



Universidad Autónoma Chapingo
Departamento de Suelos

**Maestría en Ciencias en Agroforestería Para el
Desarrollo Sostenible**

TESIS:

**SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ Y SU RELACIÓN CON AVES
INSECTÍVORAS DE DOS ESTRATOS VERTICALES
EN UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA**

**Que como requisito parcial para obtener el grado de:
Maestro en Ciencias en Agroforestería para el
Desarrollo Sostenible**

Presenta

Claudio Romero Díaz

Bajo la supervisión de:

Dra. Rosa María García Núñez

Dr. Saúl Ugalde-Lezama



REGULACIÓN GENERAL ACADÉMICA
COMITÉ DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISIÓN DE EXÁMENES PROFESIONALES

Chapingo, México febrero de 2020



**SISTEMAS AGROFORESTALES DE CAFÉ Y SU RELACIÓN CON AVES
INSECTÍVORAS DE DOS ESTRATOS VERTICALES EN UN BOSQUE
MESÓFILO DE MONTAÑA**

Tesis realizada por el C. Claudio Romero Díaz bajo la supervisión del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

DIRECTOR:



DRA. ROSA MARÍA GARCÍA NUÑEZ

CODIRECTOR:



DR. SAÚL UGALDE LEZAMA

ASESOR:



M.C. JUAN ÁNGEL TINOCO RUEDA

CONTENIDO

ABREVIATURAS USADAS	X
AGRADECIMIENTOS.....	XI
DEDICATORÍA	XI
DATOS BIOGRÁFICOS.....	XIII
RESUMEN GENERAL.....	XV
GENERAL ABSTRACT.....	XVII
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. OBJETIVO GENERAL.....	3
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA	2
4.1 Bosque Mesófilo de Montaña y diversidad de aves insectívoras.....	2
4.2 Distribución florística vertical	2
4.3 Diversidad de aves insectívoras en BMM.....	3
4.4 Parámetros poblacionales	5
4.5 Servicios ambientales.....	7
4.6 Sistemas agroforestales de café y su relación con la diversidad de aves .	7
4.7 Estratos florísticos verticales en SAF	8
4.8 Diversidad de aves insectívoras	9
4.9 Parámetros poblacionales en SAF	10
4.10 Las aves como servidores ambientales en SAF	12
5. Literatura citada.....	13
6. DIVERSIDAD Y USO DE HÁBITAT POR AVES INSECTÍVORAS DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA ..	19
4.1 Resumen	19
4.2 Summary	19
4.3 Introducción	20
4.4 Materiales y métodos.....	20
4.5 Resultados.....	21
4.6 Discusión	30
4.7 Conclusiones	31
4.8 Agradecimientos	31
4.9 Referencias	31
7. COMPORTAMIENTO TRÓFICO DE AVES INSECTÍVORAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES INMERSOS EN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA .	34
5.1 Resumen	34
5.2 Abstract	35
5.3 Introducción	36
5.4 Materiales y métodos.....	38
5.5 Resultados y discusión	39

5.6 Conclusión.....	45
5.7 Agradecimientos.....	45
5.8 Referencias.....	45
8. ECOLOGÍA TRÓFICA DE AVES INSECTÍVORAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES Y BOSQUE MESÓFILO.....	62
6.1 Resumen.....	62
6.2 Abstract.....	63
6.3 Introducción.....	63
6.4 Métodos.....	64
6.5 Resultados.....	65
6.6 Discusión.....	66
6.7 Agradecimientos.....	67
6.8 Literatura citada.....	67
6.9 Contribucion de cada autor.....	72
9. VEGETACIÓN Y ESTRUCTURA DEL HÁBITAT QUE DETERMINA LA DIETA DE AVES INSECTÍVORAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES.....	83
7.1 Resumen.....	83
7.2 Abstract.....	84
7.3 Introducción.....	85
7.4 Objetivo.....	86
7.5 Materiales y métodos.....	86
7.6 Resultados.....	87
7.7 Discusión.....	88
7.8 Conclusiones.....	92
7.9 Reconocimientos.....	92
7.10 Referencias.....	93

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Regresión Poisson mediante modelos GML para las abundancias de aves y técnicas de cacería exhibidas.....	56
Cuadro 2. Componentes principales de las técnicas de cacería empleadas por las aves en los sitios bajo estudio.....	57
Cuadro 3. Resultados de Kruskal-wallis para las técnicas de cacería registradas en las condiciones evaluadas.	58
Cuadro 4. Análisis de X ² para las técnicas de cacería empleadas por las aves durante su alimentación.....	58
Cuadro 5. Análisis de Kruskal wallis para riqueza, abundancia y diversidad de familias de insectos registrados.	73
Cuadro 6. Análisis de X ² para riqueza, abundancia y diversidad de familias de insectos registradas.	73
Cuadro 7. Regresión Poisson para las abundancias registradas en los órdenes de insectos enlistados en corte y sacudida de ramas.....	74
Cuadro 8. Regresión Poisson para la abundancia de familias de insectos registrados en corte y sacudida de ramas.	74
Cuadro 9. Regresión Poisson para la abundancia en los tipos de insectos registrados en corte y sacudida de ramas.	75
Cuadro 10. Regresión Poisson para la abundancia en los órdenes de insectos registrados en el análisis de excretas.	75
Cuadro 11. Regresión Poisson para la abundancia en las familias de insectos registrados en las excretas.	76
Cuadro 12. Regresión Poisson para la abundancia de ítems (insectos) registrados en las excretas.	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de Kruskal wallis para la riqueza, abundancia, diversidad y uso de hábitat.	22
Tabla 2. Resultados de X ² para riqueza, abundancia y diversidad de especies registradas.	23
Tabla 3. Resultados absolutos y porcentuales de los clústers conformados con la riqueza de especies registrada por cada monitoreo.	26
Tabla 4. Resultados absolutos y porcentuales de los clústers conformados con la abundancia de especies registrada por cada monitoreo.....	26
Tabla 5. Componentes principales del hábitat utilizado por las aves en CT.	27
Tabla 6. Componentes principales del hábitat utilizado por las aves en PT.	27
Tabla 7. Componentes principales del hábitat utilizado por las aves en BMM. .	28
Tabla 8. Componentes principales del hábitat utilizado por las aves en CT-PT-BMM.	29
Tabla 9. Kruskal wallis de las abundancias para las familias de vegetación e insectos registrados en las tres condiciones.....	99
Tabla 10. Resultados de X ² para la abundancia de familias de vegetación e insectos registrados.	100
Tabla 11. Regresión Poisson para las variables del hábitat y vegetación que determinan la abundancia de aves.	101
Tabla 12. Regresión Poisson para las variables del hábitat y vegetación que determinan la abundancia de insectos.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ordenes, familias y géneros de las especies de aves registradas.	21
Figura 2. Índice de Jackknife1 para la riqueza de especies registrada en las tres condiciones.....	22
Figura 3. Diferencias significativas de las especies de aves registradas y esperadas por el modelo.	23
Figura 4. Índice de abundancia relativa de las especies de aves registradas. ..	24
Figura 5. Porcentaje de similitud entre puntos evaluados por cada condición evaluada.	24
Figura 6. Diversidad de aves presente en las condiciones bajo estudio.....	25
Figura 7. Análisis clúster de la riqueza de especies registrada en el monitoreo de las aves.....	25
Figura 8. Análisis clúster de la abundancia de especies registrada en los diferentes monitoreos.	26
Figura 9. Análisis grafico de componentes que determinan el uso del hábitat de las aves.....	29
Figura 10. Técnicas de cacería empleadas por las aves en las condiciones bajo estudio.	59
Figura 11. Índice de abundancia relativa de las técnicas de cacería empleadas por las aves.....	59
Figura 12. Análisis grafico del ACP de las técnicas de caería empleadas por aves en CT.....	60
Figura 13. Análisis grafico del ACP de las técnicas de caería empleadas por aves en PT.	60
Figura 14. Análisis grafico del ACP de las técnicas de caería empleadas por aves en BMM.	61
Figura 15. Análisis grafico del ACP de las técnicas de caería empleadas por aves en CT-PT-BMM.....	61

Figura 16. Ordenes de insectos registrados mediante corte y sacudida de ramas.	77
Figura 17. Familias de insectos registradas mediante corte y sacudida de ramas.	77
Figura 18. Ordenes de insectos registrados en el análisis de excretas.	78
Figura 19. Familias de insectos registrados en el análisis de excretas.....	78
Figura 20. Ítems de los insectos registrados en las excretas analizadas.....	79
Figura 21. Riqueza de familias de insectos registradas en las condiciones evaluadas.	79
Figura 22. Índice de abundancia relativa de las familias de insectos registradas mediante corte y sacudida de ramas.	80
Figura 23. Correspondencia canónica para las aves y ordenes de insectos consumidos.....	80
Figura 24. Correspondencia canónica para las aves y familias de insectos consumidos.....	81
Figura 25. Ordenes e ítems de insectos registrados en las excretas analizadas.....	81
Figura 26. Familias e ítems de insectos registrados en las excretas analizadas.....	82
Figura 27. Familias vegetales registradas en las tres condiciones de estudio.	103
Figura 28. Especies de insectos registrados mediante corte y sacudida en las tres condiciones.....	103
Figura 29. Frecuencia de observación de las aves registradas en las condiciones evaluadas.	104
Figura 30. Frecuencia de observación de las familias de vegetación registradas.....	104
Figura 31. Frecuencia de observación de las especies de insectos registrados.....	105

Figura 32. Índice de abundancia relativa de las especies de insectos registrados.
.....105

Figura 33. Variables del hábitat y vegetación que determinan la presencia de
aves.106

Figura 34. Variables del hábitat y vegetación que determinan la presencia de
insectos.....106

ABREVIATURAS USADAS

Abreviatura	Significado
CT	Café tradicional
PT	Potrero
BMM	Bosque Mesófilo de Montaña
FO	Frecuencia de observación
IAR	Índice de Abundancia Relativa
GML	Modelo Lineal Generalizado
ACP	Análisis de Componentes Principales
ACC	Análisis de Correlación Canónica

AGRADECIMIENTOS

Estos resultados son el fruto de un trabajo conjunto por ello quiero reconocer el apoyo recibido de:

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento de este proyecto.

A la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme la oportunidad de formarme en su plantel educativo y por todos los beneficios recibidos.

A la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible por darme la oportunidad de formarme y obtener el grado de maestro en ciencias.

A mi comité asesor: Dra. Rosa María García Núñez, Dr. Saúl Ugalde Lezama y M.C. Juan Ángel Tinoco Rueda por su valioso apoyo para lograr consolidar este proyecto de vida.

A la coordinadora del posgrado en Agroforestería Dra. María Edna Álvarez Sánchez por su apoyo incondicional en la gestión del recurso económico para el desarrollo de diferentes actividades del proyecto.

Al Centro Regional Universitario (CRUO) por permitirnos realizar este proyecto en sus campos experimentales.

A María Dolores Coronel Sánchez (Lolita) por su paciencia, atenciones y disponibilidad de apoyo durante en el proceso de mi formación como maestro en ciencias.

DEDICATORIA

A mí madre Brígida Díaz Bonilla por ser el pilar y brazo derecho de mi vida; la persona a quien admiro por su valentía de seguir adelante, por darme la vida y estar presente en los momentos buenos y malos.

A mi padre Claudio Romero Flores (†) quien siempre confió en mí y estuvo presente en cada momento que Dios le permitió estar conmigo.

A la razón que le da sentido a mi vida y a quien amo con todo mi corazón: Armando y Nanci Itzel.

A mis hermanos Paulina, Cristina, Fabián, Armando, Nanci Itzel, Paula y Camerino.

A mi gran amigo y papá académico Dr. Saúl Ugalde Lezama por sus consejos, regaños y apoyo incondicional que me ha brindado para formarme de manera personal y profesional.

Al mejor amigo del posgrado Jesús Eduardo Cahuich Damián quien me brindó ratos alegres y estuvo presente en todo momento durante este transecto de mi vida.

A la generación XX por formar parte de este proyecto que hoy se mira consolidado.

A la maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, por abrirme un espacio y formarme como maestro en ciencias.

DATOS BIOGRÁFICOS



Claudio Romero Díaz de nacionalidad mexicana; nació el 09 de febrero de 1994. Es originario de la localidad de Atzalan Xochiapulco, Puebla. Estudió en la escuela primaria Fausto Molina Betancour. Cursó sus estudios de secundaria en la escuela secundaria general 5 de mayo de 1862. Desarrolló su nivel medio superior en el bachillerato general Centro Escolar Héroes de Zacapoaxtla. En el 2017 se graduó como Licenciado en Biología con especialidad en Manejo y Conservación de la Biodiversidad; por el Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. Por sus méritos académicos en el mismo año fue becado por la Academia Mexicana de Ciencias para desarrollar una estancia de investigación en la Universidad Autónoma Chapingo con el proyecto intitulado “Elaboración de Artículos Científicos”.

En el 2018 publicó su primer artículo científico intitulado “Coexistencia y segregación trófica en aves insectívoras de un bosque templado con tres elevaciones”; en el mismo año participó como coautor en el capítulo del libro “Biodiversidad y Recursos Naturales en México”; para enero de ese año ingresó a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Durante este periodo participó en los siguientes congresos: Curso-Taller “Herramientas digitales en la investigación académica”, impartido en el departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo; asistente a la IX reunión nacional agro y silvopastoril y la XV jornada tecnológica de ingeniería en agronomía. Participación en el XXVII Curso Internacional Agroforestería para el Desarrollo Sostenible celebrado en la Universidad Autónoma Chapingo, en el marco de sistema de posgrados en Medio Ambiente de la Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, del programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Presentación de un cartel en el congreso internacional con sede en la Universidad de Oregon State University.

In the Association for Temperate Agroforestry's (AFTA) 16th Biennial North American Agroforestry Conference from June 24 to June 27, 2019, hosted by the College of Forestry at Oregon State University (OSU) in Corvallis, Oregon. Presentación de una ponencia oral en el 8° congreso internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, llevado a cabo los días 26 y 27 de septiembre de 2019, con el tema intitulado: "Sistemas Agroforestales de Café en el Sostenimiento Trófico de Aves Insectívoras en un Bosque Mesófilo de Montaña". Presentación de un cartel en el III Congreso Internacional sobre Conservación y Aprovechamiento con Enfoque Sustentable de Vida Silvestre, realizado del 28 al 31 de octubre de 2019 en la Universidad Autónoma Chapingo. Presentación de ponencia oral en la 2ª conferencia nacional sobre manejo y conservación de fauna silvestre con el tema intitulado "Sistemas agroforestales de café y su relación con aves insectívoras de dos estratos verticales en un bosque mesófilo de montaña".

