M. y P. Adamík. 2007. Foraging Guild Structure Within a Primaeval Mixed Forest Bird Assemblage: a Comparison of Two Concepts. *Community Ecology*. 8(2): 133-149.

Laurance, W. 1999. Reflections on the Tropical Deforestation Crisis. *Biological Conservation*. 91(2): 109-117.

Levey, D. y F. Stiles. 1992. Evolutionary Precursors of Long-Distance Migration: Resource Availability and Movement Patterns in Neotropical Landbirds. *American Naturalist*: 140(3): 447-476.

Manson, R. 2008. *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación*. México. Instituto Nacional de Ecología.

Martin, T. 1993. Nest Predation Among Vegetation Layers and Habitat Types: Revising the Dogmas. *American Naturalist*. 141(6): 897-913.

Moguel, P. y V. Toledo. 1999. Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of México. *Conservation Biology*. 13(1): 11-21.

Moreno, C., F. Barragán, E. Pineda y N. Pavón. 2011. Reanálisis de la Diversidad Alfa: Alternativas para Interpretar y Comparar Información Sobre Comunidades Ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82(4): 1249-1261.

Nally, R. M. 1994. Habitat-Specific Guild Structure of Forest Birds in South-Eastern Australia: a Regional Scale Perspective. *Journal of Animal Ecology*. 63(4): 988-1001.

Nestel, D., F. Dickschen y M. Altieri. 1993. Diversity Patterns of Soil Macro-Coleoptera in Mexican Shaded and Unshaded Coffee Agroecosystems: an Indication of Habitat Perturbation. *Biodiversity and Conservation*. 2(1): 70-78.

Norris, D. y Stutchbury, B. 2001. Extraterritorial Movements of a Forest Songbird in a Fragmented Landscape. *Conservation Biology*. 15(3): 729-736.

Perfecto, I., R. A. Rice, R. Greenberg y M. E. Van der Voort. 1996. Shade Coffee: a Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*. 46(8): 598-608.

Perfecto, I., J. H. Vandermeer, G. L. Bautista, G. I. Núñez, R. Greenberg, P. Bichier y S. Langridge. 2004. Greater Predation in Shaded Coffee Farms: the Role of Resident Neotropical Birds. *Ecology*. 85(10): 2677-2681.

Perrings, C. y G. Halkos. 2015. Agriculture and the Threat to Biodiversity in Sub-Saharan África. *Environmental Research Letters*. 10(9): 1-10.

Petit, L. J., D. R. Petit, D. G. Christian y H. D. Powell. 1999. Bird Communities of Natural and Modified Habitats in Panama. *Ecography*. 22(3): 292-304.

Pimentel, D., U. Stachow, D. A. Takacs, H. W. Brubaker, A. R. Dumas, J. J. Meaney, J. A. O'Neil, D. E. Onsi y D. B. Corzilius. 1992. Conserving Biological Diversity in Agricultural/Forestry Systems. *BioScience*: 42(5): 354-362.

Railsback, S. F. y M. D. Johnson. 2014. Effects of Land Use on Bird Populations and Pest Control Services on Coffee Farms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111(16): 6109-6114.

Raynolds, L. T., D. Murray y P. Leigh Taylor. 2004. Fair Trade Coffee: Building Producer Capacity Via Global Networks. *Journal of International Development*. 16(8): 1109-1121.

Remsen, J., J. Areta, C. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. Pacheco, J. Perez, M. Robbins, F. Stiles, D. Stotz y K. Zimmer. 2017. A Classification of the Bird Species of South America, American Ornithologists' Union.

Renjifo, L. M. 1999. Composition Changes in a Subandean Avifauna after Long-Term Forest Fragmentation. *Conservation Biology*. 13(5): 1124-1139.

Rice, R. A. y J. R. Ward. 1996. Coffee, Conservation, and Commerce in the Western Hemisphere. Washington, DC: The Smithsonian Migratory Bird Center and the Natural Resources Defense Council.

Robbins, C., B. Dowell, D. Dawson, J. Colon, R. Estrada, A. Sutton, R. Sutton y D. Weyer. 1992. Comparison of Neotropical Migrant Landbird Populations Wintering in Tropical Forest, Isolated Forest Fragments, and Agricultural Habitats. *Ecology and Conservation of Neotropical Migrant Landbirds*. Washington, DC.: 207-220.

