



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**LA AVIFAUNA COMO INDICADOR DE BIODIVERSIDAD
EN SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES EN TRÓPICO
SECO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

MERLE AYLLÓN CORDERO

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO. OCTUBRE 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

**LA AVIFAUNA COMO INDICADOR DE BIODIVERSIDAD EN
SISTEMAS AGROSILVOPASTORILES EN TRÓPICO SECO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

PRESENTA:

MERLE AYLLÓN CORDERO

COMITÉ DE TUTORES

DR. ANASTACIO GARCÍA MARTÍNEZ. TUTOR ACADÉMICO

DR. BENITO ALBARRÁN PORTILLO. TUTOR ADJUNTO

DRA. MARTHA MARIELA ZARCO GONZÁLEZ. TUTOR ADJUNTO

EL CERRILLO PIEDRAS BLANCAS, TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO. OCTUBRE 2021

RESÚMEN

Los sistemas agrosilvopastoriles, permiten un equilibrio ecológico entre especies domésticas y silvestres. Un ejemplo, son las aves, debido a que la cubierta vegetal (árboles, arbustos y pastizales) les provee alimento y hogar, estas son consideradas indicadores de la calidad del ambiente, ya que presentan diferentes grados de sensibilidad a perturbaciones. El objetivo del trabajo fué determinar el efecto de los sistemas agrosilvopastoriles en trópico seco, sobre la biodiversidad utilizando la avifauna como indicador. Se evaluó la composición de la avifauna en tres áreas con diferente uso del suelo: i. Sistema Agrosilvopastoril intensivo (SAi), ii. Sistema Agrosilvopastoril extensivo (SAe) y iii. Zona de aislamiento (Za), durante un año; de febrero de 2020 a enero de 2021. Para la identificación de las aves se utilizó el método de censos visuales en transecto con ancho variable. En el SAe se encontraron 2,170 aves pertenecientes a 51 especies, de las cuales el 65.3% fueron generalistas, es decir que no cumplen un rol en el ecosistema, de estas 76.5% no son endémicas de nuestro país, y el 52.9% de las aves son residentes. En el SAi se avistaron 1,440 aves, pertenecientes a 95 especies de las cuales 73.8% fueron especialistas, 72.6% no son endémicas de México, y 57.1% de las aves son residentes. La Za albergó 870 aves, pertenecientes 105 especies de las cuales 87.7% fueron especialistas, 12.4% de aves endémicas y 57.1% de las aves son residentes. Los índices de diversidad de Margalef, Simpson y Shannon-Wiener, indicaron que el sitio con alta diversidad fue la ZA seguido del SAi y, el SAe fue el sitio menos diverso. El análisis estadístico mostró que el hábitat fue la variable que marcó la diferencia en los tres sitios ($P < 0.001$); en la ZA que es bosque con alta cobertura arbórea, se observó la mayor cantidad de especies de aves, el SAi con cobertura arbórea media - alta fue el sitio con mayor cantidad de micro hábitats y el SAe fue meramente pastizal con una cantidad baja cobertura arbórea y de especies de aves. En este sentido, la densidad arbórea fue el principal factor que influyó en la biodiversidad de las aves ($P < 0.001$), pero no se encontraron diferencias significativas en la época del año ($P > 0.05$). Sin embargo, la época del año tuvo efecto en el sexo de las aves ($P < 0.001$), ya que en invierno se observó un mayor número machos comparado con las otras estaciones. Se concluye que sistemas

agrosilvopastoriles bien manejados, con una, alta cobertura arbórea son una alternativa para lograr un equilibrio entre producción animal y biodiversidad.

ABSTRACT

Agrosilvopastoral systems allow an ecological balance between domestic and wild species. An example is birds, because the vegetation cover (trees, shrubs and grasslands) provides them food and a home, these are considered indicators of the quality of the environment, since they present different degrees of sensitivity to disturbances. The aim of this study was to determine the effect of agrosilvopastoral systems in the dry tropics on the biodiversity using the avifauna as an indicator. The composition of the avifauna was evaluated in three areas with different land use: i. Intensive Agrosilvopastoral System (IAS), ii. Extensive Agrosilvopastoral Systems (EAS) and iii. Exclusion/isolation zone (EZ), during a year from February 2020 to January 2021. For the identification of the birds, the method of visual censuses in transect with variable width was used. In the EAS, 2,170 birds belonging to 51 species were found, of which 65.3% were generalists, that is, they do not play a role in the ecosystem, of these 76.5% are not endemic to our country, and 52.9% of the birds they are residents. In the ISA 1,440 birds were sighted, belonging to 95 species of which 73.8% were specialists, 72.6% are not endemic to Mexico, and 57.1% of the birds are residents. The EZ sheltered 870 birds, belonging to 105 species of which 87.7% were specialists, 12.4% were endemic birds and 57.1% of the birds are residents. The Margalef, Simpson and Shannon-Wiener diversity indices indicated that the most diverse site was EZ followed by IAS, both sites showed high diversity, and lastly ESA was the least diverse site. The statistical analysis showed that the habitat was the variable that made the difference in the three sites ($P < 0.001$); in the EZ, which is forest with high tree cover, the largest number of bird species was observed, the IAS with medium tree cover was the site with the highest number of micro habitats and the ESA was merely grassland with a low amount of tree cover and bird species. In this sense, the tree density was the main factor that influenced on the biodiversity birds ($P < 0.001$), but no significant differences were found at the season ($P > 0.05$). However, the season had an effect on birds' sex ($P < 0.001$), since in winter a greater number of male sightings were observed compared to the other seasons. It is concluded that well-managed agrosilvopastoral systems, with a high

tree cover, are an alternative to achieve a balance between animal production and biodiversity.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se logró terminar gracias a muchas personas que colaboraron con su paciencia, conocimiento, entendimiento, comprensión, tolerancia y sobre todo con su amor.

A mi alma máter, la Universidad Autónoma del Estado de México por mi formación académica y apoyo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca que se me otorgó para la realización de la investigación.

A mi tutor académico, el Dr. Anastacio García Martínez por compartir sus conocimientos, alentarme y apoyarme durante mis estudios de posgrado, brindarme su amistad y presionarme para ser mejor investigadora.

A mi tutor adjunto, el Dr. Benito Albarrán Portillo por su apoyo para ingresar al posgrado y durante la investigación, por su amistad, por ser un excelente maestro y transmitirme su conocimiento.

A mi tutora adjunta la Dra. Martha Mariela Zarco González, por compartir sus conocimientos, por siempre tener tiempo y estar abierta a enseñarme, por su paciencia y dedicación.

Agradezco a mi familia que siempre estuvo para apoyarme. A mis papás que siempre han estado a mi lado con palabras de aliento, sin ustedes no habría logrado nada ni sería lo que soy hoy en día, me han enseñado a ver lo importante del esfuerzo y del trabajo fuerte, los amo inmensamente.

A Alberto por estar a mi lado, quererme y apoyarme en todo, por acompañarme a campo a realizar los avistamientos, por preocuparte por mí y levantarme el ánimo, te amo.

Al PMVZ. Jesus Arroyo y a su familia que me permitieron realizar la presente investigación en sus sistemas de producción, abrirme las puertas de su casa, brindarme su amistad y consejos.

Los quiero mucho a todos.

CONTENIDO

RESÚMEN	ii
ABSTRACT.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Aves como indicadores de la biodiversidad	3
2.2 Ventajas ecológicas de los sistemas silvopastoriles.....	5
2.3 Aportes de los sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles a la biodiversidad.....	8
2.4 Carga animal.....	11
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
IV. HIPÓTESIS	14
V. JUSTIFICACIÓN	15
VI. OBJETIVOS	16
6.1 Objetivo general	16
6.2 Objetivos específicos	16
VII. METODOLOGÍA (MATERIALES Y MÉTODOS).....	17
7.1. Área de estudio	17
7.2 Unidades experimentales y carga animal	17
7.3 Registro de datos	20
7.4 Identificación de especies vegetales.....	21

7.5 Análisis ecológico.....	21
7.5.1 Riqueza específica (S).....	21
7.5.2 Índice de diversidad de Margalef	21
7.5.3 Índice de Simpson	21
7.5.4 Índice de Shannon-Wiener	22
7.5.5 Índice cualitativo de Sørensen.....	22
7.6 Análisis estadístico.....	23
VIII. RESULTADOS	25
8.1 Identificación de especies vegetales.....	25
8.2 Especies de aves presentes	27
8.3 Análisis ecológico.....	35
8.3.1 Riqueza específica (S).....	35
8.3.2 Índice de diversidad de Margalef	35
8.3.3 Índice de Simpson	36
8.3.4 Índice de Shannon-Wiener (H')	37
8.3.5 Índice cualitativo de Sørensen.....	37
8.4 Análisis estadístico.....	38
IX. DISCUSIÓN	40
X. CONCLUSIONES.....	42
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
XI. ANEXOS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos	20
Figura 2. Distribución de los factores en estudio	24

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1. Coordenadas de los sitios en estudio.....	18
Cuadro 2. Porcentaje de especies vegetales preferidas por las aves.....	25
Cuadro 3. Especies y abundancias de aves presentes en el sistema agrosilvopastoril extensivo (SAe).....	27
Cuadro 4. Especies y abundancias de aves presentes en el sistema agrosilvopastoril intensivo (SAi).....	29
Cuadro 5. Especies y abundancias de aves presentes en la zona de amortiguamiento (ZA).....	32
Cuadro 6. Resultados del índice de Simpson.....	36

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, aproximadamente 50% de la superficie terrestre ha sido modificada por actividades agrícolas y asentamientos urbanos. Debido a estos factores, la transformación del hábitat natural es la principal causa de la pérdida de biodiversidad (MEA, 2005). Asimismo, el incremento constante en la demanda de alimentos por la creciente población, constituye uno de los mayores retos para la conservación de la biodiversidad (Green *et al.*, 2005).

En América Latina y el Caribe, se encuentran algunos de los países con mayor biodiversidad del mundo; entre ellos Brasil, Colombia, México y Perú, donde se han identificado 178 regiones ecológicas que representan más del 50% de la biodiversidad total y se encuentra el hábitat del 40% de las especies de flora y fauna del mundo (Székely, 2009). En México, debido a su desarrollo socioeconómico, basado en la sobreexplotación de los recursos naturales, esta riqueza ha sido afectada a través del tiempo, por ello es fundamental establecer y poner en marcha estrategias de conservación y uso sostenible del patrimonio natural (Chaves *et al.*, 2006; Thompson, 2010).

Uno de los principales factores que causan pérdida de biodiversidad es la deforestación que inicia por actividades extractivas hasta convertirse en áreas para actividades agrícolas o ganaderas. Estas actividades han generado un impacto negativo sobre los recursos naturales que utilizan para su funcionamiento, causando pérdida de caudales hídricos, erosión y compactación de suelos (Lombana *et al.*, 2013).

La conservación de la biodiversidad, debe procurarse no solo en las áreas protegidas, sino también dentro de las matrices productivas (Pimentel *et al.*, 1992), implementando sistemas que reduzcan el impacto de la producción ganadera sobre la fauna silvestre. En este sentido, los sistemas silvopastoriles permiten la actividad ganadera, a la vez que sirven como refugio para la fauna silvestre, cumpliendo con algunas funciones similares a los bosques naturales. Además de que mantienen una cobertura permanente del suelo, minimizan su erosión y compactación en

comparación con sistemas tradicionales (Fassbender, 1993; Sadeghian *et al.* 1998; Mahecha, 2002), generando un ambiente propicio para el ganado y mayor beneficio ambiental a la biodiversidad (Young, 1997; Harvey *et al.*, 2004).