¹RESUMEN GENERAL

Sistemas agroforestales de café y su relación con aves insectívoras de dos estratos verticales en un Bosque Mesófilo de Montaña

Con el objetivo de determinar el papel de los sistemas agroforestales de café en el sostenimiento trófico de aves insectívoras de los estratos verticales, bajo y medio de un Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), de agosto (2018) a enero (2019) se llevó a cabo el seguimiento de variables mediante muestreo sistemático, empleando recuento en puntos con radio fijo, búsqueda intensiva, captura con redes de niebla, corte-sacudida de ramas, líneas de canfield y cuadros empotrados. Los resultados son presentados en cuatro capítulos: Diversidad y uso de hábitat por aves insectívoras de sistemas agroforestales en BMM; Comportamiento trófico de aves insectívoras en sistemas agroforestales inmersos en BMM; Ecología trófica de aves insectívoras en sistemas agroforestales y bosque mesófilo; y Vegetación y estructura del hábitat que determina la dieta de aves insectívoras en sistemas agroforestales. Para el primer capítulo se aplicó índice de abundancia relativa (IAR), riqueza (Jackknife1); similitud (Jaccard), diversidad (Shannon-Wiener), kruskal-wallis, X^2 y análisis de componentes principales (ACP). En el segundo se desarrolló frecuencia de observación (FO), IAR, regresión poisson (ARP), ACP, kruskal-wallis y X^2 . Para el tercero se efectuó FO, IAR, Jackknife1, Jaccard, Shannon-Wiener, kruskal-wallis, X^2 , ARP y correspondencia canónica (ACC). En el cuarto se determinó FO, IAR, kruskal-wallis, X^2 , ARP y ACC. Se destaca la importancia de los sistemas agroforestales como nicho de oportunidad en donde la avifauna

Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Claudio Romero Díaz

Director de Tesis: Dra. Rosa María García Núñez

encuentra alimento y refugio que coadyuvan a su conservación. Se evidencia una coexistencia simpátrica sin competencia por recurso ni técnica de cacería empleada exhibiendo simpatría trófica entre la avifauna registrada. La vegetación y estructura del hábitat son factores determinantes en la abundancia de aves, disponen del stock alimenticio que coadyuva a la conservación y equilibrio ecológico de los sistemas agroforestales. Se recomienda mejoramiento del hábitat que disponga de estratos verticales y horizontales estimulando la disponibilidad de nichos de utilización para este grupo taxonómico.

Palabras clave: avifauna, coexistencia, segregación, simpatria, nicho ecológico.

²GENERAL ABSTRACT

Agroforestry coffee systems and their relationship with insectivorous birds of two vertical strata in a Mountain Mesophilic Forest

In order to determine the role of coffee agroforestry systems in the trophic support of insectivorous birds of the vertical, low and middle strata of a Mountain Mesophilic Forest (BMM), from August 2018 to January 2019, the monitoring of variables by systematic sampling was done using count in fixed radius points, intensive search, capture with fog nets, cutting-shaking of branches, canfield lines and embedded boxes. The results are presented in four chapters: Diversity and habitat use by insectivorous birds of agroforestry systems in BMM; Trophic behavior of insectivorous birds in agroforestry systems immersed in BMM; Trophic ecology of insectivorous birds in agroforestry systems and mesophilic forest; and Vegetation and habitat structure that determines the diet of insectivorous birds in agroforestry systems. For the first chapter, the relative abundance index (IAR), wealth (Jackknife1); similarity (Jaccard), diversity (Shannon-Wiener), kruskal-wallis, X² and principal component analysis (PCA) were applied. In the second, observation frequency (FO), IAR, poisson regression (ARP), PCA, kruskal-wallis and X² were developed. For the third, FO, IAR, Jackknife1, Jaccard, Shannon-Wiener, kruskal-wallis, X², ARP and canonical correspondence (ACC) were carried out. The FO, IAR, kruskal-wallis, X², ARP and ACC were determined in the fourth. The importance of the agroforestry systems is highlighted as an opportunity niche where birds find food, perch, and shelter, nesting and reproduction sites, contributing to conservation with a

sustainable approach. There is evidence of sympatric coexistence without competition for the resource or hunting technique used exhibiting trophic sympatry among the registered birds. The vegetation and habitat structure are determining factors in the abundance of birds, they have the food stock that contributes to the conservation and ecological balance of agroforestry systems. The habitat improvement with vertical and horizontal strata stimulating the availability of use niches for this taxonomic group is recommended.

Keywords: birdlife, coexistence, segregation, sympathy, ecological niche.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

A nivel mundial existen alrededor de 9, 800 especies de aves (Madrid y Elías, 2017). Sin embargo, a partir del siglo XV el crecimiento poblacional y alta demanda por alimento transformo enormes extensiones de bosque en áreas destinadas a la agricultura, trayendo como consecuencia la fragmentación del hábitat y pérdida de la biodiversidad (Galindo-González, 2004; Perfecto y Vandermeer, 2008). Estas acciones han ocasionado la extinción de algunas especies de aves y muchas más se han colocado en alguna categoría de riesgo (Hernández-Antonio y Hansen, 2011).

En México se registran cerca de 1076 especies de aves, posicionando al país en el 12º lugar de esta diversidad a nivel mundial (Valencia-Trejo et al., 2014). Sin embargo, la agricultura intensiva, el uso de transgénicos y diferentes insumos químicos han provocado la pérdida de la diversidad biológica, en donde las aves se encuentran incluidas. Frente a tal inconveniente, se han retomado una serie de alternativas de producción tradicional (café tradicional, tlacolol, kool, metepantle, chinampas, calal, sistema milpa, huamil, kuojtakiloyan, ekuaro, etc; Moreno-Calles, Toledo y Casas 2013) con el fin de conservar a diferentes especies endémicas y de importancia cultural (Nicholls y Altieri, 2002; Bhagwat, Willis, Birks y Whittaker, 2008).

Los sistemas agroforestales surgen como una alternativa que podría garantizar la seguridad alimentaria y coadyuvar en la preservación de la biodiversidad, todo ello bajo el principio de producción sostenible (Ashworth, Quesada, Casas, Aguilar y Oyama, 2009). Cabe señalar que su implementación considera la integración de tres componentes de la vegetación (herbáceo, arbóreo y arbustivo), dando prioridad a especies de uso múltiple (Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández, 2003).

Cabe resaltar que dada la composición ecológica de estos sistemas se dispone de parches de vegetación que funcionan como corredor biológico en donde la fauna silvestre podría vivir y reproducirse (Somarriba y Harvey, 2003); de tal forma que dichos sistemas podrían ser considerados hábitats heterogéneos que potencialmente albergarían una buena diversidad de aves, las cuales brindarían diferentes servicios ambientales (p. ej. polinización, control de plagas, dispersoras de semillas, etc.), favoreciendo la producción agropecuaria y la resiliencia de los ecosistemas (Ollerton, Winfree y Tarrant, 2011; Arriagada, Ferraro, Sills, Pattanayak y Cordero-Sancho, 2012; Navarro-Sigüenza et al. 2014; Baldock et al., 2015); desarrollando un efecto mutualista, pues en estas zonas las aves adquieren alimento y aseguran una condición corporal favorable que garantiza su éxito reproductivo (Chatellenaz, 2004; Ordano, Bortoluzzi, Chatellenaz y Biancucci, 2008; Sánchez-Guzmán, Losada-Prado y Moreno-Palacios, 2018). Dada la composición estructural (horizontal y vertical) del sistema, se dispone de diferentes nichos para las aves, lo que posiblemente evita la competencia y segregación por espacio o alimento (Parra, Losada, Murillo y Carvajal-Lozano, 2009; Hernández-Ladrón, Rojas-Soto, López-Barrera, Puebla-Olivares y Díaz-Castelazo, 2012).

Un sistema productivo de café tradicional inmerso en un bosque mesófilo de montaña, se ubica en el municipio de Huatusco, Veracruz, México. Dicho sistema se encuentra en asociación con diferentes componentes, cumpliendo con las características de un sistema agroforestal diversificado, el cual pudiera albergar un gran número de aves. No obstante, a pesar de ser un sistema diversificado e integrado con especies de múltiple propósito, hasta el momento no se ha estudiado la interacción que presentan estos sistemas con respecto a la disponibilidad de alimento para las aves (particularmente insectívoras); aunado a esto, se desconoce la condición corporal en que se encuentran las aves; además del comportamiento forrajeo para captura de sus presas, estratos de utilización y cómo este sistema agroforestal favorece a la conservación de dicho grupo taxonómico. Por lo anterior el objetivo de presente proyecto fue determinar el papel de los sistemas agroforestales de café en el sostenimiento trófico de

aves insectívoras de los estratos bajo y medio en Bosque Mesófilo de Montaña para la región paratropical del Municipio de Huatusco, Veracruz, México.

2. OBJETIVO GENERAL

Determinar el papel de los sistemas agroforestales de café en el sostenimiento trófico de aves insectívoras en los estratos verticales, bajo y medio, de un BMM.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar comparativamente la diversidad y principales usos de la fisionomía del hábitat de las aves insectívoras presentes en la región bajo estudio.
- Determinar las técnicas de cacería empleadas por las aves durante su alimentación en los sistemas agroforestales evaluados.
- Conocer la dieta y diversidad de los componentes entomológicos identificados en las excretas de la avifauna bajo estudio.
- Definir la vegetación y estructura del hábitat y su relación en la presencia de aves-presa

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Bosque Mesófilo de Montaña y diversidad de aves insectívoras

En México el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) es uno de los ecosistemas mayormente amenazado y con mayor probabilidad de extinguirse (Navarro-Sigüenza, Silva, Gual-Díaz, Sánchez-González y Pérez-Villafaña, 2017). Se calcula que menos del 1% del territorio mexicano se encuentra cubierto por vegetación primaria de este tipo y aproximadamente el 50% de esta superficie ha sido remplazada por vegetación secundaria (Challenger y Soberón, 2008; Jiménez et al., 2014; Navarro-Sigüenza et al., 2014). A pesar de abarcar una superficie de mínima extensión, el BMM es el ecosistema que alberga la mayor diversidad de flora y fauna; se estima que alrededor de 2500 a 3000 especies de plantas vasculares son exclusivas de este tipo de bosque (Rzedowski, 1996). Una de las cualidades más destacables del BMM es su alto número de especies endémicas (Brown y Kappelle, 2001). Algunos elementos característicos de estos bosques son los helechos arborescentes, epífitas, orquídeas y musgos (Rzedowski, 2006). Por su parte la avifauna propia de estos ecosistemas, resaltan el quetzal (*Pharomachrus mocinno*) y el pavón (*Oreophasis derbianus*) quienes actualmente se encuentran en peligro de extinción. También se presenta el hocofaisán y diferentes especies de colibríes sujetas en alguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010).

4.2 Distribución florística vertical

La composición estructural de un BMM se refleja por factores que obedecen a la altitud. Su estructura corresponde a la relación de distintos elementos históricos, climáticos, edafológicos y orográficos de cada región. La estructura vegetal está definida por elementos fisiográficos como la orientación, altura y porcentaje de pendiente; esto determina la diversidad de bosques (BMM) con diferentes estructuras arbóreas (estratos) que albergan una gran variedad de flora y fauna (Mejía-Domínguez, Meave y Ruiz-Jiménez, 2004). Debido a la compleja diversidad florística y conformación de estratos en BMM, se albergan diferentes

especies de aves en cada uno de estos estratos verticales y horizontales. En un estudio desarrollado por Mayorca, Luna y Alcántara (1998), evaluaron la diversidad florística de un Bosque Mesófilo de Montaña en cierta región de Hidalgo, México; encontrando la integración de tres estratos arbóreos (alto 20-30m; medio 8-20m; bajo 2-8m). Sus resultados exhiben la presencia de 391 especies de plantas vasculares (270 géneros y 112 familias) en los que se pudiera albergar una gran diversidad de especies faunísticas. Por su parte Ugalde-Lezama, Valdez-Hernández, Ramírez-Valverde, Alcántara-Carbajal y Velázquez-Mendoza (2009) evaluaron la distribución vertical de aves en dos regiones de bosque templado con diferentes niveles de perturbación (poco alterado y perturbado). Sus resultados mostraron que la distribución vertical de las aves obedece a la presencia de cuatro estratos (bajo, alto, alto-bajo e intermedio). La abundancia de individuos por estrato y zonas muestran valores diferentes. En ambas zonas el estrato superior presentó mayor abundancia de aves en comparación al estrato bajo y medio; el número de individuos registrados por especie en cada estrato fue mayor en el bosque perturbado.

4.3 Diversidad de aves insectívoras en BMM

En México se han registrado hasta 1100 especies de aves en BMM, colocando al país entre los primeros doce lugares de la avifauna mundial (Navarro-Sigüenza y Sánchez-González, 2003; Martínez-Morales, 2004; 2007). Por ello se han realizado diversos estudios en los que se han evaluado índices de diversidad (alfa, beta y gama) y riqueza, contemplando patrones generales de distribución espacial y temporal de estas especies (Navarro- Sigüenza, Garza-Torres, López de Aquino, Rojas-Soto & Sánchez-González, 2004; Navarro-Sigüenza y Peterson, 2004). A pesar de contar con una amplia diversidad de aves, actualmente diversas poblaciones se han visto en decadencia a causa de distintos factores como el cambio en el uso de suelo, cambio climático y diferentes factores antropogénicos que reducen el hábitat y provocan la extinción de especies, particularmente endémicas y especialistas (Sekercioglu, Schneider, Fay y Loarie 2008; Navarro-Sigüenza et al., 2014). Tales acciones han forzado

procesos ecológicos que ponen en punto crítico la supervivencia de estas especies, ocasionando la segregación de nichos, competencia por alimento y nuevos espacios.