Rodewald, P. G. y K. G. Smith. 1998. Short-Term Effects of Understory and Overstory Management on Breeding Birds in Arkansas Oak-Hickory Forests. *The Journal of wildlife management*: 62(4): 1411-1417.

Rubenstein, D. R. y K. A. Hobson. 2004. From Birds to Butterflies: Animal Movement Patterns and Stable Isotopes. *Trends in Ecology and Evolution*. 19(5): 256-263.

Sternberg, M., M. Gutman, A. Perevolotsky, E. D. Ungar y J. Kigel. 2000 Vegetation Response to Grazing Management in a Mediterranean Herbaceous Community: a Functional Group Approach. *Journal of Applied Ecology*. 37(2): 224-237.

Tejeda-Cruz, C. y W. J. Sutherland. 2004. Bird Responses to Shade Coffee Production. *Animal Conservation*. 7(02): 169-179.

Thiollay, J. M. 1995. The Role of Traditional Agroforests in the Conservation of Rain Forest Bird Diversity in Sumatra. *Conservation biology*. 9(2): 335-353.

Tilman, D., C. Balzer, J. Hill y B. L. Befort. 2011. Global Food Demand and The Sustainable Intensification of Agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 108(50): 20260-20264.

Turbay, S., B. Nates, F. Jaramillo, J. J. Vélez y O. L. Ocampo. 2014. Adaptación a la Variabilidad Climática entre los Caficultores de las Cuencas de los Ríos Porce y Chinchiná, Colombia. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. (85): 95-112.

Van Bael, S. A., P. Bichier, I. Ochoa y R. Greenberg. 2007. Bird Diversity in Cacao Farms and Forest Fragments of Western Panama. *Biodiversity and Conservation* 16(8): 2245-2256.

Vandermeer, J. e I. Perfecto. 2007. The Agricultural Matrix and a Future Paradigm for Conservation. *Conservation Biology*. 21(1): 274-277.

Vannini, J. P. 1994. Nearctic Avian Migrants in Coffee Plantations and Forest Fragments of South-Western Guatemala. *Bird Conservation International*. 4(2): 209-232.

Villarreal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. Umaña. 2004. Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia.

Wille, C. 1994. The Birds and the Beans. *Audubon*. 31(8): 58-64.

With, K. A., R. H. Gardner y M. G. Turner. 1997. Landscape Connectivity and Population Distributions in Heterogeneous Environments. *Oikos*. 78(1): 151-169.

Wunderle Jr, J. M. 1999. Avian Distribution in Dominican Shade Coffee Plantations: Area and Habitat Relationships (Distribución de Aves en Algunas Plantaciones de Café de Sombra en la República Dominicana: Relaciones Entre Área y Habitat). *Journal of Field Ornithology*. 70(1): 58-70.

Wunderle Jr, J. M. y S. C. Latta. 1996. Avian Abundance in Sun and Shade Coffee Plantations and Remnant Pine Forest in the Cordillera Central, Dominican Republic. *Ornitología Neotropical*. 7: 19-34.

Wunderle Jr, J. M. y S. C. Latta. 1998. Avian Resource Use in Dominican Shade Coffee Plantations. *The Wilson Bulletin*. 110(2): 271-281.

Wunderle Jr, J. M. y S. C. Latta. 2000. Winter Site Fidelity of Nearctic Migrants in Shade Coffee Plantations of Different Sizes in the Dominican Republic. *American Ornithologists' Society*. 117(3): 596-614.

Wunderle Jr, J. M. y R. B. Waide. 1993. Distribution of Overwintering Nearctic Migrants in the Bahamas and Greater Antilles. *Condor*. 95(4): 904-933.

Young, B. E. 1997. Neotropical Birds: Ecology and Conservation. *Ecology*. 78(5): 1613-1615.

Anexo 1.

A). Listado de especies residentes capturadas en las unidades de estudio. La clasificación en dietas primarias o gremios tróficos se hizo con base en Hilty y Brown (2001) y Del hoyo *et al.*, (2010). El listado sigue filogenia y nomenclatura según Remsen *et al.*, (2017).