Los sistemas silvopastoriles son sistemas agroforestales en los que se desarrollan árboles y pasturas manejados en forma conjunta, para incrementar la productividad del ganado de manera sostenible (Radulovich, 1994). La siembra de árboles y arbustos contribuye a restablecer el hábitat y permite la conexión entre ecosistemas, aumentan la movilidad de las especies e incrementando la biodiversidad (Giraldo *et al.*, 2000). Muchas especies susceptibles a desaparecer encuentran en estos hábitats refugio, sustento y lugares para anidar. Las aves y los macroinvertebrados acuáticos presentan alto grado de sensibilidad a los cambios que ocurren en el ecosistema (Fajardo *et al.*, 2009).

Asimismo, las aves se utilizan como indicadores de otros componentes de la biodiversidad como la vegetación, insectos, mamíferos, entre otros (Taylor, 2003) y se convierten en un componente clave en el funcionamiento integral con la biota asociada a los sistemas naturales.

El monitoreo de las funciones biológicas realizadas por las poblaciones de aves en los sistemas productivos, da sustento y favorece la obtención de información sobre el tipo de hábitat usado por la avifauna y proporciona las directrices para establecer estrategias de conservación dentro de las matrices productivas (Vergara, 2009).

II. ANTECEDENTES

La población humana continúa en constante crecimiento y esta tendencia ha provocado la pérdida de biodiversidad, debido principalmente al constante saqueo de los recursos naturales de diferentes ecosistemas alrededor del mundo (Marzluff, 2001), a la urbanización de áreas de bosque y uso indiscriminado para la cría de animales domésticos. En su conjunto, estas actividades han reducido considerablemente las áreas y el hábitat de muchas especies vegetales y animales.

2.1 Aves como indicadores de la biodiversidad

En México existen aproximadamente 1,096 especies de aves, de éstas, al menos 125 son endémicas (Llorente-Bousquets *et al.*, 2008). El estado de México cuenta con 407 especies (Berlanga *et al.*, 2008).

Los estudios orientados a determinar los efectos del cambio de uso de la tierra sobre la biodiversidad se han realizado a través del monitoreo y captura de especies indicadoras, entre las cuales destacan aves, murciélagos, mariposas y escarabajos (Lawton *et al.*, 1998; Cárdenas *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2003; Lang *et al.*, 2003; Rice y Greenberg, 2004).

Particularmente, las aves son importantes dispersores de semillas y tienen la capacidad de conectar parches de bosque en paisajes fragmentados, en función de la composición específica y estructura de la vegetación arbórea, y actúan como una red de conectividad entre ecosistemas naturales (Zhijun *et al.*, 2003).

Por otra parte, las aves son especies apropiadas para la evaluación rápida de diversos hábitats, especialmente terrestres, debido a su fácil identificación por sus hábitos diurnos en su mayoría, cantos de apareamiento y alta sensibilidad a la perturbación del paisaje, así como cambios en la estructura de la vegetación (Kays *et al.*, 2001). Estas características han permitido una apropiada selección de especies clave o idóneas para monitorear los parámetros antes mencionados (Stotz *et al.*, 1996), así como identificar áreas núcleo o de mayor sensibilidad y que requieren especial atención (Franke *et al.*, 2014).

Dentro del estudio de las aves como especies indicadoras se ha mencionado que la heterogeneidad del hábitat y el gradiente de intensificación del uso del suelo, afectan la diversidad de especies de aves a escala de paisaje (Greenberg *et al.*, 1997, Zhijun *et al.*, 2003). Esto indica que a mayor complejidad de la estructura de la vegetación, se forman mayor cantidad de nichos para las aves (Zhijun *et al.*, 2003), lo que favorece los procesos de depredación y dispersión de semillas, polinización y equilibrio trófico, entre otros. Por ejemplo, en los bosques lluviosos neotropicales más de 80% de las especies de árboles y arbustos dependen de frugívoros vertebrados para la dispersión de sus semillas (Galindo-González *et al.*, 2000), siendo los murciélagos y las aves los más importantes agentes dispersores en los pastizales y en vegetación de sucesión temprana.

Alonso *et al.* (2007) demostraron un aumento significativo en la riqueza de especies y el índice de diversidad biológica de Shannon elevado, en la medida que se desarrolló un sistema silvopastoril compuesto por leucaena (*Leucaena leucocephala*) y pasto guinea (*Panicum maximum*) para la producción de leche bovina. Es importante destacar que existen estudios en otras áreas que se han enfocado en la importancia estructural de las comunidades para la conservación de la biodiversidad (Fajardo *et al.*, 2009). Sin embargo, aún existen vacíos de información sobre las afectaciones que los procesos de transformación de hábitat han tenido sobre las condiciones y sobrevivencia de las especies de aves (Hernández *et al.*, 2003).

Wunderle (1997) en un estudio sobre el impacto de los animales dispersores de semillas en la regeneración del bosque nativo en paisajes fragmentados del trópico, mostró que la eficacia de la dispersión de semillas depende del aislamiento de la fuente de semillas y la presencia de agentes dispersores.

En un estudio de Kelvin *et al.* (2005) se estimó que aproximadamente el 30% de las aves presentes en un bosque primario, utilizaban agropaisajes cercanos en la zona sur de Malasia, la mayoría de las especies del bosque registradas en agropaisajes pertenecían a gremios de frugívoros, omnívoros e insectívoros, sin embargo, el uso de los agropaisajes para la reproducción fue mucho menor que el bosque primario,

lo cual podría estar influenciado por las variables estructurales de la vegetación del bosque que ofrece mayores alternativas espaciales y estructurales para las dinámicas reproductivas de las aves. Según estos estudios, se puede inferir que los factores que más influyen sobre la dispersión de semillas por la avifauna son la composición específica, la abundancia, el arreglo espacial, la estructura de la vegetación arbórea, y las distancias entre ecosistemas naturales influenciada por la red de conectividad funcional y estructural que los une.

2.2 Ventajas ecológicas de los sistemas silvopastoriles

México se caracteriza por poseer tres sistemas de explotación principalmente: i. en la región norte del país se encuentra el sistema intensivo, especializado tanto en la producción de leche, como de carne; ii. en la zona centro existe una producción de tipo familiar a pequeña escala y, iii. en la zona sur, predomina el doble propósito bajo un sistema de manejo extensivo (Ortiz, 2013).

Estos sistemas extensivos se caracterizan por una baja eficiencia en el uso del suelo y están relacionados con el deterioro ambiental, con la deforestación, las quemas, la erosión, la pérdida de la biodiversidad y la inequidad social. Estos factores han hecho que la ganadería bovina sea vista como una actividad que atenta contra la sostenibilidad ecológica mundial (Avendaño, 2001).

La mayoría de los sistemas de producción animal, tanto en el trópico como en clima templado, se basan en el uso de especies forrajeras (gramíneas y/o leguminosas) en monocultivos y sin estrategias de manejo o de rotación de cultivos (Ramírez, 2006). Esta situación acelera la degradación de las pasturas y como consecuencia, se afecta la estabilidad y fertilidad de los suelos.

Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de los sistemas agroforestales, donde se desarrollan árboles y pasturas que se manejan conjuntamente. Esta estrategia favorece e incrementa la productividad en forma sostenible, bajo un sistema de manejo integral (Radulovich, 1994).

Los árboles pueden producir madera, forraje, frutos, productos industriales y servicios ambientales. Su presencia en sistemas productivos, puede tener un origen

natural o pueden ser introducidos con fines maderables y obtención de productos industriales, como frutales o como árboles multipropósito en apoyo específico para la producción animal (conservación del suelo, recicle de nutrientes o sombra), a la vez que los productos obtenidos de la actividad ganadera (carne, leche o lana) mejoran los ingresos del sistema productivo (Alonso, 2004).

En función de lo anterior, existen varios tipos de sistemas silvopastoriles. Hasta el momento, los más estudiados y con mayor número de reportes, son los sistemas asociados con árboles y/o arbustos leguminosos, en los que da un mayor número de interacciones entre los componentes existentes. No obstante, es necesario tener en cuenta que el éxito en el funcionamiento de estos sistemas depende del conocimiento que se tenga de las interacciones que se generan, las cuales darán las pautas a seguir en el correcto manejo de los mismos (Mahecha, 2002).

Entre las principales razones por las cuales los sistemas silvopastoriles han demostrado ser una alternativa de manejo ecológico para el desarrollo de la ganadería, se encuentran los efectos positivos sobre el suelo. Ésta tendencia se debe a que la incorporación de leñosas perennes (árboles y arbustos) en los potreros de sistemas ganaderos tradicionales, permite incrementar la fertilidad, mejorar la estructura y reducir los procesos de erosión del suelo. Estos resultados se han explicado por el mayor reciclaje de nutrientes, la fijación de nitrógeno, la ampliación y profundidad de las raíces de los árboles, la mayor actividad de la macro y micro fauna y el control de la erosión (Mahecha, 2002). En este tenor, el manejo de gramíneas acompañado con árboles y/o arbustos, potencia en el reciclaje de nutrientes, ya que permite que una fracción representativa de los nutrientes que son extraídos de la solución edáfica, retorne a la superficie del suelo, del follaje al igual que los residuos de pastoreo o podas. La mayor deposición de materia orgánica, contribuye a modificar las características físicas y estructurales del suelo (Sadeghian *et al.* 1998; Mahecha, 2002). Además, destaca la importancia de la incorporación de leguminosas en la fijación de nitrógeno, debido a que estas plantas se asocian con bacterias del género *Rhizobium* para captar nitrógeno atmosférico, haciéndolo disponible para las gramíneas asociadas. En promedio se estima una fijación de 200 kg N/ha/año en el trópico (Giraldo, 2000; Mahecha, 2002).

De igual manera, la profundidad de las raíces del sistema radicular extendido y profundo de los árboles, aumenta el área disponible para captar agua y nutrientes (Mahecha, 2002). La mayor presencia de materia orgánica en el suelo y el microclima (humedad y temperatura) creado por la presencia de árboles, favorece la actividad biológica de la micro y macro fauna, lo cual resulta en una mayor mineralización y disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Belsky *et al.*, 1993). Además, la materia orgánica (MO) que es incorporada paulatinamente al suelo por la acción de la endofauna, contribuye a mejorar la estabilidad del suelo y la capacidad de infiltración de agua (Mahecha, 2002).

Los árboles en sistemas silvopastoriles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo; al considerarse barreras naturales, controlan la erosión, disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y el viento (Fassbender, 1993). La cobertura forestal también afecta la dinámica del agua, actuando como barreras que controlan las escorrentías y como cobertura del suelo, a la vez que reduce el impacto de gota. Young (1997) mencionó que para obtener los beneficios de éste tipo de sistema, las pasturas deben ser bien manejadas y con bajas presiones de carga animal. Por otra parte, Gómez *et al.* (1999), demostraron que en suelos descubiertos o con monocultivos de gramíneas, la pérdida de suelo es mayor que en los bosques. El control de la erosión hídrica por parte de los árboles se debe a varios factores: a la reducción del impacto de la lluvia sobre el suelo, aumento de la infiltración, permanencia y acumulación de MO sobre la superficie y por el efecto agregado de las partículas del suelo (Carvalho *et al.*, 1994).

Pasturas bien manejadas con bajas presiones de carga animal, rotación de potreros, mantienen una buena cobertura vegetal en la base del suelo a través del año y potencian la captación de agua. Las investigaciones demuestran que bajo acciones planificadas para la intervención de los ecosistemas, se mejora la permanencia de muchos de los recursos degradados (Mahecha, 2002).