El conocimiento acerca de cómo dichas perturbaciones impresiona a diferentes especies faunísticas (particularmente aves) es aún incipiente. Por ejemplo, la relación entre aves insectívoras y la madurez de cierto bosque no ha sido claramente evaluada con argumentos conservacionistas y el conocimiento disponible es incluso contradictorio (Agüero et al., 2018). Es importante mencionar que las aves insectívoras, con el fin de garantizar su supervivencia, utilizan diversas técnicas de cacería que pueden ir desde la cacería en vuelo hasta la excavación de madera, todo ello basado en gremios tróficos y competencia por el alimento (Pyke, Pulliam y Charnov, 1977). La técnica que algunas aves utilizan para garantizar su proporción energética en un corto tiempo se describe como alimentación óptima. Así la teoría del forrajeo óptimo señala que las aves emplean técnicas de cacería que demandan un mínimo gasto energético y les recompensa con un mayor aporte nutricional (Chaparro-Herrera y Camargo-Martínez, 2017). Esta teoría señala que tal comportamiento ha sido determinado por acciones de selección natural y está constituido por coacciones y eventos que determinan la supervivencia y éxito reproductivo. Si bien la presencia de insectos en cada uno de sus estadios de vida, es aparentemente alta, se carece de estudios que demuestren el impacto de la diferenciación espacio-temporal de este recurso para las aves.

A pesar de que la mayoría de aves integran insectos en su dieta, pocos investigadores han centrado su atención en inspeccionar numéricamente, la relación del número de aves en función del recurso alimenticio disponible. Como excepción notable se destacan los trabajos reportados por Ugalde-Lezama, Tarango-Arámbula, Ramírez-Valverde, Equihua-Martínez y Valdez-Hernández (2011) quienes evaluaron la dieta de aves carpinteras (insectívoras) en un bosque de *Pinus cembroides*, destacando que los órdenes de insectos más consumidos fueron Coleóptera y Hemíptera, de tipo plaga, no plaga y

predadores. Así mismo Romero-Díaz et al. (2018) evaluaron la dieta de aves insectívoras de un BMM considerando tres gradientes altitudinales. En dicho estudio se exhibe que la dieta de estas aves está basada principalmente por coleópteros e himenópteros en el que las aves emplean la técnica de cacería colectar para la captura de sus presas. En dicho estudio señalan que la altitud no es un factor determinante en la coexistencia trófica, ya que no afecta la disponibilidad de presas como un factor determinante. En el mismo contexto Pineda-Pérez, Ugalde-Lezama, Tarango-Arámbula, Lozano-Osornio y Cruz-Miranda (2014), estudiaron la ecología trófica de aves insectívoras en un área natural protegida de San Luis Potosí, en dicho estudio evaluaron la riqueza de especies, las técnicas de cacería y sustratos utilizados. Sus resultados mostraron la presencia de 21 especies, 18 géneros y ocho familias de aves que utilizan las ramas como el estrato de mayor preferencia y emplean la técnica colectar en la captura de sus presas. Otro estudio desarrollado por Marín-Gómez (2007) evaluó la actividad forrajera de aves insectívoras que visitaron a la planta de guamo (*Inga edulis*) en cierta región de Colombia. En dicho estudio el investigador registra un total de 59 especies de aves insectívoras, de las cuales 12 son migratorias y 47 residentes; este investigador menciona que la actividad forrajera de las aves no influye en el número de insectos que visitan a las flores del árbol, confirmando la importancia de este árbol como un banco de recurso alimenticio para la comunidad de aves residentes y migratorias.

4.4 Parámetros poblacionales

En México el BMM alberga la más alta diversidad de aves, ocupando el octavo lugar a nivel mundial en especies endémicas (Sekercioglu et al., 2008). En estudios realizados se ha demostrado que los sitios con mayor diversidad, endemismo y restricción de hábitat para las aves se encuentran al este del Istmo de Tehuantepec y en la vertiente atlántica de las Sierras de Oaxaca y Veracruz. Esta alta diversidad de aves, está ligada a la abundancia de epifitas (bromelias, orquídeas, hongos, musgos y líquenes) que favorecen al incremento en la

disponibilidad de alimento (insectos) para estas especies (Navarro-Sigüenza et al., 2014).

Actualmente existen diferentes trabajos en los que se ha evaluado la diversidad de aves en BMM. Por ejemplo, Martínez-Morales (2004) registra seis nuevas especies de aves en un BMM del noreste de Hidalgo. En otro estudio Martínez-Morales (2007), evaluó la diversidad de aves en BMM del noreste de Hidalgo, reportando 181 especies, de las cuales 11 son endémicas, 3 con distribución restringida al BMM y 28 bajo alguna categoría de riesgo. En el mismo contexto Morales-Martínez, Pech-Canché, Gutiérrez-Vivanco, Serrano y Hernández-Hernández (2018), determinaron la diversidad y riqueza de aves en cierta región de Tuxpan, Veracruz. En dicho estudio exhiben la presencia de 155 especies de aves, de las cuales 14 se encuentran en alguna categoría de riesgo. Por su parte Ruelas, Hoffman y Goodrich (2005), durante varios años (1991-2003) determinaron la diversidad de aves migratorias y residentes del centro de Veracruz (contemplando esta región como zona de descanso (Stopover) para especies migratorias) considerando la estación otoño-invierno. En dicho estudio registraron un total de 239 especies que representó el 44% de la avifauna regional. Se exhibe que, a una mayor elevación altitudinal, el número de especies migratorias se ve reducida tanto en cantidad como en proporción. Las tierras bajas son de preocupación para la conservación, en tanto que las zonas altas están mejor conservadas.

En el mismo contexto Ramírez-Albores (2009) evaluó la riqueza, abundancia y diversidad de aves en hábitats modificados de BMM, describiendo el estatus migratorio y abundancia relativa de especies. En dicho estudio se reporta un total de 225 especies de aves pertenecientes a 35 familias. En cuanto a la dieta se registraron un total de 64 especies insectívoras, 65 insectívora/frugívoras, 24 carnívoras, 18 granívora/frugívoras, 14 nectarívoras y 12 granívoras. Se enlistan 10 especies endémicas y 28 sujetas bajo protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se resalta que la incorporación y el mantenimiento de hábitats naturales y modificados son necesarios para la supervivencia y

reproducción de muchas especies de aves, por tal motivo coadyuvan a la conservación de estas especies.

4.5 Servicios ambientales

Las aves del BMM representan un grupo de importancia ecológica para el control y equilibrio del ambiente (Morales-Martínez et al., 2018). Este grupo cumple con determinadas funciones que contribuyen a la dinámica estructural de los ecosistemas. Ciertas aves como los colibríes, juegan un papel importante en la polinización de deferentes especies florísticas (Whelan, Wenny y Marquis, 2018). Son catalogadas como excelentes dispersores de semillas, esto como respuesta a la gran movilidad de desplazamiento que presentan (Arteaga y Moya 2002). Otras especies favorecen al control de plagas (particularmente roedores e insectos) contribuyendo al control biológico del ambiente. Por su parte las aves carroñeras desempeñan un rol importante para la salud del ambiente consumiendo restos amínales y evitando la dispersión de enfermedades. Todas estas especies han sido catalogadas como especies vindicadoras de la biodiversidad por sus características biológicas y ecológicas requeridas en cada ambiente en que se encuentran (Peck et al., 2014).

4.6 Sistemas agroforestales de café y su relación con la diversidad de aves

En México los sistemas agroforestales (SAF) de café simbolizan uno de los metodos productivos mas diversificados. Se registran tres estados (Puebla-Veracruz-Chiapas “los tres en bosque mesófilo”) productores de café con mayor indice de biodiversidad, figurando como las zonas productivas de mas alta calidad para la producción nacional (Moguel y Toledo, 1999). Este tipo de sistemas representan una gran importancia económica, cultural, social y ambiental en la cual se favorece a la conservación de diferentes especies de flora y fauna (Vandermeer y Perfecto, 2007; Rosas, Escamilla y Ruiz, 2008). Dicho sistema mantiene la producción al paso del tiempo, empleando menor cantidad de insumos y auxiliando a un equilibrio entre la economía de los productores y conservacion de la biodiversidad (González-Valdivia, Barba-Macías, Hernández-

Daumás y Ochoa-Gaona, 2014). La integración de estos sistemas mejora la calidad de las plantas de café, disminuyendo la insidencia de plagas y enfermedades gracias al control biológico y equilibrio del ambiente que brindan algunas especies de aves al igual que otros organismos que han hecho de estos sistemas una alternativa de nicho ecológico (Muschler, 2006).

4.7 Estratos florísticos verticales en SAF

Diferentes estudios en sistemas productivos de café han demostrado que la integración del componente arboreo como elemento fundamental en los sistemas agroforestales, coayuda a que diferentes especies de fauna puedan emplear estos espacios como parte de su hábitat. Esto debido a que están conformados por distintos estratos horizontales y verticales que se constituyen desde la parte baja hasta el dosel superior en el que podrían habitar diversas especies de aves especialistas y endémicas (Harvey, Guindon, Harber, Hamilton y Murray, 2008; Masuhara et al., 2015).

Algunos autores como Moguel y Toledo (1999), señalan que los sistemas agroforestales de café bajo sombra, representan el mejor modelo de conservación, albergando una gran diversidad de especies de flora y fauna (árboles, epifitas, mamíferos, aves, reptiles, anfibios y artrópodos). Así mismo González-Valdivia, Casanova-Lugo y Cetzal-Ix (2016) señalan que los trabajos más evaluados respecto a biodiversidad faunística en SAF (Costa Rica, Colombia y México) se refieren a hormigas, murciélagos, pájaros, mariposas, escarabajos coprófagos, mamíferos y moluscos.

En este contexto diferentes autores como Enríquez-Lenis, Sáenz y Ibrahim (2006) y García, Valdez, Luna y López (2015) han caracterizado los estratos de estos sistemas como un papel funcional de nicho ecológico para la biodiversidad. Así mismo Castillo y Calderón (2017) evaluaron una plantación de café multiestrato en cierta región de Colombia, evaluando a las plantas de mayor uso por las aves como fuente de alimento, sus resultados muestran una fuerte interacción entre plantas y aves, con la presencia de 25 plantas para aves

frujívoras, 8 nectarívoras y nueve insectívoras. Tales autores proponen la implementación de estas especies vegetales como una forma de propagación, restauración y conservación de la biodiversidad.

De igual forma Moguel y Toledo (2004) describen los estratos de un sistema de producción de café orgánico, recalcando que los SAF son el último refugio para la flora y fauna potencialmente amenazada, en donde las aves no se encuentran exentas. Por su lado Villavicencio-Enríquez y Valdez-Hernández (2003) evaluaron un SAF de café rusticano con el fin de analizar la estructura arbórea en comparación con una selva natural subperenifolia, exhibiendo una riqueza y equidad de especies similar, sin embargo, la selva mantiene una mayor composición florística, no obstante, ambas poseen estratos particulares en los que pueden habitar una gran diversidad de especies de flora y fauna.

Por su parte Matey, Zeledón, Orozco, Chavarría y López (2013), evaluaron la composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslada, Nicaragua mostrando que la diversidad de especies arbóreas asociadas al cacao es menor a la registrada en los parches de bosque, sin embargo, se encuentra dentro de los niveles estándar en comparación con otras zonas cacaoteras de Centroamérica. Esto representa una buena composición de estratos para el hábitat de diversas especies faunísticas, particularmente de aves residentes y migratorias.

4.8 Diversidad de aves insectívoras

Modelos globales han demostrado que las acciones antrópicas, limitan la disponibilidad de hábitats para todos los organismos (flora y fauna) del planeta. Existen evidencias que las áreas protegidas del mundo no son lo suficientemente grandes para conservar la biodiversidad. Dado que el área del planeta bajo sistemas agropecuarios se incrementa con el fin sostener las necesidades alimentarias de una población cada vez más creciente. El uso de sistemas agropecuarios sostenibles y amigables con el medio ambiente está cobrando

mayor importancia. Los sistemas agroforestales diseñados y manejados de forma sostenible favorecen a la conservación de la biodiversidad (Taylor, 2003).

Es importante señalar que estos sistemas logran albergar una gran diversidad de aves que se encuentran en peligro de extinción (Moguel y Toledo, 1999). Constituyen una alternativa de nicho ecológico para una gran variedad de aves insectívoras, frugívoras, nectarívoras y generalistas (Ramírez-Albores, 2009).

Con tal enfoque en un gradiente de perturbación del sureste de México, González-Valdivia et al. (2012) evaluaron la diversidad, riqueza, abundancia y distribución de aves y el gremio trófico de cada una de estas dentro de ocho puntos de estudio. Sus resultados muestran una riqueza de especies diferente entre cada punto, un índice de diversidad similar y las especies se distribuyen equitativamente dentro de los ocho sitios evaluados. Los gremios de forrajeo se caracterizan en función de la estructura vegetal de cada sitio, por ejemplo, en potreros con árboles dispersos predominan especies de aves cazadoras, con percha y asociadas al ganado, mientras que en zonas de bosque sobresalen especies insectívoras que buscan presas en el suelo, corteza y follaje. Por lo tanto, dichos autores señalan a esta región como un modelo potencial de refugio y manejo sustentable para conservación de las aves.

4.9 Parámetros poblacionales en SAF

Con la importancia que representan los SAF como un medio que permite la conservación de la diversidad avifaunística, Taylor (2003) describe los diferentes métodos de como poder evaluar esta diversidad de aves en sistemas agroforestales. Dicho estudio señala que los métodos mayormente utilizados para este tipo de trabajos, son la técnica de muestreo con captura y sin captura de aves. El método sin captura involucra el muestreo por transectos y puntos de conteo. Ambos métodos residen en aplicar una búsqueda de aves dentro de un tiempo y área definida; por ejemplo, buscar y registrar activamente todas las aves vistas en un período de 20 minutos en un potrero (sistema silvopastoril) de 2 ha.

Por su parte la captura puede aplicarse mediante redes de niebla o trampas que permitan la contención física de las especies.

Por su lado Flota-Bañuelos et al. (2018) evaluaron la diversidad y riqueza de aves en áreas agropecuarias y de regeneración natural en cierta región de Yucatán, México. En dicho estudio consideraron el uso de suelo por acahuals (SAF tradicionales) con remanentes de selva; maizal (*Zea mays* L.) con ciclos continuos de cultivo; y pastizal de 10 años de implementación con dos años de abandono. Sus resultados mostraron la presencia de 695 individuos, de 71 especies. La mayor diversidad se observó en el acahual, seguido del pastizal y maizal. Estos resultados sugieren que los sitios en reconversión como los acahuals y pastizales con abandono, brindan condiciones para la permanencia de las aves, y el maizal por ser un cultivo de tipo tradicional, no ejercen suficiente presión para desplazar en su totalidad a las aves. Este estudio da pauta al recalque de la importancia que representa la producción tradicional en donde los SAF conforman un punto clave para la conservación de aves y otras especies faunísticas.