P= Policultivo, M= Monocultivo, G= Gremio. Para las categorías tróficas (gremios): FRG (Frugívoro), INS (Insectívoro), GRN (Granívoro), NEC-INS (Nectarívoro-insectívoro), FRG-INS (Frugívoro-Insectívoro).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P	M	G
COLUMBIFORMES	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	X	X	FRG
		<i>Leptotila plumbeiceps</i> (Sclater y Salvin, 1868)	X		FRG
APODIFORMES	Trochilidae	<i>Phaethornis guy</i> (Lesson, 1833)	X		NEC-INS
		<i>Hylocharis grayi</i> (DeLattre y Bourcier, 1846)	X	X	NEC-INS
		<i>Heliomaster longirostris</i> (Audebert y Vieillot, 1801)	X		NEC-INS
		<i>Chlorostilbon melanorhynchus</i> (Gould, 1860)	X	X	NEC-INS
		<i>Amazilia saucerrottei</i> (DeLattre y Bourcier, 1846)	X	X	NEC-INS
		<i>Amazilia franciae</i> (Bourcier y Mulsant, 1846)	X		NEC-INS
		<i>Anthracothorax nigricollis</i> (Vieillot, 1817)	X		NEC-INS
CORACIIFORMES	Momotidae	<i>Momotus aequatorialis</i> (Gould, 1857)	X		FRG-INS
PICIFORMES	Ramphastidae	<i>Aulacorhynchus haematopygus</i> (Gould, 1835)	X		FRG
	Picidae	<i>Colaptes rubiginosus</i> (Swainson, 1820)	X		INS
PASSERIFORMES	Tyrannidae	<i>Zimmerius chrysops</i> (Sclater, 1859)	X	X	FRG-INS
		<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	X	X	INS
		<i>Leptopogon superciliaris</i> (Tschudi, 1844)	X		INS
		<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	X	X	FRG-INS
		<i>Myiozetetes cayanensis</i> (Linnaeus, 1766)	X	X	FRG-INS
		<i>Myiarchus tuberculifer</i> (D'Orbigny y Lafresnaye, 1837)	X		FRG-INS
		<i>Mionectes striaticollis</i> (D'Orbigny y Lafresnaye, 1837)	X	X	FRG-INS
		<i>Knipolegus poecilurus</i> (Sclater, 1862)	X	X	INS

		<i>Elaenia frantzii</i> (Lawrence, 1865)	X	FRG
PASSERIFORMES	Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	X	FRG-INS
	Tityridae	<i>Pachyramphus polychopterus</i> (Vieillot, 1818)	X X	FRG-INS
	Vireonidae	<i>Vireo leucophrys</i> (Lafresnaye, 1844)	X	INS
	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i> (Boddaert, 1783)	X	FRG-INS
	Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	X	INS
	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i> (Vieillot, 1809)	X X	INS
	Turdidae	<i>Turdus ignobilis</i> (Sclater, 1857)	X X	FRG-INS
		<i>Myadestes ralloides</i> (D'Orbigny, 1840)	X	FRG-INS
		<i>Catharus aurantirostris</i> (Hartlaub, 1850)	X X	FRG-INS
	Thraupidae	<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	X X	GRN
		<i>Hemithraupis guira</i> (Linnaeus, 1766)	X	FRG-INS
		<i>Diglossa sittoides</i> (d'Orbigny y Lafresnaye, 1838)	X	NEC-INS
		<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	X X	NEC-INS
		<i>Tiaris olivaceus</i> (Linnaeus, 1766)	X X	GRN
		<i>Thraupis episcopus</i> (Linnaeus, 1766)	X	FRG-INS
		<i>Tangara vitriolina</i> (Cabanis, 1850)	X X	FRG-INS
		<i>Tangara gyrola</i> (Linnaeus, 1758)	X	FRG
		<i>Tangara cyanicollis</i> (D'Orbigny y Lafresnaye, 1837)	X	FRG
		<i>Tangara arthus</i> (Lesson, 1832)	X X	FRG-INS
		<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert, 1783)	X X	FRG-INS
		<i>Sporophila nigricollis</i> (Vieillot, 1823)	X	GRN
		<i>Sporophila intermedia</i> (Cabanis, 1851)	X X	GRN
		<i>Saltator atripennis</i> (Sclater, 1856)	X X	FRG
		<i>Ramphocelus flammigerus</i> (Jardine y Selby, 1833)	X X	FRG-INS
		<i>Pipraeidea melanonota</i> (Vieillot, 1819)	X	FRG-INS
		<i>Anisognathus somptuosus</i> (Lesson, 1831)	X	FRG-INS
	Emberizidae	<i>Atlapetes albinucha</i> (d'Orbigny y Lafresnaye, 1838)	X X	FRG-INS
		<i>Zonotrichia capensis</i> (Muller, 1776)	X X	FRG-INS
		<i>Arremon brunneinucha</i> (Lafresnaye, 1839)	X X	INS