2.3 Aportes de los sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles a la biodiversidad

Harvey *et al.* (2006) menciona que los agropaisajes son menos diversos que los paisajes forestados que reemplazan, muchos de estos paisajes rurales proveen hábitats y recursos que facilitan la persistencia de un subconjunto de especies de plantas y animales dentro de la matriz agrícola. Muchos agropaisajes modifican los hábitats naturales, convirtiéndolos en mosaicos complejos de pequeños fragmentos de bosque, bosques riparios angostos, áreas de barbecho, cercas vivas y árboles dispersos inmersos en una matriz de pasturas y campos agrícolas, causando una degradación en general del ecosistema y, la extracción de plantas y animales nativos. Además, se introducen especies vegetales invasivas y como consecuencia, el uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes, causando contaminación del agua por los mismos (Harvey *et al.* 2005).

Sáenz (2007) estima que entre el 48 y el 91% de las especies de animales presentes en las áreas protegidas se encuentran también en agropaisajes adyacentes. Asimismo, estudios ecológicos muestran que la diversidad de especies y la heterogeneidad de hábitats en determinadas áreas geográficas, están estrechamente relacionadas con la capacidad de estas especies de mantenerse bajo la presión de diferentes regímenes de perturbación (Burel *et al.*, 1998).

Por otra parte, diversos estudios han demostrado el valor de los sistemas silvopastoriles (SSP) para la conservación de los recursos bióticos y abióticos en diversas regiones del mundo. Murguelitio *et al.* (1999), destacan la importancia de la existencia de hábitats diversos. Para demostrar esta aseveración, crearon un sistema de producción con distintos ecosistemas; un humedal como reservorio de agua y producción de plantas acuáticas, cultivos de caña de azúcar y un huerto. En esta propuesta, cada sector del mosaico forma parte de la unidad de producción, pero a la vez ofrece recursos para diferentes especies silvestres y poblaciones de aves (incluyendo especies migratorias y endémicas locales), anfibios, tortugas y peces nativos. Asimismo, por el efecto del pisoteo de los búfalos y formación de espacios cubiertos de agua, se albergaron y desarrollaron numerosas larvas de

invertebrados, que fueron consumidas por las aves. Al finalizar la restauración del sistema, de 17 especies existentes, lograron albergar 56 especies de aves.

Por su parte, Mayfield *et al.* (2005), estudiaron tres sistemas de producción, encontraron: i. un hábitat con una cobertura arbórea alta, y plantas nativas, en el que registraron el 45% de especies, ii. un hábitat deforestado con 37% de especies y, iii. un sistema intensivo en el que localizaron 18% de especies totales. Mientras que McAdam *et al.* (1999) reportaron un incremento de la riqueza y abundancia de flora y fauna en los SSP en Irlanda, Aroeira *et al.* (2004) encontraron una relación positiva entre el incremento de la diversidad y estructura del componente arbóreo y la producción de leche en sistemas silvopastoriles en Brasil; Pei Li *et al.* (1999), notaron que a medida que se rehabilitaban los sistemas productivos de montaña en China, a partir de prácticas de manejo como rotación de potreros y una carga animal baja (inferior a una cabeza por hectárea (ha) la diversidad tanto faunística como vegetal aumentó.

Otros estudios han resaltado que a nivel de suelo la macro y microfauna también resulta beneficiada, Tripathi *et al.* (2005); Ciau-Villanueva *et al.* (2003) Wick *et al.* (2000) en zonas desérticas demostraron que existe una mayor abundancia de artrópodos en SSP que en pastizales sin árboles, debido a que mejoran la humedad y los nutrientes disponibles. Asimismo, Lamela *et al.* (2002) indicaron un incremento de la población de la macrofauna edáfica al ser beneficiada por la adopción de un sistema silvopastoril con un manejo de baja carga animal y rotación de potreros.

En otras partes del mundo, se han utilizado insectos como especies clave e indicadores. De acuerdo con Chacón *et al.* (2014), quienes evaluaron sistemas productivos en la región amazónica con distintos tipos de usos del suelo, registraron un total de 51 especies de hormigas cazadoras (*Hymenoptera: Formicidae*); en un sistema agroforestal reportaron mayor riqueza observando 24 especies, mientras que en un sistema silvopastoril encontraron 19 especies, y en un sistema tradicional, ocho especies. Estrada *et al.* (2002) utilizaron escarabajos estercoleros (*Coleoptera scarabaeidae*) como bioindicador en tres usos de suelo, de los cuales, del total registrado, 56% de los individuos fueron capturados en bosques, 29% en cultivos

de árboles frutales y 15% en fragmentos de bosque; pastizales en su mayoría. Asimismo, las polillas han sido utilizadas como indicadores de fragmentación de hábitats, Ricketts *et al.* (2001) resaltaron que zonas de uso agropecuario presentaron mayor abundancia y riqueza de polillas que las zonas cercanas a sitios de bosque e incluso que en el mismo bosque. Horner-Devine *et al.* (2003) encontraron resultados similares con el uso de mariposas frugívoras y no frugívoras en agropaisajes cerca de bosques.

En cuanto a mamíferos, el grupo más estudiado es el de los murciélagos, Medina *et al.* (2004) observaron en áreas con distintos usos de suelo, la existencia de hábitats en bosque ripiario y la mayor abundancia de murciélagos (35%), seguido de las cercas vivas con 19.1%, los charrales con 12.3%, los potreros de alta cobertura vegetal con 12.9%, los bosques secundarios con 12.6%, y solo el 8.1% de total observado en potreros con baja cobertura vegetal. En su mayoría (83.2%) de los murciélagos registrados fueron frugívoros. Sin embargo, los mamíferos que indican buena calidad del ecosistema solo fueron encontrados en los hábitats de bosque ripiario y secundario. El mismo autor en 2007 obtuvo resultados similares, pues los bosques riparios tuvieron la mayor densidad de especies y abundancia.

En algunas regiones se ha demostrado que los remanentes de vegetación natural en paisajes ganaderos son importantes zonas de albergue de una gran diversidad de aves, promueven la existencia de una alta densidad de árboles y estrategias de manejo amigable con el medio, a diferencia de la gestión de la ganadería tradicional sin árboles (Fajardo *et al.*, 2009).

Greenberg *et al.* (1997) encontró que en los sistemas silvopastoriles en Chiapas donde se tenía tepame, algarrobo o huizache (*Acacia pennatula*) para producción de forraje, a densidades altas hubo un incremento significativo de las poblaciones de aves migratorias, a diferencia de áreas con baja densidad. Santiváñez (2005) en su estudio realizado en Costa Rica, observó que potreros con cercas vivas influyen positivamente sobre la abundancia y riqueza de avifauna, aunque depende de la composición y estructura de la vegetación de las mismas. Harvey *et al.* (2005) también destacaron que a mayor cobertura arbórea mayor abundancia de aves

tanto endémicas como estacionales. Éste tipo de ecosistemas no solamente son determinantes en la conservación de especies residentes, sino también en la conservación de muchas especies migratorias, sobre todo en potreros con mayor tiempo de funcionamiento y que presentan árboles con copas de mayor tamaño y una mayor diversidad vegetal en general (Alonso *et al.*, 2004). Además, estos sistemas aumentan la conectividad entre ecosistemas y facilitan el movimiento de algunas especies que se encuentran restringidas a hábitats boscosos.

Otros estudios han sido dirigidos a la restauración de la cubierta vegetal de pastizales utilizados para la engorda de bovinos en pastoreo. En este sentido Iraola *et al.* (2015) observaron una relación positiva entre el componente arbóreo, la biomasa, el número de individuos totales y diversidad de especies de aves. Asimismo, Cárdenas (1997) encontró que en extensos monocultivos de caña de azúcar en el Valle del Cauca, pequeñas áreas con sistemas silvopastoriles soportan una avifauna más rica que la de áreas circundantes, e incluso, que la de bosques secos cercanos. Finalmente Murguelito *et al.* (1999) observaron la existencia en áreas de monocultivos con labores culturales tradicionales de 17 especies de aves, mientras que en áreas manejadas con rotación de cultivos, sin quema y uso de plaguicidas, se encontraron 33 especies. Se registraron 27 en un bosque de guadua, 35 en un bosque seco, 43 en un sistema silvopastoril de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con árboles de varias especies, 46 en un sistema silvopastoril similar al anterior, pero con un estrato adicional de vegetación arbustiva (*Leucaena leucocephala*) y 56 en un sistema agroforestal antiguo que combinó árboles frutales, maderables y ornamentales. Bajo los enfoques y directrices antes mencionadas, existen diversos indicadores biológicos que muestran el funcionamiento de los sistemas agropecuarios.

2.4 Carga animal

De acuerdo con Lange (1977), la carga animal es el número de unidades animales que pastorean en un área determinada y en un tiempo específico. Se puede expresar como cabezas ha⁻¹o equivalente vaca ha⁻¹. Es el aspecto de manejo de mayor importancia, ya que define en gran parte la producción de masa herbácea

del potrero o pradera, así como la estabilidad ecológica y productiva de los pastizales.

Una unidad animal (UA), constituye a una vaca adulta de 400 a 450 kg de peso vivo, en gestación o mantenimiento, que para satisfacer sus necesidades alimenticias y cumplir con su función zootécnica, consume el 3% de su peso vivo de forraje, en base a materia seca por día (kg/MS/día). Manejar la carga significa equilibrar la demanda de los animales con la disponibilidad de forraje que ofrecen las pasturas, con el objetivo de maximizar la eficiencia económica y ecológica del potrero.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de producción ganadera a través del tiempo, han sido catalogados como los causantes de la degradación de los suelos, pérdida de biodiversidad, deforestación, transformación del hábitat y sobreexplotación de recursos. Dada la creciente demanda de alimentos, la pérdida de recursos naturales y biodiversidad, es necesario producir bajo un enfoque ecológico.

IV. HIPÓTESIS

La biodiversidad de aves no se ve afectada por la cobertura arbórea y arbustiva en un sistemas agrosilvopastoril en el suroeste del estado de México.

V. JUSTIFICACIÓN

Las actividades de investigación dirigidas a incrementar el conocimiento de los ecosistemas, sus componentes e interacciones, así como su monitoreo para determinar las tendencias de la diversidad biológica en función de las actividades del sector agropecuario son prioritarias, debido a que en México y el mundo, los sistemas de producción ganadera, han sido catalogados como uno de los principales causantes de la degradación de los suelos y pérdida de la biodiversidad ya que se pierden, o modifican grandes extensiones de bosque para introducir animales domésticos.

Dentro de los sistemas de producción, los sistemas agrosilvopastoriles, que emplean pastos, arbustos y árboles nativos como fuente de alimentación y una carga animal relativamente baja comparada con sistemas de producción intensivos convencionales con carga animal alta, logran un equilibrio ecológico entre especies domésticas y silvestres, ya que el ecosistema no se fragmenta de una forma radical, y da oportunidad a diversas especies animales y vegetales de adaptarse. Un ejemplo son las aves, ya que los árboles forrajeros les proveen alimento y sitios para anidar.

Las aves son consideradas como indicadoras de la calidad del ambiente, ya que presentan diferentes grados de sensibilidad a perturbaciones como la fragmentación del hábitat, cambios en la estructura del ecosistema y la degradación de hábitats. Éstas actúan como dispersores de una gran variedad de plantas, al alimentarse de sus frutos, contribuyen y son parte importante de la regeneración de los bosques, son polinizadoras y contribuyen a reducir las poblaciones de insectos y otros invertebrados.

VI. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la cubierta vegetal y carga animal en sistemas agrosilvopastoriles en trópico seco sobre la biodiversidad utilizando la avifauna como indicador.

6.2 Objetivos específicos

- Realizar un inventario de aves para definir la composición de la avifauna, estimar la riqueza y abundancia de las especies presentes en sistemas agrosilvopastoriles.
- Evaluar los índices ecológicos: índice de diversidad de Margaleff, índice de Shannon – Weiner, índice de Simpson, índice cualitativo de Sørensen, para estimar la biodiversidad.
- Evaluar el impacto de la cobertura vegetal y carga animal en la estructura de la avifauna en sistemas silvopastoriles.