En igual contexto Bojares-Baños y López-Mata (2006) evaluaron la riqueza y diversidad de aves en una región de Veracruz, México. En dicho estudio se comparó la diversidad de aves en tres condiciones perturbadas (pastizal ganadero, selva con regeneración y selva madura). Sus resultados mostraron un total de 171 especies de aves (45% abundantes, 23% escasas y 32% raras) con 112 residentes y 59 migratorias. El índice de Shannon-Wiener mostró una mayor diversidad en el área con regeneración intermedia (4.24) seguida del potrero (4.19) y selva madura (3.44). La prueba de t de Hutcheson indica que no existen diferencias significativas entre las áreas de selva con regeneración intermedia y pastizal ganadero, pero sí entre éstas y el área de selva madura. Dicho estudio resalta la importancia de estas tres zonas como áreas potenciales de conservación, particularmente la zona con regeneración intermedia y el pastizal ganadero como un sistema silvopastoril de importancia para la conservación.

Con igual enfoque Enríquez-Lenis et al. (2006) determinaron la abundancia, riqueza y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea de un agropaisaje (fincas agroforestales) dominado por la ganadería (silvopastoreo). Los resultados mostraron la presencia de 113 especies de aves, 31 familias y 9 géneros, con una diversidad gama de 126 especies. La heterogeneidad del uso de la tierra influyó sobre la diversidad y riqueza de aves, pero no se encontró relación entre el porcentaje de bosques aledaños a las fincas y su avifauna. Se destaca la importancia de los fragmentos de bosque y la cobertura arbórea de las fincas para conservación de las aves. Se sugiere que en los planes de manejo de fincas se promueva la implementación de los sistemas silvopastoriles y se procure mantener los fragmentos de bosque para conservación de las aves.

Por su lado Alcántara-Salinas et al. (2018) con el fin de conocer la diversidad de aves presente en la región alta de Veracruz, México (de clima templado) desarrollaron un monitoreo comunitario de aves. Esto con el objetivo de promover un aviturismo y conservación comunitaria de las aves. Sus resultados se han reflejado con la exposición del libro: Guía de aves de las Altas Montañas de Veracruz (incluye más de 350 especies) y presentación de tres guías de identificación rápida de aves. Esto favorece a que otros investigadores puedan recurrir a este material y fortalecer el registro de nuevas especies de esta región veracruzana, distinguida por su alto número de plantaciones agroforestales en donde la avifauna ha encontrado nuevos nichos ecológicos.

4.10 Las aves como servidores ambientales en SAF

Las aves en los sistemas agroforestales, al igual que en distintos ecosistemas naturales, juegan un papel importante como servidores ambientales (González y Osbahr, 2013). Representan un papel fundamental en la conectividad de hábitats, polinización, control de plagas, dispersoras de semillas, remoción de carcasas, fertilización de suelos y construcción de hábitats. Son calificadas como un factor clave en la resiliencia de los ecosistemas. Garantizan el éxito reproductivo de las plantas y son consideradas vindicadores de perturbación y calidad de los ecosistemas (Calamari, Vilella y Mercuri, 2016).

5. LITERATURA CITADA

- Agüero, J. I., Rollin, O., Torretta, J. P., Aizen, M. A., Requier, F., & Garibaldi, L. A. (2018). Impactos de la abeja melífera sobre plantas y abejas silvestres en hábitats naturales. *Ecosistemas*, 27(2), 60–69. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1365>
- Alcántara-Salinas, G., Rivera-Hernández, J. E., Calderón-Parra, J. R., Santos-Martínez, M. L., Pérez-Sato, J., Román-Hernández, D., . . . Salazar-Ortiz, J. (2018). El monitoreo comunitario de aves en la región de las altas montañas de Veracruz, México: Hacia un aviturismo comunitario. *Agroproductividad*, 11 (6): 31-37.
- Arriagada, R. A., Ferraro, P. A., Sills, E. O., Pattanayak, S. K., & Cordero-Sancho, S. (2012). Do Payments for Environmental Services Affect Forest Cover? A Farm-Level Evaluation from Costa Rica. *Land Economics*, 382-399.
- Arteaga, L.L., & Moya, M.I. (2002). Sobre posición de dieta y variación de la estructura de las comunidades de aves y murciélagos frugívoros en fragmentos de bosque de la Estación Biológica del Beni. *Ecología en Bolivia*, 37:15-39.
- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., & Oyama, K. (2009). Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142 (5): 1050-1057. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.016>
- Baldock, K., Goddard, M., Hicks, D., Kunin, W., Mitschunas, N., Osgathorpe, L., . . . Memmott, J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Biological Sciences*, 282: 1-10. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2849>
- Bhagwat, S.A., Willis, K.J., Birks, H.J.B. & Whittaker, R.J. (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*, 23 (5): 261-267. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Bojorges-Baños, J., & López-Mata L. (2006). Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77: 235–249.
- Brown, A.D. & Kappelle, M. (2001). Introducción a los bosques nublados del Neotrópico: una síntesis regional. En: Kapelle, M. & Brown, A.D. (Eds.). *Bosques nublados del neotrópico*. Imbió, Santo Domingo de Heredia, pp. 25-40.
- Calamari, N., Vilella, F., & Mercuri, P. (2016). Las aves: centinelas e indicadoras de salud ambiental del bosque nativo. *Serie Extensión INTA Paraná*, 1 (79): 37–41.
- Castillo, R. Y. V., & Calderón L., J. J. (2017). Plantas usadas por aves en paisajes cafeteros de Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34 (2): 3-18. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.68>.
- Challenger, A. y J. Soberón. (2008). *Los ecosistemas terrestres*. En: Capital natural de México. I. Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp. 87-108.

- Chaparro-Herrera, S., & Camargo-Martínez, P. A. (2017). Avifauna a lo largo del río Fucha en la ciudad de Bogotá. *Biota Colombiana*, 18 (2): 212–227.
- Chatellenaz, M. (2004). Aves de pastizales manejados con fuego y ganadería en el Parque Nacional Mburucuyá, Corrientes, Argentina: Resultados preliminares. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2004, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Disponible en línea en <<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2004/6-Biologia/B-039.pdf>>
- Enríquez-Lenis, M. L., Sáenz, C., & Ibrahim, M. (2006). Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje dominado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 45 (1): 49-57.
- Flota-Bañuelos, C., Candelaria-Martínez, B., Mejénes-Lopez, S., Vázquez-May, L., Castillo-Sánchez, L., & López-Coba, E. (2018). Avifauna de áreas agropecuarias y de regeneración en Tizimín, Yucatán, México. *Agroproduktividad*, 11 (6): 24–30.
- Galindo-González, J. (2004). Clasificación de los murciélagos de la región de los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. *Acta zoológica mexicana*, 20 (2): 239-243.
- García, M.L. E., Valdez, H.J., Luna, C., & López, M.R. (2015). Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques*, 21 (3): 69-82.
- González, J. L., & Osbahr, K. (2013). Composición botánica y nutricional de la dieta de *Dinomys branickii* (Rodentia: Dinomyidae) en los Andes Centrales de Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 16 (1): 235-244.
- González-Valdivia, N.A., Barba-Macías, E., Hernández-Daumás, S., & Ochoa-Gaona, S. (2014). Avifauna en sistemas silvopastoriles en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*, 62 (3): 1031-1052.
- González-Valdivia, N. A., Arriaga-Weiss, S. L., Ochoa-Gaona, S., Ferguson, B., Kampichler, C., & Pozo, C. (2012). Ensamblajes de aves diurnas a través de un gradiente de perturbación en un paisaje en el sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28 (2): 237-269.
- González-Valdivia, N., Casanova-Lugo, F., & Cetzal-Ix, W. (2016). Sistemas Agroforestales y Biodiversidad. *Agroproduktividad*, 9 (9): 56-60.
- Harvey, C.A., Guindon, C.F., Harber, W.A., Hamilton, D. & Murray, K.G. (2008). Importancia de los fragmentos de bosque, árboles dispersos y cortinas rompevientos para la biodiversidad local y regional de Monteverde, Costa Rica. En: *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Eds. Harvey, C.A., & Sáenz, J.C. Instituto Nacional de Biodiversidad. INBIO.
- Hernández–Antonio, A., & Hansen, A. M. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(2): 115-127.

- Hernández-Ladrón, I., Rojas-Soto, O. R., López-Barrera, F., Puebla-Olivares, F., & Díaz-Castelazo, C. (2012). Dispersión de semillas por aves en un paisaje de bosque mesófilo en el centro de Veracruz, México: Su papel en la restauración pasiva. *Revista Chilena de Historia Natural*, 85(1): 89-100. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2012000100007>
- Jiménez, C. L., Sosa, R. J., Cortés-Calva, P., Solís, C. A. B., Íñiguez, D. L. I., & Ortega-Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y ciencia*, 22(60): 16-22.
- Madrid Ibarra, F., & Elías Cruzado, C. (2017). Avistamiento de aves en el Campus de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. *Biotempo*, 14 (2): 89-99.
- Marín-Gómez, O. H. (2007). Visitas de "Aves insectívoras" al guamo, *Inga edulis* (Mimosoideae) en el departamento del Quindío, Colombia. *Boletín SAO*, XVII (1): 39-46.
- Martínez-Morales, M.A. (2004). Nuevos registros de aves en el bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México. *Huitzil*, 5: 12-19.
- Martínez-Morales, M.A. (2007). Avifauna del bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78 (1): 149-162
- Masuhara, A., Valdés, E., Pérez, J., Gutiérrez, D., Vázquez, J. C., Salcedo, E., ... Merino, A. (2015). Carbono almacenado en diferentes sistemas agroforestales de café en Huatusco, Veracruz, México. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4 (1): 66–93.
- Matey, A., Zeledón, L., Orozco, L., Chavarría, F., & López, A. (2013). Composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 49 (1): 61-67.
- Mayorca, R., Luna, I., & Alcántara, O. (1998). Florística del Bosque Mesófilo de Montaña de Molocotlán, Molango-Xochicoatlán, Hidalgo, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 1 (63): 101–119. <https://doi.org/10.17129/botsci.1571>
- Mejía-Domínguez, N. R., Meave, J. A., & Ruiz-Jiménez, C. A. (2004). Análisis estructural de un Bosque Mesófilo de Montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 1 (74): 13–29.
- Moguel, P., & Toledo, V. (1999). Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of México. *Conservation Biology*, 13 (1): 11-21. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.97153.x>
- Moguel, P., & Toledo, V. M. (2004). Conservar Produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas*, 55: 1-7.
- Morales-Martínez, I., Pech-Canché, J. M., Gutiérrez-Vivanco, J., Serrano, A., & Hernández-Hernández, V. H. (2018). Aves de Tuxpan, Veracruz, México: diversidad y complementariedad. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 19 (2): 210–226.
- Moreno-Calles, A. I., Toledo, V. M., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 91 (4): 375-398.

- Muschler, R. G. (2006). Manejo de sombra para cafetales sostenibles. En: Pohlan, J.; L. Soto y J. Barrera (Ed.) *El cafetal del futuro, realidades y visiones*. Ed. Shaker Verlag. Aachen. Alemania. pp. 39-61.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Garza-Torres, H. A., López de Aquino, S., Rojas-Soto, O.R., & Sánchez-González, L.A. (2004). Patrones biogeográficos de la avifauna. In *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*, Luna, I., Morrone, J.J., & Espinosa, D. (eds.). CONABIO/UNAM, México, D.F. p. 439-467.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M., Gordillo-Martínez, A., Peterson, A., Berlanga-García, H., & Sánchez-González, L. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 476-495. <https://doi.org/10.7550/rmb.41882>
- Navarro-Sigüenza, A. G., Silva, H. G. de, Gual-Díaz, M., Sánchez-González, L. A., & Pérez-Villafañá, M. (2017). La importancia de las aves del Bosque Mesófilo de Montaña de México. 1: 279-304. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Martha_Gual2/publication/307466561_La_importancia_de_las_aves_del_Bosque_Mesofilo_de_Montana_de_Mexico/links/592dc685aca272fc55b13574/La-importancia-de-las-aves-del-Bosque-Mesofilo-de-Montana-de-Mexico.pdf
- Navarro-Sigüenza, A.G., & Peterson, A. T. (2004). An alternative species taxonomy of the birds of México. *Biota Neotropica*, 4 (2): 1-32. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032004000200013>.
- Navarro-Sigüenza, A.G., & Sánchez-González, L.A. (2003). La diversidad de las aves. En: Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita (Eds.). *Conservación de aves: experiencias en México*. Cipamex-ConabioNFWF, México, pp. 24-85.
- Nicholls, C., & Altieri, M. (2002). Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65: 50-64.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos Synthesising Ecology*, 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Ordano, M., Bortoluzzi, A., Chatellenaz, M., & Biancucci, L. (2008). Respuesta a Corto Plazo de las Aves a la Quema y al Pastoreo en Pastizales del Parque Nacional Mburucuyá, Argentina. *INSUGEO, Miscelánea*, 17 (2): 425-446.
- Parra, H. R. M., Losada, P. S., Murillo, J., & Carvajal-Lozano, M. A. (2009). Dieta alimenticia de algunas aves de la Cuenca del río Prado-Tolima. *Revista Tumbaga*, 4: 97-119.
- Peck, M.R., Maddock, S. T., Morales, J. N., Oñate, H., Mafla-Endara, P., Aguirre, V., Torres-Carvajal, O., Pozo-Rivera, W. E., Cueva-Arroyo, X. A., & Tolhurst, B. A. (2014). Cost-effectiveness of using small vertebrates as indicators of disturbance. *Conservation Biology*, 28 (5): 1331-1341. doi: <https://doi.org/10.1111/cobi.12373>.

- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2008). Biodiversity Conservation in Tropical Agroecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 173-200.
- Pineda-Pérez, F.E., Ugalde-Lezama, S., Tarango-Arámbula, L.A., Lozano-Osornio, A., & Cruz-Miranda, Y. (2014) Ecología trófica de aves insectívoras en un área natural protegida de San Luis Potosí, México. *Agroproductividad*, 7 (5): 8-10.
- Pyke, G., Pulliam, H., & Charnov, E. (1977). Optimal foraging: A selective review of theory and tests. *Quarterly Review of Biology*, 52 (2): 137-154. <https://doi.org/10.1086/409852>
- Ramírez-Albores, J. (2009). Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 58 (1): 511-528.
- Romero-Díaz, C., Ugalde-Lezama, S., Tarango-Arambula, L. A., Ruíz-Vera, V. M., Marcos-Rivera, U., & Cruz-Miranda, Y. (2018). Coexistencia y segregación trófica en aves insectívoras de un bosque templado con tres elevaciones. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5 (15): 1–12. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1596>
- Rosas, A.J., Escamilla, E.P., & Ruiz, O. R. (2008). Relación de los nutrientes del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra Latino Americana*, 26 (4): 375-384.
- Ruelas, E., Hoffman, S. W., & Goodrich, L. J. (2005). Stopover Ecology of Neotropical Migrants in Central Veracruz, México. *Usda Forest Service Gen. Tech. Rep.*, 1, 657–672.
- Rzedowski J. (1996). Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, 35: 25-44.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Sánchez-Guzmán, J., Losada-Prado, S., & Moreno-Palacios, M. (2018). Análisis de la condición corporal de aves Passeriformes en zonas secas del norte del Alto Valle del Magdalena, Colombia / Analysis of body condition of Passerine birds in dry zones of the north of Upper Magdalena Valley, Colombia. *Caldasia*, 40 (1): 1-17. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/90022783>
- Sekercioglu, C.H., Schneider, S. H., Fay, J. P., & Loarie, S. L. (2008). Climate change, elevational range shifts, and bird extinctions. *Conservation Biology*, 22 (1): 140-150. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00852.x>
- Somarriba, E., & Harvey, C. A. (2003). ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas*, 10 (37): 12-17.
- Taylor, R. (2003). ¿Cómo medir la diversidad de aves presentes en los sistemas agroforestales? *Agroforestería En Las Américas*, 10 (39–40): 117–123.
- Ugalde-Lezama, S., Tarango-Arámbula, L., Ramírez-Valverde, G., Equihua-Martínez, A., & Valdez-Hernández, J. (2011). Coexistencia trófica de aves carpinteras (Picidae) en un bosque de *Pinus cembroides* (Zucc.) del área

- natural protegida peña alta, San Diego de la unión, Guanajuato. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17 (3): 361-377.
- Ugalde-Lezama, S., Valdez-Hernández, J. I., Ramírez-Valverde, G., Alcántara-Carbajal, J. L., & Velázquez-Mendoza, J. (2009). Distribución vertical de aves en un bosque templado con diferentes niveles de perturbación. *Madera y Bosques*, 15 (1): 5-26.
- Valencia-Trejo, G., S. Ugalde-Lezama, F. Pineda-Pérez, L. Tarango-Arámbula, A. Lozano-Osornio, Y. Cruz-Miranda. (2014). Diversidad de aves en el Campus Central de la Universidad Autónoma Chapingo, México. *Agroproductividad*, 7 (5): 37-44. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2326.2886>
- Vandermeer J., & Perfecto, I. (2007). The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conservation Biology*, 21 (1): 274-277. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00582.x>
- Villavicencio-Enríquez, L., & Valdez-Hernández, J. I. (2003). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestalrusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia*, 37 (4): 413-423.
- Whelan, C.J., Wenny, D.G., Marquis, R.J. (2018). Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 25-60. doi: <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>.

6. DIVERSIDAD Y USO DE HÁBITAT POR AVES INSECTÍVORAS DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DIVERSITY AND HABITAT USE BY INSECTIVOROUS BIRDS OF AGROFORESTRY SYSTEMS IN CLOUD TROPICAL FOREST

Claudio Romero-Díaz¹; Rosa María García-Núñez¹; Saúl Ugalde-Lezama^{2*}

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, CP 56230 Texcoco, México. Email: favia_rd@hotmail.com; blondynunez@gmail.com

^{2*} Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Suelos. Área de Recursos Naturales Renovables. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, CP 56230 Texcoco, México. Email: biólogo_ugalde@hotmail.com

*Autor de correspondencia.

4.1 RESUMEN

Con el fin de evaluar la diversidad y uso de hábitat de aves insectívoras en sistemas agroforestales, bajo tres condiciones: Café tradicional (CT), Potrero (PT) y Bosque Mesófilo de Montaña (BMM). De agosto (2018) a enero (2019) se aplicó el seguimiento de aves, empleando muestreo sistemático; recuento en puntos con radio fijo; búsqueda intensiva y líneas de Canfield. Se determinó abundancia relativa (IAR), riqueza (Jackknife1); similitud (Jaccard) y diversidad (Shannon-Wiener). Para evaluar diferencias (abundancia, riqueza, diversidad) y conocer si lo registrado es lo esperado se aplicaron análisis de Kruskal-Wallis y X^2 . Para visualizar similitud en riqueza y abundancia se desarrollaron análisis de conglomerados. Para saber que variables del hábitat utilizan las aves se aplicó análisis de componentes principales (ACP). El IAR presenta valores promedio de 0.0294 (CT); 0.04 (PT); 0.066 (BMM); 0.0188 (CT-PT-BMM); Jackknife1 explica un estimado de 33, 25, 15 y 52 especies; Jaccard señala porcentajes de 19%, 16%, 10% y 23% respectivamente; Shannon-Wiener puntualiza medias de $H' = 2.91$, $H' = 2.74$, $H' = 2.18$, $H' = 3.68$, respectivamente. Kruskal-Wallis decreta diferencias en diversidad ($p = 0.0294$; CT-PT-BMM); no así para riqueza y abundancia. Se evidencia la conformación de tres clusters y dos amalgamaciones (CT-PT-BMM). El ACP señala mayor uso de hábitat para alimentación en el estrato herbáceo y arboreo con alturas de 5 y 10 m; utilizando el estrato aéreo para vuelo. Se destaca la importancia de los sistemas agroforestales como nicho de oportunidad en donde la avifauna encuentra alimento, sitios de percha, refugio, nidación y reproducción; favoreciendo a la conservación mediante un enfoque sostenible.

Palabras clave: avifauna, amenazada, endémica, coexistencia, Kruskal-Wallis.

4.2 SUMMARY

In order to evaluate the diversity and habitat use of insectivorous birds in agroforestry systems, under three conditions: Traditional coffee (CT), Potrero (PT) and Mesophilic Mountain Forest (BMM). From August (2018) to January (2019) the bird monitoring was applied, using systematic sampling; point count with fixed radius; Intensive search and Canfield lines. Relative abundance (IAR), wealth (Jackknife1) was determined; similarity (Jaccard) and diversity (Shannon-Wiener). To evaluate differences (abundance, wealth, diversity) and to know if what is recorded is expected, Kruskal-Wallis and X^2 analyzes were applied. To visualize similarity in wealth and abundance, cluster analysis was developed. To know which habitat variables birds use, principal component analysis (PCA) was applied. The IAR has average values of 0.0294 (CT); 0.04 (PT); 0.066 (BMM); 0.0188 (CT-PT-BMM); Jackknife1 explains an estimated 33, 25, 15 and 52 species; Jaccard reports percentages of 19%, 16%, 10% and 23% respectively; Shannon-Wiener points out means of $H' = 2.91$, $H' = 2.74$, $H' = 2.18$, $H' = 3.68$, respectively. Kruskal-Wallis decrees differences in diversity ($p = 0.0294$; CT-PT-BMM); Not so for wealth and abundance. The conformation of three clusters and two amalgamations (CT-PT-BMM) is evident. The ACP indicates greater habitat use for feeding in the herbaceous and arboreal strata with heights of 5 and 10 m; using the aerial stratum for flight. The importance of agroforestry systems is highlighted as an opportunity niche where the birdlife finds food, perch sites, shelter, nesting and reproduction; favoring conservation through a sustainable approach.

Keywords: birdlife, threatened, endemic, coexistence, Kruskal-Wallis

4.3 INTRODUCCIÓN

En el mundo existen alrededor de 9, 800 especies de aves (Ibarra y Cruzado, 2017). Sin embargo, a pesar de contar con esta alta diversidad varios ecosistemas han sido alterados por acciones antropogénicas, reduciendo hábitats originales que han interrumpido procesos ecológicos ocasionado la extinción de varias especies (Pérez *et al.*, 2005; Zurita y Bellocq, 2007; Cerezo *et al.*, 2009; Da Ponte *et al.*, 2017).

Por su parte México registra cerca de 1150 especies de aves, ocupa el 11° lugar de esta diversidad a nivel mundial y el cuarto lugar de endemismo (212 especies endémicas; Navarro *et al.*, 2014). No obstante, debido a una alta presión por el desarrollo industrial y agropecuario, varios ecosistemas se han visto alterados causando la disminución y pérdida de esta diversidad, registrando 388 especies bajo alguna categoría de riesgo (Aide *et al.*, 2013; Navarro *et al.*, 2014; Ramos *et al.*, 2016).

Una manera sostenible de dar respuesta a este problema son los sistemas agroforestales (Beever *et al.*, 2006; Tenza *et al.*, 2011). Estos sistemas buscan generar un equilibrio entre la producción agropecuaria y conservación de la biodiversidad a partir de la conexión ecológica (corredor biológico) de remanentes naturales fragmentados (Vilchez *et al.*, 2017). Dado el arreglo espacio temporal (vertical y horizontal) que presentan estos sistemas se generan pequeños hábitats que favorecen con diversos servicios ambientales regulando factores como el clima, humedad, temperatura, entre otros. Los sistemas agroforestales podrían representar un factor importante en la conservación de la diversidad biológica, esto debido al arreglo y función, semejante al de un bosque natural en un arreglo heterogéneo que ayuda a la resiliencia de los ecosistemas (Enríquez *et al.*, 2006; Chazdon, 2008; Chazdon *et al.*, 2008). Destacan un papel importante como refugio para la vida silvestre, en el que probablemente las aves pueden desempeñar un rol sustancial en el equilibrio de este ambiente (Perfecto y Vandermeer, 2008; García *et al.*, 2015).

Cabe destacar que, dado el comportamiento ecológico de las aves, se presenta gran relación en cuanto a las características de estructura y composición florística al momento de seleccionar su hábitat (Alonso *et al.*, 2018). Se ha demostrado que estos dos elementos intervienen directamente en la riqueza de especies para determinada zona (Enríquez *et al.*, 2006). Esto debido a la disponibilidad de espacio, alimento, sitios de percha, áreas de nidación, predación, parasitismo de nidos y protección contra adversidades climáticas (Toledo y Moguel, 2012). Con base a ello y dada la composición estructural que representan los sistemas agroforestales posiblemente se logre albergar un gran número de aves, que podrían coadyuvar en los procesos ecológicos que se desenvuelven en este medio natural (control biológico, dispersión de semillas, polinización, entre otros; Cárdenas *et al.*, 2003).

Un sistema de producción tradicional de café inmerso en un Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), se encuentra ubicado en el Municipio de Huatusco, Veracruz, México. Dicho sistema se constituye por diferentes especies vegetales (herbáceas, arbustivas y arbóreas) en un arreglo espacio temporal que dispone de nichos en donde se podría albergar un gran número de aves. No obstante, a pesar de la importancia que representa este sistema en función de la conservación de especies, hasta el momento no se tienen estudios realizados en cuanto a diversidad y uso de hábitat. Por ello el objetivo del presente trabajo fue estimar comparativamente la diversidad, y uso de hábitat de aves insectívoras presentes en esta región particular de Huatusco, Veracruz, México.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas 19° 09' de latitud norte y 96° 57' de longitud oeste a una altitud de 1933 msnm; perteneciente al municipio de Huatusco, Veracruz, México. Para dicho estudio se consideraron tres condiciones a evaluar: Café tradicional (CT); Potrero (PT); y Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en una superficie total de 32.42 ha. En cada condición evaluada se aplicó un muestreo sistemático a conveniencia con distancias lineales de 150m entre cada punto. El seguimiento de aves se realizó mensualmente de agosto (2018) a enero (2019) empleando recuento en puntos con radio fijo y búsqueda intensiva (Ponce *et al.*, 2012; Alonso *et al.*, 2017; Espejo y Morales, 2019). Paralelamente se aplicaron Líneas de Canfield para determinar las variables del hábitat (Bueno *et al.*, 2015). La riqueza de especies se estimó mediante Jackknife1, la diversidad con Shannon-Wiener y similitud con Jaccard (Molina *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2015; Sandoval, 2019); dichos índices se obtuvieron a partir del software Estimates versión 9.0. Para determinar el estatus de conservación nacional e internacional se consultaron las bases de datos del CITES (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora), la IUCN (International Union for the Conservation of Nature) y la NOM-O59-SEMARNAT-2010.

Con el fin de establecer posibles diferencias estadísticamente significativas entre los índices evaluados e inferir si los datos registrados son los que potencialmente se encuentran en el área, se aplicaron análisis de X^2 y Kruskal-Wallis (Galicía *et al.*, 2019); tales análisis se obtuvieron mediante el software estadístico JMP IN versión 8.0. Para visualizar gráficamente la similitud entre la riqueza y abundancia de especies (aves) registrada por cada seguimiento aplicado, se efectuó un análisis de conglomerados (clúster; Figueroa *et al.*, 2019); de igual forma se aplicó un análisis de componentes principales, esto con el objetivo de conocer que variables del hábitat son más utilizados por las aves. Para

ambos análisis se aplicó el software estadístico XLSTAT versión 2018.7. En todos los casos de modelación estadística se aplicó un $\alpha=0.05$ con un intervalo de confianza del 95%.