Parulidae	<i>Setophaga pitiayumi</i> (Vieillot, 1817)	X		INS
	<i>Basileuterus culicivorus</i> (Bonaparte, 1845)	X	X	INS
Parulidae	<i>Myioborus miniatus</i> (Swainson, 1827)	X		INS
Icteridae	<i>Psarocolius decumanus</i> (Pallas, 1769)	X		FRG-INS
	<i>Icterus chrysater</i> (Lesson, 1844)	X		FRG-INS
Fringillidae	<i>Spinus psaltria</i> (Say, 1823)		X	GRN
Estrildidae	<i>Lonchura malacca</i> (Linnaeus 1766)		X	GRN

B). Listado de especies migratorias capturadas en las unidades de estudio. El listado sigue filogenia y nomenclatura de Remsen *et al.*, (2017).

P= Policultivo, M= Monocultivo, G= Gremio.). Para las categorías tróficas (gremio): FRG (Frugívoro), FRG-INS (Frugívoro-Insectívoro).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	P	M	G
PASSERIFORMES	Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i> (Nuttall, 1840)	X	X	FRG
	Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i> (Linnaeus, 1758)	X		FRG-INS
	Parulidae	<i>Setophaga ruticilla</i> (Linnaeus, 1758)	X		FRG-INS
		<i>Setophaga fusca</i> (Müller, 1776)	X	X	FRG-INS
		<i>Geothlypis philadelphia</i> (Wilson, 1810)	X		FRG-INS
		<i>Setophaga petechia</i> (Linnaeus, 1766)		X	FRG-INS

Anexo 2.

Especies de aves capturadas y fotografiadas en sistemas cafeteros de policultivo y monocultivo. Las fotografías se presentan en grupos de especies clasificadas según sus hábitos alimenticios (gremios tróficos). La categorización en gremios tróficos se realizó con base en Hilty y Brown (2001) y Del Hoyo *et al.*, (2011).

Los nombres de las especies se presentan de izquierda a derecha y de arriba a abajo.

GREMIO FRUGÍVORO (FRG):



Aulacorhynchus haematopygus, *Leptotila verreauxi*, *Elaenia frantzii*, *Tangara cyanicollis*, *T. gyrola*, *Saltator atripennis*.

GREMIO INSECTÍVORO (INS):



Knipolegus poecilurus, *Troglodytes aedon*, *Leptopogon superciliaris*, *Basileuterus culicivorus*, *Colaptes rubiginosus*, *Myioborus miniatus*.

GREMIO GRANÍVORO (GRN):



Sporophila nigricollis, *Spinus psaltria*, *Sporophila intermedia*, *Lonchura malacca*, *Tiaris olivaceus*, *Volatinia jacarina*.

GREMIO FRUGÍVORO-ÍNSECTÍVORO (FRG-INS):



Anisognathus somptuosus, *Arremon brunneinucha*, *Ramphocelus flammigerus*, *Cyanocorax yncas*, *Momotus aequatorialis*, *Myadestes ralloides*.

GREMIO NECTARÍVORO-INSECTÍVORO (NEC-INS):



Hylocharis grayi, *Amazilia saucerrottei*, *Chlorostilbon melanorhynchus*, *Amazilia franciae*, *Phaethornis guy*, *Heliomaster longirostris*.

Anexo 3.

Especies de aves migratorias capturadas y fotografiadas en sistemas cafeteros (policultivo y monocultivo).



Geothlypis philadelphia, *Catharus ustulatus*, *Piranga rubra*, *Setophaga fusca*,
Setophaga petechia, *Setophaga ruticilla*