VII. METODOLOGÍA (MATERIALES Y MÉTODOS)

7.1. Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Zacazonapan, localizado al sur del estado de México, que se ubica en las coordenadas geográficas 19° 00' y 19° 16' N y 100° 12' O. Con una altitud media de 1,470 m. El territorio municipal tiene una extensión de 67.14 Km² que representan el 0.3% de la superficie estatal.

El clima predominante es cálido, subhúmedo. La temperatura media anual es de 23°C, con máximas de 31°C y mínimas de 15°C. La precipitación es de 1,800 mm anuales. La flora es muy variada, existiendo especies propias de los bosques tropicales, caducifolios y bosques mixtos de árboles con leguminosas. Sin embargo, la vegetación original ha sido transformada por la práctica ganadera (H. Ayuntamiento de Zacazonapan).

El municipio de Zacazonapan, es representativo de la producción de bovinos de doble propósito (DP) del cual el 60% de la superficie se destina a la producción agropecuaria, que es la segunda actividad económica de importancia en la zona.

Zacazonapan no cuenta con inventario de aves; sin embargo, Temascaltepec municipio colindante, es una de las regiones del Estado de México cuya avifauna es de las mejores conocidas, con un total de 178 especies (Gómez de Silva, 1997).

7.2 Unidades experimentales y carga animal

Se evaluó la composición de la avifauna en tres usos del suelo: Sistema Agrosilvopastoril intensivo (SAi), Sistema Agrosilvopastoril extensivo (SAe) y zona de aislamiento (Za), en función de la carga animal presente que, para efectos del análisis, esta implícito en cada sistema evaluado. En cada potrero se realizaron avistamientos tres días de cada mes, de Febrero de 2020 a Enero de 2021. Las características de las unidades experimentales se describen a continuación:

- i. Sistema Agrosilvopastoril intensivo (SAi), con 38 hectáreas de bosque que colinda con áreas similares, presenta una cobertura arbórea media-alta. En este potrero se introducen 39 vacas de raza Pardo Suizo

americano en diferentes estados fisiológicos, tomando como referencia una Unidad Ganadera (UG) = 450 kg de peso vivo, éste sistema la carga animal (CA) es de 0.96 UG/ha.

- ii. Sistema Agrosilvopastoril extensivo (SAe), cuenta con 60 hectáreas de superficie, con plantas nativas e introducidas (leguminosas en su mayoría) colinda con asentamientos urbanos, y una cobertura vegetal baja, con un total de 23 vacas y 2 sementales de raza Pardo Suizo americano en diferentes estados fisiológicos, la CA 0.62 UG/ha.
- iii. Zona de Aislamiento (Za) con 20 hectáreas de bosque sin acceso de ganado y una cobertura arbórea alta.

Cuadro 1. Coordenadas de los sitios en estudio

Punto	SAe	Coordenadas	SAi	Coordenadas	ZA	Coordenadas
1	N	19°04.044´	N	19°05.620´	N	19°05.796´
	W	100°15.353´	W	100°13.933´	W	100°13.869´
	Altura	1372 msnm	Altura	1612 msnm	Altura	1505 msnm
2	N	19°04.020´	N	19°05.613´	N	19°05.866´
	W	100°15.390´	W	100°13.979´	W	100°13.865´
	Altura	1790 msnm	Altura	1643 msnm	Altura	1649 msnm
3	N	19°03.976´	N	19°05.624´	N	19°05.926´
	W	100°15.408´	W	100°13.994´	W	100°13.866´
	Altura	1790 msnm	Altura	1661 msnm	Altura	1665 msnm
4	N	19°04.004´	N	19°05.640´	N	19°05.976´
	W	100°15.429´	W	100°14.019´	W	100°13.900´
	Altura	1380 msnm	Altura	1681 msnm	Altura	1683 msnm
5	N	19°04.011´	N	19°05.642´	N	19°06.004´
	W	100°15.487´	W	100°14.059´	W	100°13.903´
	Altura	1790 msnm	Altura	1695 msnm	Altura	1696 msnm
6	N	19°04.045´	N	19°05.603´	N	19°05.698´
	W	100°15.586´	W	100°14.070´	W	100°13.898´
	Altura	1789 msnm	Altura	1677 msnm	Altura	1615 msnm
7	N	19°04.062´	N	19°05.561´	N	19°05.686´
	W	100°15.606´	W	100°14.072´	W	100°13.923´
	Altura	1789 msnm	Altura	1646 msnm	Altura	1623 msnm
8	N	19°04.078´	N	19°05.543´	N	19°05.698´
	W	100°15.679´	W	100°14.094´	W	100°13.949´
	Altura	1787 msnm	Altura	1626 msnm	Altura	1648 msnm

9	N	19°04.128´	N	19°05.504´	N	19°05.716´
	W	100°15.637´	W	100°14.126´	W	100°13.977´
	Altura	1787	Altura	1598	Altura	1673
10	N	19°04.153´	N	19°05.491´	N	19°05.747´
	W	100°15.589´	W	100°14.186´	W	100°13.968´
	Altura	1787 msnm	Altura	1559 msnm	Altura	1681 msnm
11	N	19°04.083´	N	19°05.446´	N	19°05.673´
	W	100°15.547´	W	100°14.208´	W	100°13.828´
	Altura	1787 msnm	Altura	1553 msnm	Altura	1656 msnm
12	N	19°04.099´	N	19°05.379´	N	19°05.629´
	W	100°15.466´	W	100°14.216´	W	100°13.838´
	Altura	1787 msnm	Altura	1537 msnm	Altura	1620 msnm
13	N	19°04.041´	N	19°05.345´	N	19°05.589´
	W	100°15.442´	W	100°14.188´	W	100°13.867´
	Altura	1787 msnm	Altura	1534 msnm	Altura	1594 msnm
14	N	19°04.052´	N	19°05.318´	N	19°05.618´
	W	100°15.405	W	100°14.130´	W	100°13.883´
	Altura	1787 msnm	Altura	1517 msnm	Altura	1596 msnm
15	N	19°04.052´	N	19°05.593´	N	19°05.845´
	W	100°15.410´	W	100°13.905´	W	100°13.867´
	Altura	1787 msnm	Altura	1593 msnm	Altura	1660 msnm
16	N	19°04.101´	N	19°05.598´	N	19°05.957´
	W	100°15.403´	W	100°13.889´	W	100°13.891´
	Altura	1787 msnm	Altura	1589 msnm	Altura	1689 msnm
17	N	19°04.089´	N	19°05.577´	N	19°05.656´
	W	100°15.380´	W	100°13.892´	W	100°13.927´
	Altura	1787 msnm	Altura	1593 msnm	Altura	1620 msnm
18	N	19°04.055´	N	19°5.553´	N	19°05.755´
	W	100°15.377´	W	100°13.880´	W	100°13.878´
	Altura	1787 msnm	Altura	1580 msnm	Altura	1627 msnm
19	N	19°04.074´	N	19°05.529´	N	19°05.644´
	W	100°15.362´	W	100°13.889´	W	100°13.917´
	Altura	1787 msnm	Altura	1582 msnm	Altura	1612 msnm
20	N	19°04.088´	N	19°05.529´	N	19°05.465´
	W	100°15.333´	W	100°13.913´	W	100°14.149´
	Altura	1787 msnm	Altura	1586 msnm	Altura	1582 msnm

Fuente: Datos obtenidos en campo

En la Figura 1 se muestra la ubicación de los punto en cada sistema, en color amarillo se ilustra el SAe, en rojo el SAi, y en azul la ZA.



Figura 1. Ubicación de los puntos

7.3 Registro de datos

Se utilizó el método de puntos de conteo de radio fijo, de acuerdo a las recomendaciones de Ralph *et al.* (1996); se instalaron puntos de conteo, que consisten en contar todos los individuos detectados dentro de un radio de 25 m, para evaluar composición y abundancia de especies de acuerdo con el tipo de hábitats, esto permite evidenciar cambios espaciales y temporales de las poblaciones de aves. Cada sistema cuenta con 20 puntos de conteo, a una distancia de 200 metros entre punto y punto. Los muestreos se realizaron entre las 06:00 y las 11:00, y de 18:00 horas al anochecer, con intervalos de 20 minutos en cada punto.

En cada punto se registró la siguiente información: Especie, número de especies, sexo, edad, distancia aproximada, hábitat, sustrato, estructura social, actividad, alimento, sustrato de alimentación.

Para ello se utilizaron binoculares de 10x40 y cámara con lente 70-300mm. Para la identificación se recurrió a la guía de campo de Howell y Webb (1995) y el inventario de aves del estado de México de CONABIO.

7.4 Identificación de especies vegetales

Se llevó a cabo con el método de la línea intercepción (Smith, 1980) utilizando los transectos trazados para el monitoreo de aves, identificando las especies predilectas para las aves en cada transecto.

7.5 Análisis ecológico

7.5.1 Riqueza específica (S)

Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta su valor de importancia (Moreno, 2001).

7.5.2 Índice de diversidad de Margalef

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=kN$ donde k es constante (Magurran, 1998). Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida.

$$D_{Mg} \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

El mínimo valor que puede adoptar es cero, y ocurre cuando solo existe una especie en la muestra.

7.5.3 Índice de Simpson

Es una medida de la dominancia e indica la probabilidad de que dos individuos extraídos al azar de una comunidad pertenezcan a la misma especie y a medida

que el valor del índice se incrementa, la diversidad de la comunidad decrece (Magurran, 1988).

$$\lambda \sum_{i=1}^s P_i^2$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

7.5.4 Índice de Shannon-Wiener

Es una medida de biodiversidad específica que se basa en suponer que la diversidad depende del número de especies presentes y su abundancia relativa en una comunidad. Este índice estima un valor promedio de incertidumbre en pronosticar a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una muestra y cuando el índice tiende a cero esto indica que existe una baja diversidad de especies (Moreno, 2001).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde:

S= Número de especies

P_i = Proporción de individuos de la especie (abundancia relativa).

7.5.5 Índice cualitativo de Sørensen

Este índice permite estimar cuan semejante es una localidad con respecto a otras (Krebs, 1999) y es uno de los índices más usados para ver el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies (Whittaker, 1972).

$$ISs = \frac{2c}{2c + a + b}$$

Donde:

a = número de especies en el sitio A.

b = número de especies en el sitio B.

c = número de especies presentes en ambos sitios.

Los valores del índice cualitativo de Sørensen varían entre 0 cuando ninguna especie es común a las distintas localidades y 1 cuando todas las especies son comunes.

Para realizar este índice se compararan los tres sitios de muestreo (ZA, SAi, SAe).

7.6 Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante un modelo de parcelas divididas, donde el Sistema de producción (SAi, SAe, ZA) es la parcela mayor, y la parcela menor es la época, en función del siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + U_{ji} + M_k + (TM)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4; k = 1, 2, 3 \text{ y } 4?$

Donde:

T_i es el efecto del sistema de producción ($i = SAi, SAe \text{ y } ZA$) (Parcela mayor)

$U_{j(i)}$ es el error de parcela mayor (aleatorio)

M_k es el efecto de la época del año ($k = primavera, verano, otoño \text{ e } invierno$) (parcela menor)

$(TM)_{ik}$ interacción del sistema de producción x época del año

ε_{ijk} error de parcela pequeña (aleatorio) Esquemáticamente la distribución de los factores en estudio, se muestran en la figura 2.