4.5 RESULTADOS

Se registraron 493 aves; distribuidos en 10 órdenes (Figura 1A); 19 familias (Figura 1B); 42 géneros (Figura 1C) y 52 especies. Del total de especies 18 fueron exclusivas de CT, 13 de PT y 5 de BMM. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2010), se describen cuatro especies bajo protección especial (*Accipiter striatus*; *Columba nigrirostris*; *Psarocolius montezuma*; *Trogon collaris*), una endémica (*Atlapetes albinucha*) y tres amenazadas (*Glyphorhynchus spirurus*; *Pionus senilis*; *Spinus atriceps*). Del total de especies 18 fueron migratorias y 34 residentes. La riqueza (CT, PT, BMM, CT-PT-BMM) describe valores promedio de: 10; 8; 4 y 19 especies. Por su parte los resultados del estimador Jackknife1 muestra medias de 33; 25; 15 y 52, respectivamente. Por lo que hasta ahora con el esfuerzo de muestreo aplicado se conoce el 30%; 31%; 26%; y 36%, de la avifauna teóricamente presente en las condiciones evaluadas (Figura 2).

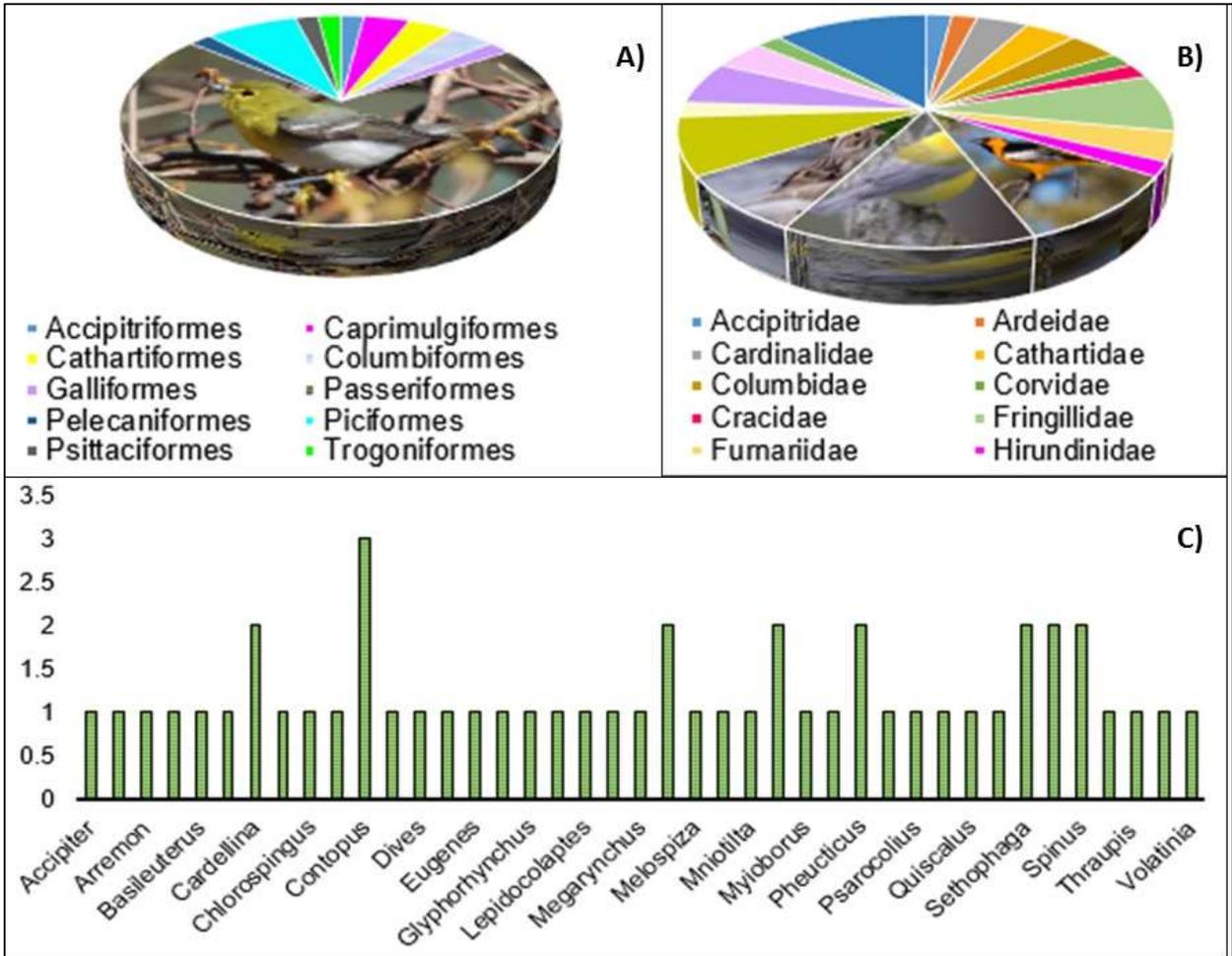


Figura 1. Órdenes, familias y géneros de las especies de aves registradas.

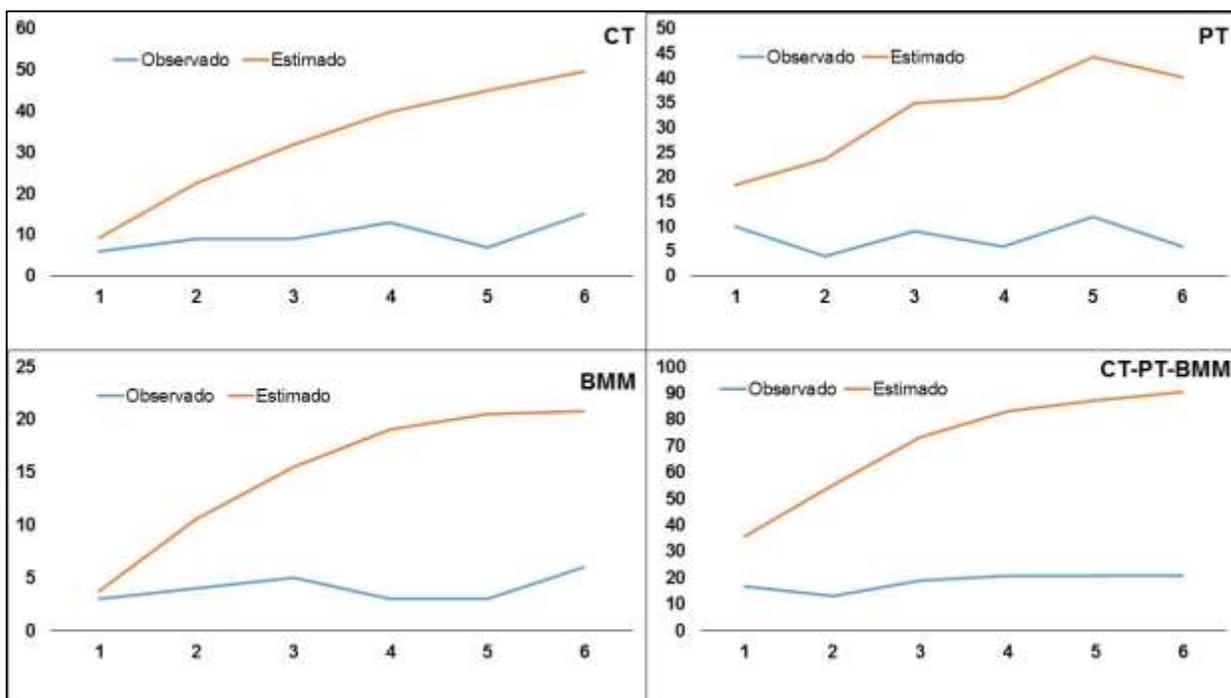


Figura 2. Índice de Jacknife I para la riqueza de especies registrada en las tres condiciones.

Los resultados de Kruskal-Wallis para la riqueza y abundancia no describe diferencias significativas. Por el contrario, la diversidad y las variables en el uso de hábitat muestran diferencias entre condiciones. Se exhibe que para las tres condiciones la riqueza y abundancia presentan patrones similares, no así para la diversidad y las variables que determinan el uso de hábitat (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de Kruskal wallis para la riqueza, abundancia, diversidad y uso de hábitat.

Ji cuadrado	Grados de libertad	Prob > Ji cuadrado
	RIQUEZA CT-PT-BMM	
5.8012	2	0.055
	ABUNDANCIA	
	CT	
6.8668	5	0.2307
	PT	
7.9522	5	0.1589
	BMM	
2.0894	5	0.8366
	CT-PT-BMM	
2.7373	5	0.7404
	DIVERSIDAD CT-PT-BMM	
7.0526	2	0.0294*
	USO DE HÁBITAT	
	CT	
64.1852	4	<0.0001*
	PT	
17.5203	5	0.0036*
	BMM	
14.4583	5	0.0129*
	CT-PT-BMM	
45.4636	4	<0.0001*

χ^2 señala que la riqueza especies registrada no es la que potencialmente se presenta en las condiciones bajo estudio (Figura 3). Por su parte la abundancia y diversidad descrita es la que se distribuye en la zona (Tabla 2).

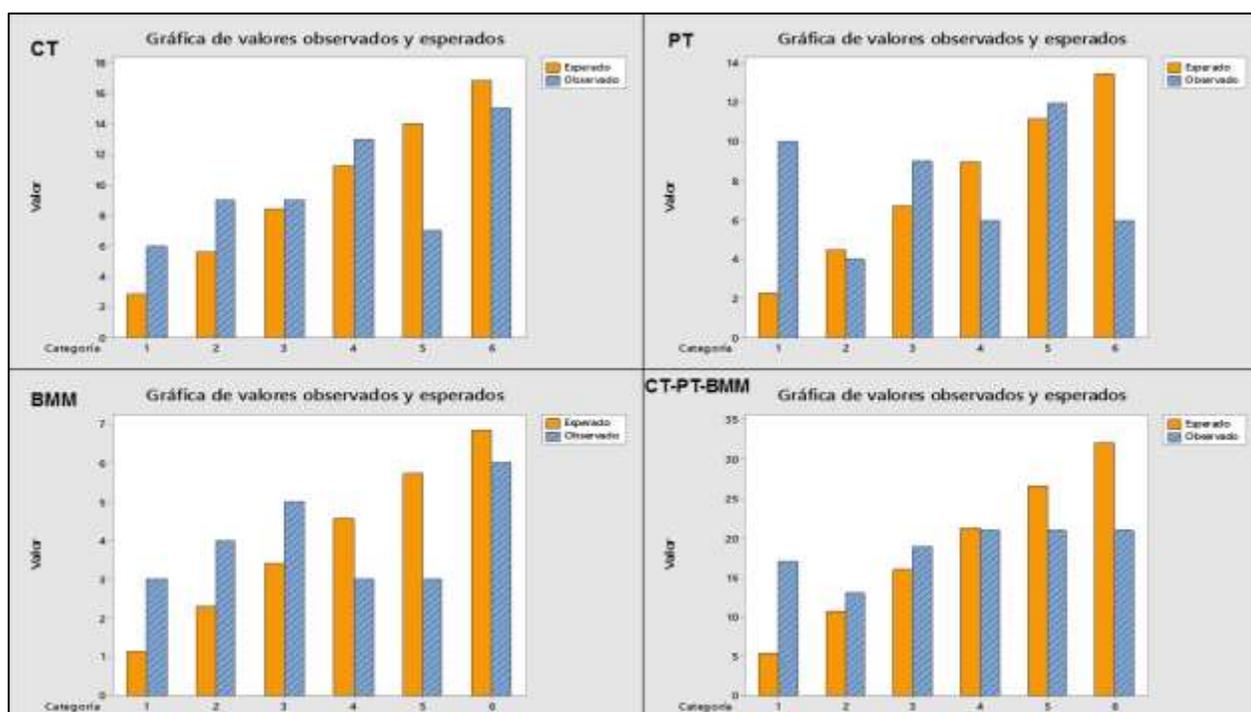


Figura 3. Diferencias significativas de las especies de aves registradas y esperadas por el modelo.

Tabla 2. Resultados de χ^2 para riqueza, abundancia y diversidad de especies registradas.

N	Grados de libertad	Chi-cuadrada	Valor p
RIQUEZA			
CT			
59	5	9.71271	0.084
PT			
47	5	32.8894	0
BMM			
24	5	6.96042	0.224
CT-PT-BMM			
112	5	31.5844	0
ABUNDANCIA			
CT			
4	5	52.932	0.5541
PT			
50	0	49.497	0.4935
BMM			
0	5	20.127	0.7401
CT-PT-BMM			
18	0	56.365	0.6093
DIVERSIDAD			
CT-PT-BMM			
8	4	36	0.3751

Los resultados del índice de abundancia relativa para las condiciones evaluadas (CT; PT; BMM; CT-PT-BMM) sugiere valores promedio de IAR= 0.0294; 0.04; 0.066; 0.0188 respectivamente (Figura 4).

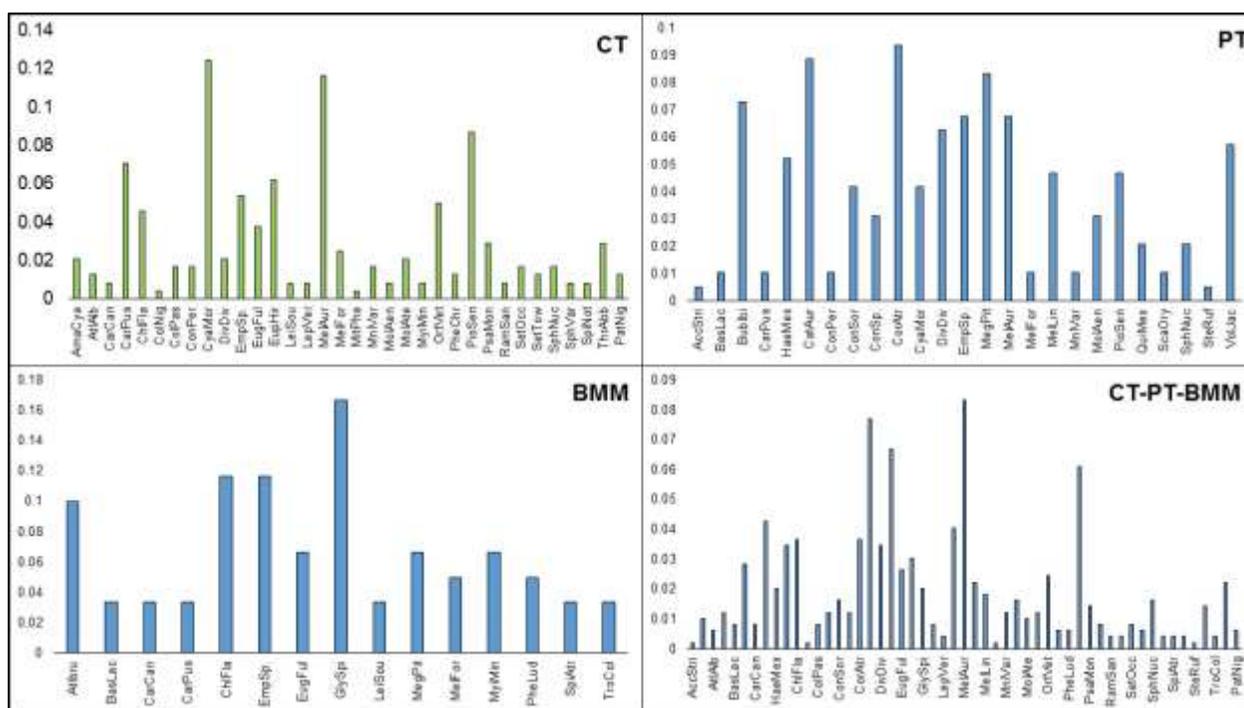


Figura 4. Índice de abundancia relativa de las especies de aves registradas.