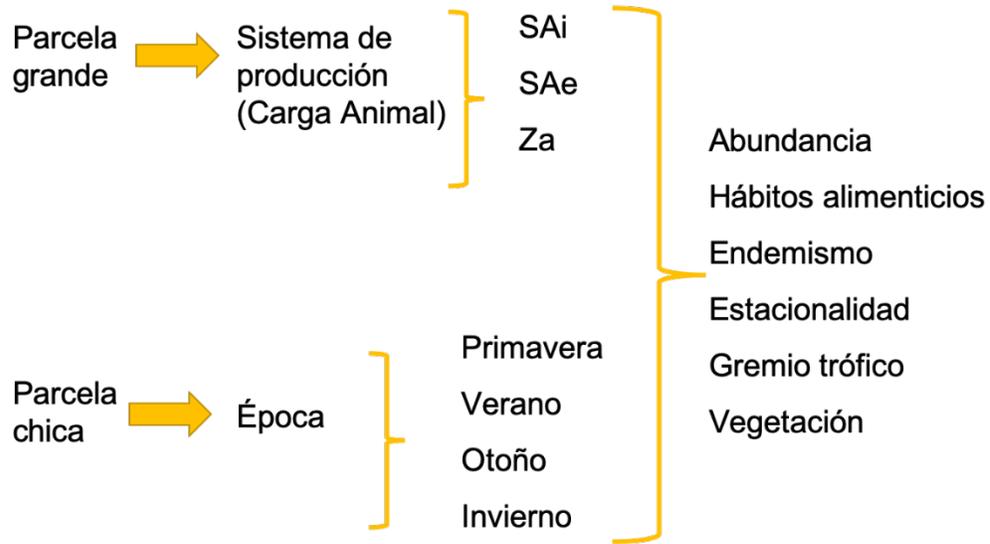


Figura 2. Distribución de los factores en estudio

VIII. RESULTADOS

8.1 Identificación de especies vegetales

En el cuadro 2 se muestran los porcentajes en que las aves se avistaron en cada especie vegetal.

Cuadro 2. Porcentaje de especies vegetales preferidas por las aves

Especie vegetal	SAE	SAI	ZA
<i>Acacia farnesiana</i>	40	28.4	22.8
<i>Agave salmiana</i>	-	-	0.3
<i>Aguacate (Persea americana)</i>	-	-	0.3
<i>Brachiaria dictyoneura</i>	-	0.3	
<i>Ceiba pentandra</i>	2.9	0.9	0.6
<i>Crescentia alata</i>	6.8	-	
<i>Cynodon plectostachyus</i>	18.9	7.3	3.6
<i>Delonix regia</i>	-	0.3	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	2.5	-	
<i>Eucalyptus globulus</i>	-	0.3	
<i>Guarianthe aurantiaca</i>	-	-	0.3
<i>Guazuma ulmifolia</i>	-	1.2	5.4
<i>Inga vera</i>	-	-	3.9
<i>Ipomoea murucoides</i>	18.2	27.5	23.7
<i>Ipomoea purpurea</i>	0.7	0.6	0.3
<i>Ipomoea tricolor</i>	-	0.3	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	-	0.3	
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.4	5.5	6.6
<i>Lysiloma acapulcense</i>	-	11.9	21.6
<i>Mangifera indica</i>	-	0.3	
<i>Mimosa benthami</i>	0.4	10.4	0.9
<i>Ochroma pyramidale</i>	-	0.9	
<i>Opuntia ficus-indica</i>	5.0	0.3	2.4
<i>Pithecellobium dulce</i>	-	-	0.3
<i>Protium copal</i>	2.9	-	
<i>Psidium guajava</i>	-	0.6	
<i>Schinus molle</i>	0.7	-	
<i>Senna multijuga</i>	-	-	5.7
<i>Spondias purpurea</i>	-	0.3	
<i>Tagetes tenuifolia</i>	0.4	2.6	1.5

<i>Zea maiz</i>	0.4	-
-----------------	-----	---

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de campo

En el SAe las especies vegetales que las aves visitaron mayor frecuencia fueron *Acasia Farnesiana* (40%), *Cynodon plectostachyus* (18.9%), siendo esta especie la predominante, y por último *Ipomoea murucoides* (18.2%) (Cuadro 2). En cuanto al SAi fueron *Acasia Farnesiana* (28.4%) e *Ipomoea Murocoides* (27.5), las especies que tuvieron más visitas, para la ZA las especies vegetales más visitadas fueron *Ipomoea murucoides* (23.7%), que en la época de floración recibió comunidades de aves que se alimentan de néctar, y *Acasia farnesiana* (22.8%). En los tres sistemas *Ipomoea murucoides* fue especie predominante, siendo un reservorio de alimento para aves en su época de floración, y refugio durante todo el año.

8.2 Especies de aves presentes

En el SAe se encontró un total de 2,170 aves como se muestra en el Cuadro 3, pertenecientes a 51 especies, de las cuales el 65.3% fueron generalistas, es decir que no cumplen un rol en el ecosistema, y son asociadas a ambientes peridomésticos o disturbados, por otra parte, las aves especialistas son aquellas que cumplen una función, y se encontraron en menor proporción (34.7%).

De estas aves un 76.5% no son endémicas de nuestro país, 15.7% de las especies fueron semiendémicas y únicamente el 7.8% son endémicas, y ninguna de ellas se encuentra en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059 y la Lista Roja UICN. En cuanto a la residencia el 52.9% de las aves son residentes.

Cuadro 3. Especies y abundancias de aves presentes en el sistema agrosilvopastoril extensivo (SAe)

Número de especies	Nombre científico	Abundancia relativa (%)
1158	<i>Peucaea ruficauda</i>	53.4
227	<i>Volatinia jacarina</i>	10.5
102	<i>Hirundo rustica</i>	4.7
94	<i>Columbina inca</i>	4.3
78	<i>Quiscalus mexicanus</i>	3.6
71	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	3.3
41	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	1.9
39	<i>Spinus psaltria</i>	1.8
35	<i>Sicalis luteola</i>	1.6
33	<i>Spizella pallida</i>	1.5
23	<i>Oriturus superciliosus</i>	1.1
21	<i>Spinus spinus</i>	1.0
21	<i>Coragyps atratus</i>	1.0
20	<i>Polioptila caerulea</i>	0.9
17	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	0.8
16	<i>Amazilia beryllina</i>	0.7
14	<i>Icterus cucullatus</i>	0.7
14	<i>Zenaida macroura</i>	0.7
12	<i>Chondestes grammacus</i>	0.6
11	<i>Turdus migratorius</i>	0.5
11	<i>Tyrannus melancholicus</i>	0.5

11	<i>Cyananthus sordidus</i>	0.5
11	<i>Cathartes aura</i>	0.5
10	<i>Spizella atrogularis</i>	0.5
9	<i>Polioptila albiloris</i>	0.4
7	<i>Myiarchus cinerascens</i>	0.3
6	<i>Myiozetetes similis</i>	0.3
6	<i>Aimophila rufescens</i>	0.3
5	<i>Columbina passerina</i>	0.2
5	<i>Icterus pustulatus</i>	0.2
5	<i>Cardellina pusilla</i>	0.2
4	<i>Tyrannus crassirostris</i>	0.2
4	<i>Icterus parisorum</i>	0.1
3	<i>Ardea alba</i>	0.1
3	<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	0.1
3	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	0.1
3	<i>Elanus leucurus</i>	0.1
2	<i>Melanerpes aurifrons</i>	0.1
2	<i>Tyrannus vociferans</i>	0.1
2	<i>Icterus wagleri</i>	0.1
1	<i>Basilinna leucotis</i>	0.1
1	<i>Selasphorus platycercus</i>	0.1
1	<i>Myioborus pictus</i>	0.1
1	<i>Camptostoma imberbe</i>	0.1
1	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	0.1
1	<i>Selasphorus calliope</i>	0.1
1	<i>Vireo hypochryseus</i>	0.1
1	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	0.1
1	<i>Tyrannus tyrannus</i>	0.1
1	<i>Icterus bullockii</i>	0.1
1	<i>Campylorhynchus megalopterus</i>	0.1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de campo

En el cuadro 4, se observan las especies de aves encontradas en el SAI, encontrándose 1,440 aves, pertenecientes a 95 especies de las cuales 73.8% fueron especialistas y 26.3% generalistas, lo que indica que el ecosistema está más equilibrado comparado con el SAe.

En cuanto al endemismo de las aves, 72.6% no son endémicas de México, un 11.6% fueron endémicas, el 9.5% fueron semiendémicas y el 6.3% de especies fueron cuasiendémicas. Las aves que se encuentran en alguna categoría de riesgo con base

en la lista Roja UICN se encontró una especie (1.1%) *Contopus cooperi* se encuentra casi amenazada, para la NOM-059 dos especies se encuentran en alguna categoría de riesgo (2.1%) *Dryobates stricklandi* se avistó en varias ocasiones a lo largo del año de muestreo, se encuentra amenazada, y *Myadestes occidentalis* que se encontró en los meses de Marzo a Abril, se encuentra sujeta a protección especial, este sistema alberga algunas especies que se encuentran en riesgo actuando como un reservorio para estas. Para el caso de la residencia un 57.1% de las aves son residentes.

Cuadro 4. Especies y abundancias de aves presentes en el sistema agrosilvopastoril intensivo (SAi)

Número de especies	Nombre científico	Abundancia relativa (%)
182	<i>Volatinia jacarina</i>	12.6
137	<i>Passerina caerulea</i>	9.5
111	<i>Melospiza kieneri</i>	7.7
105	<i>Peucaea ruficauda</i>	7.3
67	<i>Amazilia beryllina</i>	4.7
63	<i>Philortyx fasciatus</i>	4.4
60	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	4.2
50	<i>Spinus psaltria</i>	3.5
43	<i>Hirundo rustica</i>	3.0
43	<i>Columbina inca</i>	3.0
38	<i>Polioptila caerulea</i>	2.6
30	<i>Chondestes grammacus</i>	2.1
29	<i>Myiozetetes similis</i>	2.0
29	<i>Peucaea humeralis</i>	2.0
27	<i>Aimophila ruficeps</i>	1.9
26	<i>Cathartes aura</i>	1.8
21	<i>Polioptila albiloris</i>	1.5
20	<i>Oriturus superciliosus</i>	1.4
19	<i>Cardellina pusilla</i>	1.3
15	<i>Myiarchus cinerascens</i>	1.0
14	<i>Sicalis luteola</i>	1.0
13	<i>Catherpes mexicanus</i>	0.9
12	<i>Coragyps atratus</i>	0.8
12	<i>Cyananthus sordidus</i>	0.8
12	<i>Icterus wagleri</i>	0.8

10	<i>Turdus migratorius</i>	0.7
10	<i>Melospiza lincolnii</i>	0.7
10	<i>Mniotilta varia</i>	0.7
10	<i>Zenaida macroura</i>	0.7
10	<i>Icterus pustulatus</i>	0.7
10	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	0.7
9	<i>Cassiculus melanicterus</i>	0.6
8	<i>Icterus cucullatus</i>	0.6
8	<i>Spizella passerina</i>	0.6
8	<i>Catharus aurantiirostris</i>	0.6
7	<i>Molothrus aeneus</i>	0.5
7	<i>Melanerpes aurifrons</i>	0.5
7	<i>Tyrannus melancholicus</i>	0.5
7	<i>Empidonax minimus</i>	0.5
7	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	0.5
6	<i>Tyrannus vociferans</i>	0.4
6	<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	0.4
6	<i>Cyananthus latirostris</i>	0.4
6	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	0.4
6	<i>Vireo hypochryseus</i>	0.4
6	<i>Hylocharis leucotis</i>	0.4
6	<i>Ptiliogonys cinereus</i>	0.4
5	<i>Icterus parisorum</i>	0.3
5	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	0.3
5	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	0.3
5	<i>Empidonax fulvifrons</i>	0.3
4	<i>Myadestes occidentalis</i>	0.3
4	<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	0.3
3	<i>Aphelocoma woodhouseii</i>	0.2
3	<i>Ortalis poliocephala</i>	0.2
3	<i>Contopus cooperi</i>	0.2
3	<i>Myioborus pictus</i>	0.2
3	<i>Setophaga petechia</i>	0.2
3	<i>Selasphorus calliope</i>	0.2
3	<i>Poecile sclateri</i>	0.2
2	<i>Haemorhous mexicanus</i>	0.1
2	<i>Tyrannus tyrannus</i>	0.1
2	<i>Momotus mexicanus</i>	0.1
2	<i>Turdus rufopalliatus</i>	0.1
2	<i>Dryobates stricklandi</i>	0.1

2	<i>Piranga erythrocephala</i>	0.1
2	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	0.1
2	<i>Empidonax occidentalis</i>	0.1
1	<i>Piranga rubra</i>	0.1
1	<i>Empidonax oberholseri</i>	0.1
1	<i>Sayornis saya</i>	0.1
1	<i>Passerina cyanea</i>	0.1
1	<i>Tyrannus crassirostris</i>	0.1
1	<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	0.1
1	<i>Leiothlypis celata</i>	0.1
1	<i>Chlorostilbon auriceps</i>	0.1
1	<i>Vireo flavoviridis</i>	0.1
1	<i>Myioborus miniatus</i>	0.1
1	<i>Parkesia motacilla</i>	0.1
1	<i>Myiarchus nuttingi</i>	0.1
1	<i>Geococcyx velox</i>	0.1
1	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	0.1
1	<i>Euphonia elegantissima</i>	0.1
1	<i>iranga bidentata</i>	0.1
1	<i>Campylorhynchus megalopterus</i>	0.1
1	<i>Pheucticus melanocephalus</i>	0.1
1	<i>Pachyramphus major</i>	0.1
1	<i>Sayornis nigricans</i>	0.1
1	<i>Coccyzus americanus</i>	0.1
1	<i>Tyrannus verticalis</i>	0.1
1	<i>Quiscalus mexicanus</i>	0.1
1	<i>Empidonax affinis</i>	0.1
1	<i>Basileuterus rufifrons</i>	0.1
1	<i>Leiothlypis peregrina</i>	0.1
1	<i>Circus hudsonius</i>	0.1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de campo

En cuanto a la Zona de Aislamiento (Cuadro 5), actuó como control, ya que es un sitio que no ha sido antropizado, se encontraron 870 aves, pertenecientes 105 especies de las cuales 87.7 fueron especialistas, y 12.3% generalistas.

La ZA tuvo el porcentaje más alto de aves endémicas, con un 12.4%, un 72.4% de aves no endémicas, el 11.4% fueron semiendémicas y el 3.8% de especies fueron cuasiendémicas.

En cuanto a la residencia 57.1% de las aves son residentes, es decir es el sitio que alberga más aves migratorias, con un porcentaje más alto aquellas que migran a nuestro país en invierno (13.3%).

En cuanto a la NOM-059 siete especies se encuentran en alguna categoría de riesgo (6.7%) *Leiothlypis crissalis*, *Myadestes occidentalis*, *Passerina ciris* y *Cinclus mexicanus* se encuentran sujetas a protección especial. *Dryobates stricklandi* y *Geothlypis tolmiei* están amenazadas, y por último *Grallaria guatemalensis* está en peligro de extinción. Para el caso de la Lista Roja UICN dos especies (1.1%) *Passerina ciris* y *Contopus cooperi* se encuentran casi amenazadas.

Cuadro 5. Especies y abundancias de aves presentes en la zona de amortiguamiento (ZA)

Número de especies	Nombre científico	Abundancia relativa (%)
108	<i>Melozone kieneri</i>	12.4
66	<i>Cardellina pusilla</i>	7.6
41	<i>Amazilia beryllina</i>	4.7
32	<i>Peucaea ruficauda</i>	3.7
28	<i>Polioptila caerulea</i>	3.2
26	<i>Icterus cucullatus</i>	3.0
21	<i>Spinus psaltria</i>	2.4
21	<i>Setophaga petechia</i>	2.4
20	<i>Cyananthus sordidus</i>	2.3
20	<i>Volatinia jacarina</i>	2.3
20	<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	2.3
19	<i>Icterus pustulatus</i>	2.2
18	<i>Piaya cayana</i>	2.1
17	<i>Mniotilta varia</i>	2.0
16	<i>Coccothraustes abeillei</i>	1.8
15	<i>Poecile sclateri</i>	1.7
13	<i>Coragyps atratus</i>	1.5
13	<i>Myiarchus cinerascens</i>	1.5
12	<i>Icterus wagleri</i>	1.4
11	<i>Tyrannus melancholicus</i>	1.3
11	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	1.3
10	<i>Ortalis poliocephala</i>	1.1
10	<i>Myioborus pictus</i>	1.1

9	<i>Myadestes occidentalis</i>	1.0
9	<i>Myioborus miniatus</i>	1.0
9	<i>Empidonax fulvifrons</i>	1.0
8	<i>Cathartes aura</i>	0.9
8	<i>Cynanthus latirostris</i>	0.9
8	<i>Myiozetetes similis</i>	0.9
8	<i>Attila spadiceus</i>	0.9
8	<i>Contopus cooperi</i>	0.9
8	<i>Empidonax occidentalis</i>	0.9
8	<i>Leiothlypis celata</i>	0.9
8	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	0.9
8	<i>Basileuterus rufifrons</i>	0.9
8	<i>Pachyramphus aglaiae</i>	0.9
8	<i>Sicalis luteola</i>	0.9
8	<i>Cardellina rubra</i>	0.9
7	<i>Coccyzus americanus</i>	0.8
7	<i>Selasphorus rufus</i>	0.8
7	<i>Empidonax minimus</i>	0.8
7	<i>Ptiliogonys cinereus</i>	0.8
7	<i>Euphonia elegantissima</i>	0.8
6	<i>Setophaga magnolia</i>	0.7
6	<i>Geothlypis tolmiei</i>	0.7
6	<i>Polioptila albiloris</i>	0.7
6	<i>Catharus aurantiirostris</i>	0.7
6	<i>Dryobates stricklandi</i>	0.7
5	<i>Haemorhous mexicanus</i>	0.6
5	<i>Columbina inca</i>	0.6
5	<i>Chlorostilbon auriceps</i>	0.6
5	<i>Myiopagis viridicata</i>	0.6
5	<i>Basilinna leucotis</i>	0.6
5	<i>Aimophila rufescens</i>	0.6
4	<i>Piranga erythrocephala</i>	0.5
4	<i>Melanerpes aurifrons</i>	0.5
4	<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	0.5
3	<i>Tyrannus tyrannus</i>	0.3
3	<i>Sayornis phoebe</i>	0.3
3	<i>Momotus mexicanus</i>	0.3
3	<i>Myiodynastes luteiventris</i>	0.3
3	<i>Vireo hypochryseus</i>	0.3
3	<i>Empidonax wrightii</i>	0.3

3	<i>Lepidocolaptes leucogaster</i>	0.3
2	<i>Arremon virenticeps</i>	0.2
2	<i>Icterus parisorum</i>	0.2
2	<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>	0.2
2	<i>Catherpes mexicanus</i>	0.2
2	<i>Turdus assimilis</i>	0.2
2	<i>Passerina ciris</i>	0.2
2	<i>Cinclus mexicanus</i>	0.2
2	<i>Cyanocitta stelleri</i>	0.2
2	<i>Icteria virens</i>	0.2
2	<i>Dryobates villosus</i>	0.2
1	<i>Setophaga citrina</i>	0.1
1	<i>Passerina amoena</i>	0.1
1	<i>Toxostoma curvirostre</i>	0.1
1	<i>Turdus rufopalliatus</i>	0.1
1	<i>Melospiza melodia</i>	0.1
1	<i>Myiarchus tyrannulus</i>	0.1
1	<i>Leiothlypis crissalis</i>	0.1
1	<i>Setophaga townsendi</i>	0.1
1	<i>Leiothlypis virginiae</i>	0.1
1	<i>Passerina versicolor</i>	0.1
1	<i>Pipilo chlorurus</i>	0.1
1	<i>Toxostoma crissale</i>	0.1
1	<i>Camptostoma imberbe</i>	0.1
1	<i>Sayornis nigricans</i>	0.1
1	<i>Catharus occidentalis</i>	0.1
1	<i>Amphispiza bilineata</i>	0.1
1	<i>Phainopepla nitens</i>	0.1
1	<i>Vireo flavoviridis</i>	0.1
1	<i>Grallaria guatemalensis</i>	0.1
1	<i>Myiarchus nuttingi</i>	0.1
1	<i>Empidonax albigularis</i>	0.1
1	<i>Toxostoma ocellatum</i>	0.1
1	<i>Tyrannus crassirostris</i>	0.1
1	<i>Empidonax oberholseri</i>	0.1
1	<i>Passerina caerulea</i>	0.1
1	<i>Vireo plumbeus</i>	0.1
1	<i>Parkesia motacilla</i>	0.1
1	<i>Selasphorus rufus</i>	0.1
1	<i>Piranga rubra</i>	0.1

1	<i>Tyrannus vociferans</i>	0.1
1	<i>Contopus pertinax</i>	0.1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de campo

En el SAe se encontró una mayor abundancia de aves comparado con los otros sistemas, sin embargo la mayoría de estas especies son generalistas y se alimentan en parvadas grandes, lo que indica un ecosistema que no está funcionando correctamente, la ZA fue el sitio más diverso, tuvo una abundancia baja en comparación con el SAe pero la mayoría de aves son especialistas, el SAi tuvo una diversidad cercana a la ZA, se encontraron aves generalistas, pero un su mayoría se trató de especialistas.

También, fue el sitio con más aves endémicas y aves amenazadas que encuentran refugio, y una menor cantidad de especies residentes, seguido por el SAi y al último la ZA.

8.3 Análisis ecológico

8.3.1 Riqueza específica (S)

En cuanto al Sistema Agrosilvopastoril extensivo (SAe), se encontró un total de 2,170 aves de distintas especies, en el Sistema Silvopastoril intensivo (SAi) hubo un total de 1,440 aves, para la Zona de Aislamiento (ZA) se encontraron 870 aves.

8.3.2 Índice de diversidad de Margalef

En general valores inferiores a 2 suelen hacer referencia a ecosistemas con baja biodiversidad (antropizados) y superiores a 5 son sitios con alta biodiversidad (Margaleff. R, 1995), los resultados de los sistemas fueron:

SAe=6.51

SAi 12.93

ZA=15.37

Si bien todos los valores son mayores a 5, existe una diferencia más marcada entre el SAe y los otros sistemas (SAi y ZA) lo que indica que la ZA fue el sitio más diverso, seguido por muy poco del SAi y finalmente el SAe siendo el sitio menos diverso.

8.3.3 Índice de Simpson

La dominancia se refiere a que tanta presencia tiene una especie en el sistema que se está estudiando, a medida que la dominancia incrementa la diversidad decrece. Caso contrario, si la diversidad aumenta, la dominancia decrece, lo que indica un ecosistema que funciona de manera correcta.

Cuadro 6. Resultados del índice de Simpson

SAe	Dominancia 0.30
	Diversidad 0.70
SAi	Dominancia 0.05
	Diversidad 0.95
ZA	Dominancia 0.03
	Diversidad 0.97

Fuente: Datos obtenidos en campo

El SAe es el sitio que tiene una mayor dominancia (30%) por parte de dos especies (*Peucaea ruficauda* y *Volatinia jacarina*) que son aves generalistas, que en la mayoría de los casos fueron avistadas en parvadas grandes.

La ZA y el SAi tuvieron resultados similares, para el SAi, contó con una diversidad de 95%, lo que indica un equilibrio ecosistémico, la especie dominante en este sistema fue *Volatinia jacarina* que arribó al sistema de Mayo a Septiembre.