Jaccard describe un porcentaje de similitud del: 19%; 16%; 10% y 23% (CT, PT, BMM, CT-PT-BMM), evidenciando que el porcentaje de mayor similitud es para CT (Figura 5).

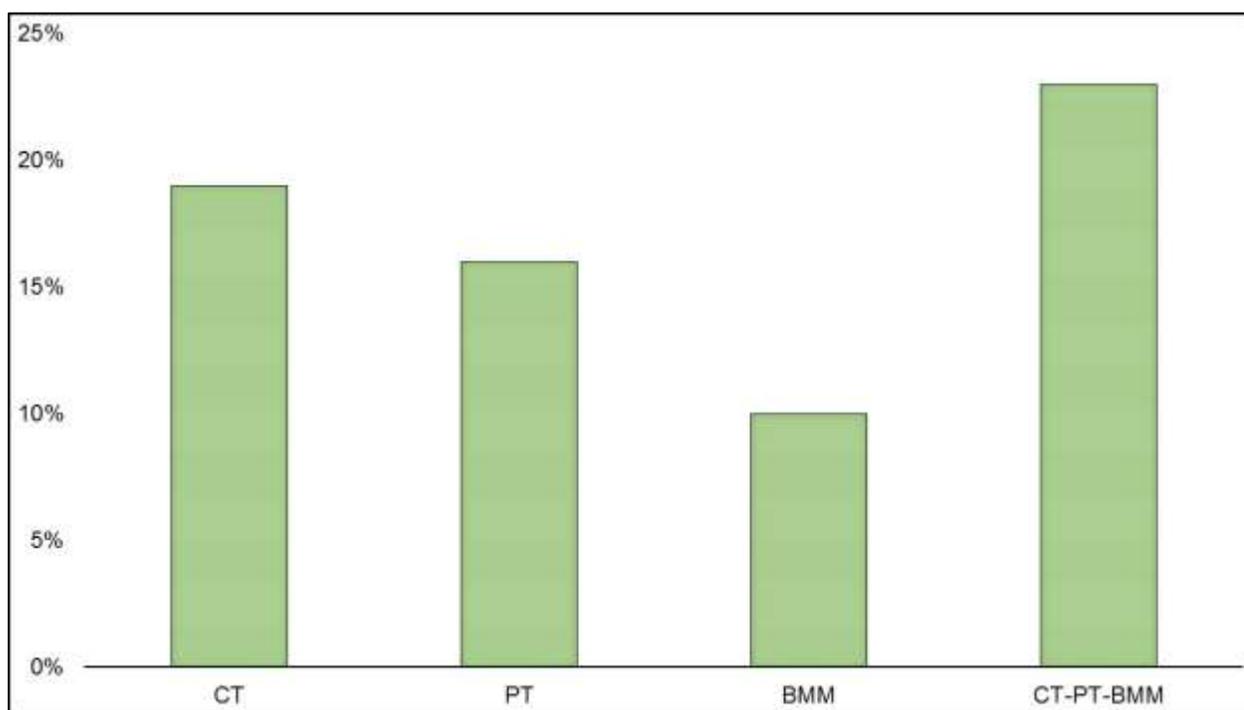


Figura 5. Porcentaje de similitud entre puntos evaluados por cada condición evaluada.

Shannon-Wiener registra valores mínimos y máximos de: $H' = 2.16; 2.06; 1.29; 2.92$ y $H' = 3.3; 3.1; 2.64; 3.79$. Con valores promedio de $H' = 2.91; 2.74; 2.18; 3.68$ (Figura 6).

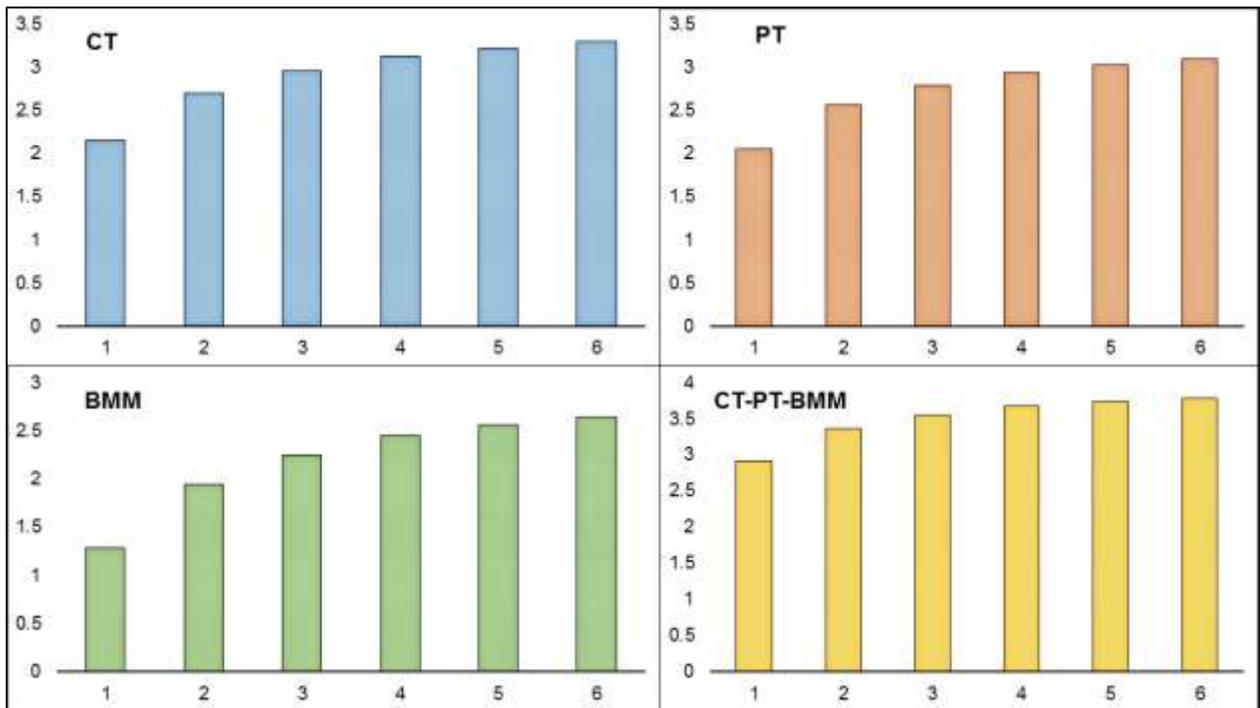


Figura 6. Diversidad de aves presente en las condiciones bajo estudio.

El análisis de conglomerados evidencia la conformación de los siguientes clústeres: Riqueza CT= 5, PT=3, BMM=3 CT-PT-BMM=3; Abundancia CT= 4; PT=4; BMM=3; CT-PT-BMM=3 señalando valores absolutos y porcentuales que muestran de manera gráfica la similitud registrada por cada monitoreo (Figura 7 y 8; Tabla 3 y 4).

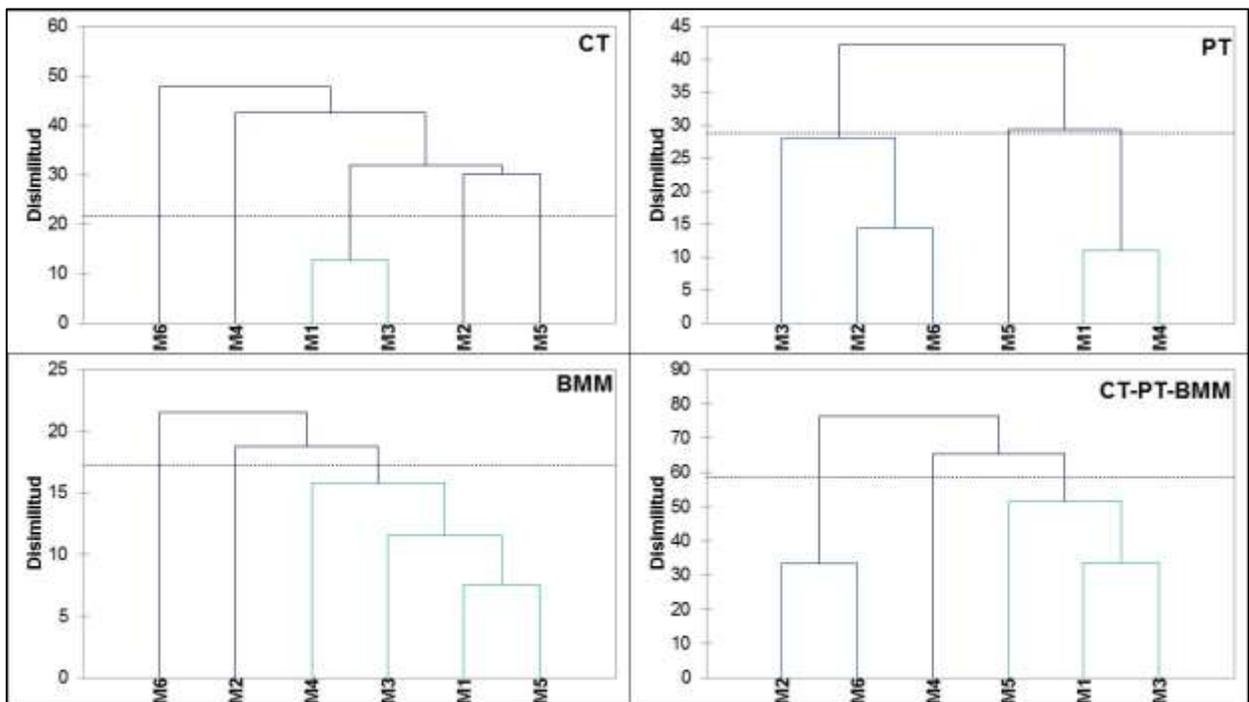


Figura 7. Análisis clúster de la riqueza de especies registrada en el monitoreo de las aves.

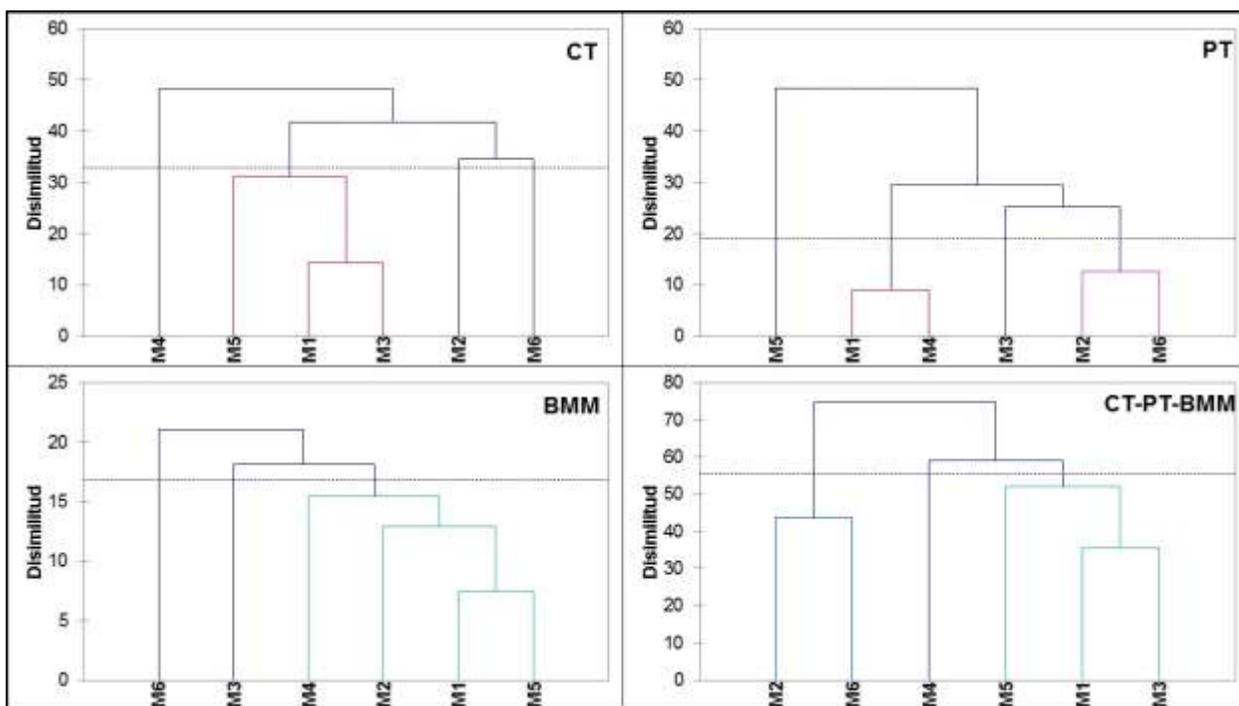


Figura 8. Análisis clúster de la abundancia de especies registrada en los diferentes monitoreos.

Tabla 3. Resultados absolutos y porcentuales de los clústers conformados con la riqueza de especies registrada por cada monitoreo.

	Absoluto	Porcentaje
	CT	
Intracalse	2.5	37.31%
Interclases	4.2	62.69%
	PT	
Intracalse	3.889	68.23%
Interclases	1.811	31.77%
	BMM	
Intracalse	2.667	80%
Interclases	0.667	20%
	CT-PT-BMM	
Intracalse	8.778	74.81%
Interclases	2.956	25.19%

Tabla 4. Resultados absolutos y porcentuales de los clústers conformados con la abundancia de especies registrada por cada monitoreo.