La ZA tuvo el menor porcentaje de dominancia (3%) donde la especie predominante fue *Melospiza kieneri*, un ave especialista que estuvo presente todo el año en sitios donde la vegetación era más densa.

8.3.4 Índice de Shannon-Wiener (H')

Éste índice, nos ayuda a calcular la diversidad específica, en la mayoría de los ecosistemas naturales los valores van desde 0,5 hasta 5 ; Valores inferiores a 2 se consideran sitios con baja diversidad, valores superiores a 3 son sitios con una diversidad alta.

El SAe tuvo un H' de 2.07 que fue el valor más bajo, es un valor un poco mas alto de 2 que indicaria un ecosistema con diversidad media, en cambio el SAi obtuvo un valor H' de 3.55, seguido de la ZA con H' de 3.95 que son sitios más diversos.

8.3.5 Índice cualitativo de Sørensen

En cuanto a la similitud entre sitios, para la ZA y el SAe fue de 42.3 % que si bien no es un porcentaje bajo, nos indica que los sitios comparten menos del 50% de especies, en cuanto a la ZA y el SAi fue de 66% y para el SAi y el SAe fue de 56.16%. Por lo tanto los sitios más parecidos de acuerdo con el índice fueron la ZA y el SAi.

8.4 Análisis estadístico

Cuadro 7. Analisis de parcelas divididas

Variable	SAe	SAi	ZA	P	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	P
Nº de especies	5.4 ^c	2.7 ^b	1.7 ^a	<0.01	3.1	3.6	3.3	3.3	0.6
Sexo	3.3 ^b	3.0	2.9 ^a	<0.01	3.1 ^b	2.2 ^b	3.1 ^b	2.9 ^a	<0.01
Edad	1.0	1.0	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.0	0.4
Distancia	10.0	10.2	9.9	0.7	10.1 ^b	10.7 ^b	10.2 ^b	9.2 ^a	<0.01
Hábitat	5.0 ^c	3.0 ^b	1.1 ^a	<0.01	3.1	3.1	3.1	3.3	0.2
Sustrato	3.5	3.3	3.4	0.2	3.3	3.5	3.5	3.2	0.3
Estructura social	2.5 ^a	1.9 ^b	1.5 ^c	<0.01	2.1	2.0	2.0	1.9	0.03
Actividad	3.1 ^a	4.2 ^b	4.0 ^b	<0.01	3.6	3.9	3.9	3.7	0.8
Alimento	7.1 ^b	5.9 ^a	5.7 ^a	<0.01	6.0 ^a	6.9 ^b	6.2 ^{ab}	5.9 ^a	<0.01

Literales a,b,c en una misma fila muestran diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). ns = medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0.05$)

El número de especies fue la variable que tuvo una mayor diferencia, ya que en el SAe se encontró un número mayor de especies, seguido del SAi y por último la ZA, en cuanto al sexo, en la ZA y el SAi se encontró una mayor cantidad de machos y en el SAe donde la estructura social de la mayoría de las aves fueron parvadas grandes hubo tanto hembras como machos.

El hábitat fue la variable que marcó la diferencia en los 3 sitios, y no se relacionó directamente con la carga animal, ya que el SAe tuvo una menor carga, y fue el sitio menos diverso, por su parte el SAi tenía una carga animal alta, y tuvo una diversidad media-alta, en cuanto a la cubierta vegetal, al ser la ZA bosque con alta cobertura arbórea, recibió una mayor cantidad de especies de aves, propiciándoles alimento durante todo el año, por su parte el SAi fue el sitio con mayor cantidad de microhábitats con una cobertura arbórea media, la mayor parte era bosque espeso y fragmentos pequeños de pastizal, donde se creaban pequeños microclimas debido a la presencia de un cuerpo de agua a lo ancho del sitio, y el SAe fue meramente pastizal con una cantidad baja de cobertura arbórea, en este sentido, la densidad arbórea fue el principal factor que influyó en la biodiversidad de las aves.

En cuanto a la época, no se reportaron diferencias significativas, en las estaciones, pero sí en cuanto al sexo, ya que en invierno es cuando hubo un mayor número de avistamientos de machos comparado con las otras estaciones, el sustrato en el que se encontraban las aves no varió en estaciones, en general se avistaron en árboles y arbustos, la actividad que desempeñaron tampoco se vio afectada por la época, pero sí por el sistema, ya que en el SAe la mayor parte de las aves se encontraban alimentándose en parvadas, en la ZA y el SAi llevaban a cabo diferentes actividades como vuelo, vuelos de persecución, caza, alimentación, percha, etc. El alimento fue el factor más importante en cuanto a la época, en Verano y Otoño se reportaron un mayor número de aves que se alimentan de néctar, insectos y carroña, en Primavera, Invierno y parte del Otoño la mayoría se alimentaron de semillas, vayas y frutas.

IX. DISCUSIÓN

La diferencia en el hábitat de los tres sitios y la cobertura arbórea, fueron los principales factores que influyeron en las poblaciones de aves y su diversidad, la ZA al ser bosque con alta cobertura arbórea tuvo una mayor diversidad seguida por el SAi con una mediana - alta cobertura arbórea y por último el SAe que fue el sitio menos diverso, ya que tiene una baja cobertura arbórea, dominado por pastizales abiertos, esto concuerda con las investigación que realizaron Cárdenas *et al.* (2003) en Costa Rica, donde encontraron que potreros de alta cobertura arbórea y bosques riparios fueron más diversos comparados con fragmentos de bosque seco y potreros de baja cobertura en paisajes fragmentados; Pérez *et al.* (2005) de igual manera encontraron una mayor diversidad en pasturas naturales con alta densidad de arboles, por el contrario Codesido y Bilenca (2011) encontraron en arboledas, especies generalistas, o características de ambientes disturbados que llegaron al sitio colonizándolo, pero no formaban parte de las aves propias del lugar, al contrario, en pastizales con más de 30 cm de alto encontraron aves propias de la región, que contribuyen al equilibrio de los ecosistemas.

Por su parte, McDermott *et al.* (2015) y Sparks *et al.* (1996), coinciden que fragmentos boscosos, o con alta densidad arbórea son importantes dentro del paisaje debido a que conservan comunidades de aves indicadoras de una buena calidad del ecosistema como sucedió con el SAi, que cuenta con fragmentos de bosque, donde se encontró una diversidad similar (95 especies) a la ZA (105 especies).

Además, estos sistemas aumentan la conectividad entre ecosistemas y facilitan el movimiento de algunas especies que se encuentran restringidas a hábitats boscosos, como es el caso del Papamoscas Boreal (*Contopus cooperi*), ave que se encuentra casi amenazada de acuerdo con la Lista Roja UICN y fue vista dos ocasiones en el SAi, asimismo (Alonso *et al.*, 2004) encuentro que un sistema silvopastoril bien manejado, con una alta cobertura arborea, y una baja carga animal hubo especies que se consideran restringidas a hábitats boscosos.

Por su parte Alvarado *et al.* (2001) encontraron que en paisajes fragmentados donde hay poca cobertura vegetal, y bosques lejanos, las aves dependen de cercas vivas, así como los árboles dispersos de sistemas agroforestales, en este sentido el SAe que se encuentra en medio de asentamientos urbanos recibió comunidades de calandrias (*Icterus cucullatus*, *Icterus parisorum*) para reproducción actuando como un tipo de reservorio para esta especie.

Sin embargo, de acuerdo con Schulze *et al.* (2004) la riqueza de especies disminuye en hábitats modificados, los bosques primarios proveen el primer lugar de conservación y como último lugar los agroecosistemas, que, si bien albergan una importante cantidad de especies, la gran mayoría no son aves indicadoras de una buena calidad del ecosistema. En este sentido, el SAi demostró tener una buena diversidad, y la mayoría de las aves fueron indicadoras de una buena calidad del ecosistema, sin embargo en el caso del SAe la transformación de bosques hacia pastizales ha afectado negativamente la diversidad de aves, Laurance y Bierregaard (1997); Renjifo (1999) y Rocha *et al.* (2015) obtuvieron resultados similares, en los bosques se encontró una mayor abundancia y riqueza de aves, que en sistemas agroforestales y agrícolas.

En cuanto a la importancia de la época en la alimentación, en Verano y Otoño se avistaron en mayor proporción aves que se alimentan de néctar, insectos y carroña, mientras que en Primavera, Invierno y parte del Otoño la mayoría se alimentaron de semillas, vayas y frutas, lo que coincide con las investigaciones realizadas por Leveau y Leveau (2004), y Moorcroft *et al.* (2002), quienes encontraron una mayor cantidad de aves que se alimentan de semillas en invierno.

X. CONCLUSIONES

Estos resultados demuestran el potencial que pueden generar algunos los sistemas agrosilvopastoriles en la conservación de aves y otras especies en áreas ganaderas, ya que son una alternativa para lograr un equilibrio entre producción animal y biodiversidad, si bien no son tan diversos como los bosques pueden albergar una gran cantidad de especies.

Los sistemas agrosilvopastoriles bien manejados, con una, alta cobertura arbórea y donde se crean diversos nichos son muy utilizados por las aves y que en paisajes agrícolas muy tecnificados, mal manejados, y con baja cobertura arbórea las aves especialistas tienden a desaparecer, y las aves generalistas y oportunistas aparecen.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J., O. Torres, T. E. Ruíz, G. Febles, G. Cárdenas, G. Achan. 2004. Estudio de la avifauna asociada a un sistema silvopastoril leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 38(2): 203-210.
- Alonso, J., N. Valenciaga, R.A. Sampaio, G.L.D. Leite. 2007. Diversidad zoológica asociada a un silvopastoreo leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42 (12):1667-1674.
- Aroeira, L.J.M., D.S.C Paciullo. 2004. Milk production by grazing cattle. *Informe agropecuario* 25:56-63.
- Avenidaño, C. 2001. Caracterización de la avifauna del Parque Nacional Laguna Lachúa y su zona de influencia, Cobán, Alta Verapaz. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología. USAC. Guatemala.pp
- Berlanga, H., V. Rodríguez-Contreras, A. Oliveras de Ita, M. Escobar, L. Rodríguez, J. Vieyra, V. Vargas. 2008. Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO.
- Burel, F., J. Baudry, A. Butet, P. Clergeau, Y. Delettre, D. Le Coeur, F. Dubs, N. Morvan. G. Paillat, S. Petit, C. Thenail, E. Brunel, J.C. Lefeuvre. 1998. Comparative biodiversity along a gradient of agricultural landscapes. *Acta Oecologica* 19: 47-60
- Cárdenas, G., C.A. Harvey, M. Ibrahim, B. Finegan, B. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10: 78-85.
- Chacón, M., C. A. Harvey. 2007. Productores, árboles y producción ganadera en paisajes de América Central: implicaciones para la conservación de la biodiversidad. En C. A. Harvey y J. C. Sáenz, editores. *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. INBio, Heredia, Costa Rica
- Chaves, M. E., M. C. Durán, R. Hurtado, C. Cárdenas, O. L. García, M. C. Fandiño, M. Arias. 2006. La institucionalidad relacionada con el conocimiento de la

- biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. pp. 77- 116.
- Ciau-Villanueva, M., F. Bautista-Zuñiga, V. Parra-Tabla, O.F. Brown. 2003. Diversidad de macroinvertebrados del suelo en sistemas de producción de forraje. Londrina: Embrapa Soja: Instituto de Ecologia, A.C. 236 p.
- Clavero, T., J. Suárez. 2006. Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. *Pastos y Forrajes* 29 (3): 307-312.
- Codesido, M., D. Bilenca. 2011. Los pastizales y el servicio de soporte de la biodiversidad: Respuesta de la riqueza de aves terrestres a los usos de la tierra en la provincia de Buenos Aires. En: P. Littera, E. Jobbagy, J.M. Paruelo (eds) *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, Herramientas y Aplicaciones para el Ordenamiento Territorial* (pp. 511 - 527) Ediciones INTA.
- DeClerck, F. 2011. Biodiversidad funcional en sistemas agroforestales. *Agroforestería Neotropical* 1 (1):2-4.
- Estrada, A. y R. Coates-Estrada. 2000. Dung beetles in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11:1903-1918.
- Fajardo, D., R. Johnston, L. Neira, J. Chará, E. Murgueitio. 2009. Influencia de sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Recursos Naturales y Ambiente* 58: 9-16.
- Franke, IL., A.M.P. Lunz, J.F. Valentim, E.F. do Amaral, E.M. de Miranda. 2001. Situação atual e potencial dos sistemas silvipastoris no Estado do Acre. En: Carvalho, MM; Alvim, MJ; da Costa Carneiro, J. eds. *Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais*. p. 19-40.
- Galindo-González, J., S. Guevara, V.J. Sosa. 2000. Bat and bird generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology* 14(6):1693-1703.
- Giraldo, L. A. 2000. *Sistemas silvopastoriles para la ganadería en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Medellín, Colombia. 87 p.

- Gómez de Silva, H. 1997. Análisis avifaunístico de Temascaltepec. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional de México, Serie Zoología* 68(1): 137-152.
- Green, R.A., S.J. Cornell, J.P.W. Scharlemann, A. Balmford. 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science* 307:550-555
- Greenberg, R., P. Beachier, J. Sterling. 1997. Acacia, cattle and migratory birds in southeastern México. *Biological Conservation* 80:235-247.
- Harvey C.A., N. Tucker, A. Estrada. 2004. Live fences, isolated trees and windbreaks: tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. En: Schroth G.A., B. C.A. Fonseca, C. Harvey, H.L. Gascon, A.M.N. Vasconcelos. Izac (eds). Island Press, Washington, D.C. pp. 261–289.
- Harvey, C. A., F. Alpízar, M. Chacón y R. Madrigal. 2005a. Assessing linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical overview and Future perspectives. Mesoamerican & Caribbean Region, Conservation Science Program. The Nature Conservancy (TNC), San José, Costa Rica.
- Harvey, C. A.; C. Villanueva; M. Ibrahim; R. Gómez; M. López; S. Kunth y F.L. Sinclair. 2005b. Productores, árboles y producción ganadera en paisajes de América Central: implicaciones para la conservación de la biodiversidad. En C. A. Harvey y J. C. Sáenz, editores. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. EUNA, Heredia, Costa Rica
- Harvey, C. A., A. Medina, D. Sánchez, S. Vilchez; B. Hernández, J. C. Sáenz, J. M. Maes, F. Casanoves y F. L. Sinclair. 2006. Patterns of animal diversity associated with different forms of tree cover retained in agricultural landscapes. *Ecological Applications* 16:1986-1999.
- Hernández, B., J.M. Maes, C.A. Harvey, S. Vilchez, A. Medina, D. Sanchez, 2003. Abundancia y densidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje fragmentado en el departamento de Rivas, Nicaragua. Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10:93-102.
- Horner-Devine, M. C., G. C. Daily, P. R. Ehrlich y C. L. Boggs. 2003. Countryside biogeography of tropical butterflies. *Conservation Biology* 17:168-177.

- Howell, S.N.G., S, Webb. 1995. A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press 110p.
- Iraola, J., E, Muñoz, Y. García, J.L Hernández. 2015. Caracterización faunística en un sistema silvopastoril destinado al ganado de engorde. *Pastos y Forrajes* 38:418-424
- Kays, R; A. Allison. 2001. Arboreal tropical forest vertebrates: current knowledge and research trends. *Plan Ecology* 153:109-120.
- Lamela, L., L. Simón, J. Suárez, A. Pérez. 2002. La gestión de la innovación y de la transferencia de tecnologías en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey": estudios de casos. *Pastos y Forrajes* 25(1):31-49.
- Lang, I., L.H.L. Gormley, C.A. Harvey, F.L. Sinclair, 2003. Composición de la comunidad de aves en cercas vivas de Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10:86-92.
- Lange, A. 1977. Carga animal. Cuadernillo de actualización técnica Número 15. Universidad de Texas. 16 p.
- Lawton, J.H., D.E. Bignell, B. Bolton, G.F. Bloemers, P. Eggleton, P.M. Hammond, M. Hodda, R.D. Holt, T.B. Larsen, N.A. Mawdsley, N.E. Stork, D.S. Srivastava, A.D. Watt. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 39(1):72-76.
- Leveau, L.M., C.M. Leveau. 2004. Riqueza y abundancia de aves en agroecosistemas pampeanos durante el periodo post-reproductivo. *Ornitología Neotropical* 15: 371-380.
- Llorente-Bousquets, J., S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Pp. 283-322.
- Lombana, M. D., Y. Rosero. 2013. Aves asociadas a las Microcuencas. En: D. Fajardo, LG. Naranjo, I. Niño (Eds.) *Manejo integral de cuencas hidrográficas a través del uso de agroforestería sustentable en la Amazonia colombiana*. Cali, Colombia. Corpoamazonia y WWFColombia pp: 91-108.

- Mahecha, L., L. A Gallego, F.J. Peláez. 2002. Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15(2):213-225.
- Margalef, R. 1995. Aplicacions del caos determinista en ecologia. En: Flos, J. (ed.) 1995. *Ordre i caos en ecologia* (pp 171-184). Publicacions Universitat de Barcelona.
- Marzluff, J.M., R. Bowman, R. Donnelly. 2001. A historical perspective on urban bird research: trends, terms, and approaches. En: Marzluff J.M., R. Bowman, R. Donnelly. (eds) *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Springer, Boston, MA.
- Mayfield, M. M., G. C. Daily. 2005. Countryside biogeography of neotropical herbaceous and shrubby plants. *Ecological Applications*.
- McAdam, JH., G.M, Hoppé, L. Toal, T. Whiteside. 1999. The use of wide-spaced trees to enhance faunal diversity in managed grasslands. En: Papanastasis,VP; Frame, J; Nastis, AS (eds). *Grasslands and woody plants in Europe. Proceedings of the International occasional symposium of the European Grassland Federation, Thessaloniki, Greece*. p. 293-296.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and human well being: Synthesis*. Island Press. Washington, DC. 137 p
- Medina, A., C. A. Harvey, D. Sánchez, S. Vílchez, B. Hernández. 2007. Bat diversity and movement in a neotropical agricultural landscape. *Biotropica* 39:120-128
- Moorcroft, D., M. J. Whitingham, R. B. Bradbury, J. D. Wilson. 2002. The selection of stubble fields by winter granivorous birds reflects vegetation cover and food abundance. *Journal of Applied Ecology* 39: 535–547.
- Murgueitio, E., Z. Calles. 1999. Diversidad biológica en la ganadería bovina de Colombia. En: Sánchez, M.D., M. Rosales, eds. *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), Roma.

- Ortíz, R.A. 2013. Evaluación del sistema de Producción Bovino de Zacazonapan desde un enfoque Silvopastoril. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Parker, T.A. 1990. On the use of tape recorders in avifaunal surveys. *The Auk* 108:443–444.
- Pei Li.S, L. Wen Hua. 1999. Rehabilitation of degraded mountain ecosystems in southwestern China: an integrated approach. *Ambio* 25(5):390-397.
- Pérez, A M., G. Bornemann, L. Campo, M. Sotelo, F. Ramirez, I. Arana. 2005. Relaciones entre Biodiversidad y producción en Sistemas Silvopastoriles de América Central. *Ecosistemas* 14(2):132-141.
- Pimentel, D., U. Stachow, D.A. Takacs, H.W. Brubaker, A.R. Dumas, J.J. Meaney, J.A.S. O'Neil, D.E. Onsi, D.B. Corzilius, 1992. Conserving Biological Diversity in Agricultural/ Forestry Systems. *BioScience* 42: 354-362.
- Radulovich, R. 1994. Tecnologías productivas para sistemas agrosilvopecuarios de ladera con sequía estacional. Serie Técnica, Informe Técnico No. 222, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 190 p.
- Ralph, C. J., G. R. Geupel, P. Pyle, T. E. Martin, D. F. DeSante, B. Milá. 1996. Manual de Métodos de Campo para el Monitoreo de Aves Terrestres. Dept. of Agriculture. Albany, CA. U.S. 44 pp.
- Ramírez, L. 2006. Contribución ecológica y cultural de los sistemas silvopastoriles para la conservación de la biodiversidad en Matiguás, Nicaragua. Tesis de Maestría. Turrialba, Costa Rica. 175 p.
- Rice, RA., R. Greenberg. 2004. Silvopastoral systems: ecological and socioeconomic benefits and migratory bird conservation. En: G. Schroth, G.A.B. da Fonseca, C.A. Harvey, C. Gascon, H.L. Vasconcelos, A.M. N-Izac (eds). *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Washington, USA. pp. 453–472.

- Ricketts, T. H., G. C. Daily, P. R. Ehrlich, J. P. Fay. 2001. Countryside biogeography of moths in a fragmented landscape: biodiversity in native and agricultural habitats. *Conservation Biology* 15:378-388.
- Sáenz, J. C. y P. Sáenz. 2007. Influencia de las variables de hábitat y paisaje sobre la presencia del mono tití y el mono carablanca en el Pacífico Central de Costa Rica. En C. A. Harvey y J. C. Sáenz, eds. *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. INBio, Heredia, Costa Rica.
- Santiváñez, J.L. 2005. Efecto de la estructura, composición y conectividad de las cercas vivas en la comunidad de aves en Río Frío, Costa Rica. Tesis de Maestría. Sc. Turrialba, CR, CATIE.
- Smith, R. L. (1980): *Ecology and Field Biology*. New York, Harper and Row.
- Sparks T. H., T. Parish, S. A. Hinsley. 1996. Breeding birds in field boundaries in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 60: 1-8.
- Stotz, D. F., J.W. Fitzpatrick, T.A. Parker III, D.K Moskovits. 1996. *Neotropical Birds. Ecology and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago. 478 pp.
- Székely, A. (2009), *Latinoamérica y la biodiversidad*. México. Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Disponible en: <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/6/2673/18.pdf>
- Taylor, R. 2003. Cómo medir la diversidad de aves presentes en los sistemas agroforestales. Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10: 117-123.
- Thompson, C. 2010. ¡Amazonia Viva! Una década de descubrimientos: 1999-2009. WWF-Colombia. Cali, Colombia.
- Tripathi, G, S., Ram, B.M. Sharma, G. Singh. 2005. Soil fauna biodiversity and nutrient status in silvopastoral systems of Indian desert. *Environmental Conservation* 32(2):178-188.
- Vergara, P.J.A. 2009. Avifauna presente en sistemas silvopastoriles con diferentes arreglos vegetales en Corpoica Centro de Investigación Turipaná, Córdoba,

Colombia. Tesis Licenciatura en Biología. Universidad de Córdoba Facultad de Ciencias Básicas e Ingenierías. 121 p.

Wick, B., H. Tiessen, R.M.C. Menezes. 2000. Land quality changes following the conversion of the natural vegetation into silvopastoral systems in semi-arid NE Brazil. *Plant and Soil* 222:59-70.

Young, A. 1997. *Agroforestry systems for soil management*. 2nd (Ed.). CAB International, New York, USA. 320 p.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Formato utilizado para los avistamientos en campo

Hora

Fecha

Nº de punto	Nº de especies	Especie	Sexo	Edad	Distancia aprox	Hábitat	Sustrato	Actividad	Estructura vegetal