	Absoluto	Porcentaje
	CT	
Intracalse	111	56.66%
Interclases	84.9	43.34%
	PT	
Intracalse	104.5	70.86%

Interclases	42.967	29.14
	BMM	
Intraclase	20.583	80.4
Interclases	5.017	19.6
	CT-PT-BMM	
Intraclase	259.611	73.54%
Interclases	93.422	26.46%

El ACP explica una proporción de varianza acumulada en sus tres primeros ejes (componentes) de: CT 62.96% (Tabla 5); PT 52.65% (Tabla 6); BMM 71.17% (Tabla 7); CT-PT-BMM 58.50% (Tabla 8). En tales tablas se explica la variabilidad presente entre las variables que conforman y determinan el uso de hábitat de las aves registradas (Figura 9).

Tabla 5. Componentes principales del hábitat utilizado por las aves en CT.

Componentes	Comp.1	Comp.2	Comp.3
	CT		
Aéreo	0.2025852	0.3632354	0.4198839
Alimentación	0.1805765	-0.497467	0.0871539
Alto más de 10m	0.2573392	0.1816198	-0.467449
Arbórea	0.4867498	-0.100438	-0.23225
Arbustiva	-0.011094	-0.343509	0.2021559
Bajo de 0 70cm	-0.071597	-0.316176	0.1198227
Canto	0.2228578	0.0623449	0.2094235
Cortejo	0.402363	0.1504097	0.2042074
Herbácea	-0.114158	0.0240014	0.1255248
Medio de 1 a 5m	0.3959572	-0.351361	0.1405934
Percha	0.3294542	-0.207835	0.0492395
Vocalización	0.2949525	0.1840411	-0.434303
Vuelo	0.2025852	0.3632354	0.4198839
	Importancia de los componentes		
Desviación estándar	1.8312809	1.6174463	1.4883942
Proporción de variación	0.2579684	0.201241	0.170409
Proporción acumulativa	0.2579684	0.4592094	0.6296184

Tabla 6. Componentes principales del hábitat utilizado por las aves en PT.

Componentes	Comp.1	Comp.2	Comp.3
	PT		
Aéreo	0.25757149	0.21781073	0.24350218
Alimentación	0.28880644	-0.19802319	-0.26044475
Alto más de 10m	-0.41988326	-0.22301723	0.33183482

Arbórea	-0.39276498	-0.34034038	-0.14140431
Arbustiva	-0.1693051	0.03308409	-0.41056978
Bajo de 0 a 70cm	0.36043734	-0.45259829	-0.16061739
Canto	0.08096583	-0.29143396	-0.16398764
Herbácea	0.40447474	-0.42333252	0.19250273
Medio de 1 a 5m	-0.08043145	-0.12654609	-0.64495432 -
Percha	-0.41292097	-0.20072354	0.10873374
Reproducción	0.05695611	0.12118049	-0.11564849
Vocalización	-0.0879538	-0.16014463	-0.09461675
Vuelo	0.0547183	0.42550937	0.18529691
Importancia de los componentes			
Desviación estándar	1.7694965	1.4041232	1.3202647
Proporción de variación	0.2408552	0.1516586	0.1340845
Proporción acumulativa	0.2408552	0.3925138	0.5265984

Tabla 7. Componentes principales del hábitat utilizado por las aves en BMM.

Componentes	Comp.1	Comp.2	Comp.3
BMM			
Aéreo	0.41596403	0.06475509	0.08713177
Alimentación	0.38982226	-0.18486686	0.09047774
Alto más de 10m	-0.23911049	0.09809252	0.33869796
Arbórea	-0.17969715	-0.19122038	0.47471634
Arbustiva	0.13919417	-0.4373899	0.04971309
Bajo de 0 a 70cm	-0.15392086	0.19003035	-0.17687889
Canto	-0.07805049	0.16325543	-0.5689334
Herbácea	0.27163259	0.43972068	-0.14849173
Medio de 1 a 5m	0.39312058	-0.10748413	0.09544728
Nidación	0.28974991	0.41640413	0.11186012
Percha	-0.02817845	0.40386192	0.45671767
Vocalización	0.22424532	-0.34025384	-0.16386435
Vuelo	0.41596403	0.06475509	0.08713177
Importancia de los componentes			
Desviación estándar	2.1854602	1.6133212	1.368893
Proporción de variación	0.3674028	0.2002158	0.1441437
Proporción acumulativa	0.3674028	0.5676186	0.71117623

Tabla 8. Componentes principales del hábitat utilizado por las aves en CT-PT-BMM.

Componentes	Comp.1	Comp.2	Comp.3
CT-PT-BMM			
Aéreo	0.26136627	0.38569753	0.02739992
Alimentación	0.42838838	0.05083694	0.10658435
Alto más de 10m	0.06608997	-0.41020549	-0.15378055
Arborea	0.35322347	-0.41566535	-0.19914384
Arbustiva	0.28143101	0.16396383	0.28667508
Bajo de 0 a 70cm	-0.02337583	0.16147346	-0.54922194
Canto	0.09623273	-0.06679173	-0.22068731
Cortejo	0.29675386	0.25476906	-0.310201
Herbácea	-0.03101003	0.31522746	-0.56298243
Medio de 1 a 5m	0.49890891	-0.08094883	0.04419601
Percha	0.26175875	-0.22944459	0.0113403
Vocalización	0.16104077	-0.33871316	-0.23951763
Vuelo	0.31247308	0.33464619	0.13938294
Importancia de los componentes			
Desviación estándar	1.7547156	1.6839353	1.3005421
Proporción de variación	0.2368482	0.218126	0.1301084
Proporción acumulativa	0.2368482	0.4549742	0.5850827

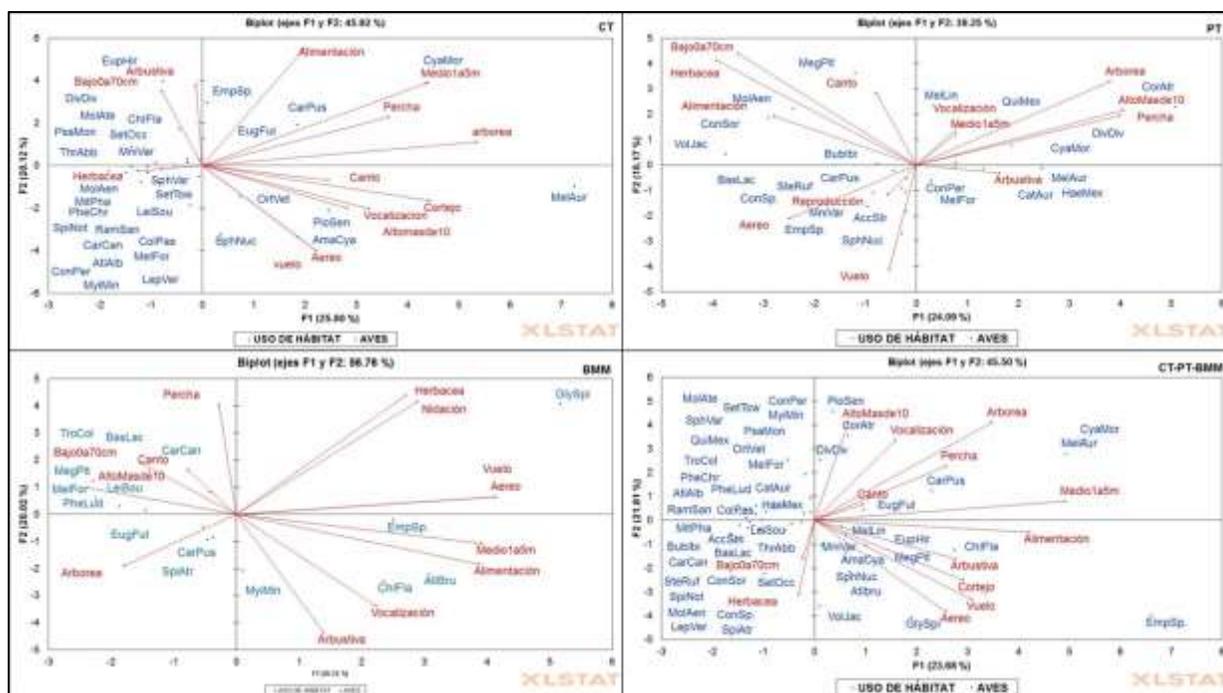


Figura 9. Análisis gráfico de componentes que determinan el uso del hábitat de las aves.

4.6 DISCUSIÓN

Las tendencias registradas en la riqueza y diversidad concuerdan con lo reportado por Santos *et al.* (2013) quienes evaluaron dichos atributos de una comunidad avifaunística en cultivos agrícolas (similares a los sistemas agroforestales) de la Sierra Madre de Oaxaca. En dicho estudio describen 52 especies y un $H' = 3.54$. Con el mismo enfoque Enríquez *et al.* (2006) determinaron tales parámetros en un agropaisaje, enlistando 113 especies; señalan que el uso de suelo y su heterogeneidad determinan el valor de estas medidas, declaran que los sistemas agroforestales (particularmente silvopastoriles) podrían coadyuvar a la conservación de este y otros grupos taxonómicos de interés. Sin embargo, a pesar de que los estudios mencionados exhiben un mayor número de especies en relación a los reportados en la presente, algunas de éstas últimas se encuentran en alguna categoría de riesgo, incluso otras son endémicas; esto se puede atribuir a su cercanía con un bosque mesófilo semiconservado, el cual parece estar funcionando como efecto de borde y/o corredor biológico en la dinámica poblacional y uso de hábitat para la obtención de diversos nichos ecológicos p. ej. alimento, refugio, zonas de descanso, entre otros; tal como lo señalan las teorías islas y de metapoblaciones (MacArthur y Wilson, 1967; Hanski, 1999; Badii y Abreu, 2006). Dichas teorías sugieren que la pérdida y fragmentación del hábitat producto de diversos eventos intrínsecos y extrínsecos al sistema podrían originar metapoblaciones faunísticas aisladas en los remanentes de vegetación natural, mismas que tendrían pocas probabilidades de viabilidad en el mediano y largo plazo; lo cual podría sugerir que el establecimiento de sistemas agroforestales como los evaluados en la presente podrían favorecer condiciones para establecer una conexión entre dichos remanentes (parches) para el flujo de germoplasma entre metapoblaciones, actuando como corredores biológicos locales, incluso permitiendo la coexistencia simpátrica de algunas especies de aves en la utilización de nichos específicos. De igual manera Alonso *et al.* (2004) evaluaron la avifauna asociada a un sistema silvopastoril (leucaena-guinea) con diferentes edades de establecimiento. Sus resultados demuestran que los sitios con mayor periodo albergan mayor riqueza de aves mostrando una interacción directa entre el periodo climático y la evolución del sistema, lo cual promueve el establecimiento de una mayor diversidad de estratos y sustratos en la vegetación favoreciendo el arribo de algunas especies de aves (migratorias y residentes de invierno). Esto coincide con lo registrado en la presente investigación, en la cual las tendencias de riqueza de especies fueron más positivas en el sistema agroforestal con mayor tiempo de establecimiento incluyendo algunas especies migratorias. Por su parte, Botero y De la Ossa (2011) registraron 39 especies de aves en un sistema agrosilvopastoril, evidenciando que éstos podrían coadyuvar en la conservación de especies especialistas y generalistas en la utilización de hábitats conservados y perturbados, respectivamente; disminuyendo la presión ecológica sobre los recursos, particularmente limitantes. De igual forma Sáenz *et al.* (2006) y Ramírez (2009) determinaron la diversidad de aves en agropaisajes y en hábitats naturales-modificados, respectivamente, en los que ponen de manifiesto la relevancia de éstos, específicamente para algunas especies de aves que hacen uso de diversos sistemas agroforestales, incluso como efecto de borde en los que pueden proveerse de recursos que permitan su coexistencia, p.ej. en pasturas con árboles dispersos y cercos vivos; tal y como lo sugieren las tendencias en la presente investigación, en la cual se registraron especies avifaunísticas que sólo se encontraban en BMM y a orillas del PT, esto asociado a la presión ecológica ejercida por aves generalistas que dominan áreas abiertas, lo cual concuerda con lo mencionado por Naoki *et al.* (2017) quienes señalan que en sistemas agroforestales y cultivos convencionales la riqueza y abundancia de aves está determinada por la estructura de la vegetación y la diversidad arbórea presente, las cuales les proporciona hábitats y nichos específicos que coadyuvan en su conservación; tal como lo sugieren Wilcox y Murphy (1985) en el dilema SLOSS en el que recalcan la importancia de evaluar remanentes de vegetación pequeños-grandes en donde se pudiera albergar la fauna silvestre, los cuales se ven determinados por la distancia ecológica entre áreas fragmentadas y la disponibilidad de recursos. Así la presente investigación puntualiza la importancia de los sistemas agroforestales-BMM estudiados en la conservación de los ensamblajes de aves a escala local, resaltando que tales sistemas de producción parecen actuar ecológicamente como nichos de oportunidad (ámbito hogareño) que utilizan algunas aves para alimentarse y volver a su nicho ecológico (BMM).

Por otra parte, Sánchez *et al.* (2011), Ordóñez (2016), Alonso *et al.* (2018) y Figueroa *et al.* (2019) evaluaron el uso de hábitat por aves en diferentes sistemas agroforestales considerando los planos vertical y horizontal, evidenciaron que el mayor uso fue para construcción de nidos, búsqueda de alimento y desplazamiento; siendo los estratos más empleados el bajo y medio. Lo cual concuerda con lo registrado en la presente; sin embargo, el estrato superior parece albergar especies en categoría de riesgo, aunado a ello los sistemas agroforestales analizados parecen funcionar como un efecto de borde para la avifauna local, coadyuvando en su conservación; tal como lo sugieren Gabbe *et al.* (2002), Salinas *et al.* (2007) y Velásquez *et al.* (2012) quienes mencionan que debido a ello, éstos funcionan además como corredores biológicos ofreciendo diversos sustratos para la percha, alimentación, refugio y nidación de dicho grupo taxonómico, tal como ocurrió en el presente estudio, en el que se logró registrar especies de aves haciendo uso del

sistema silvopastoril debido a los recursos que éste les provee, lo que influye en la selección del hábitat y dispersión de organismos; particularmente en zonas perturbadas lo cual es soportado por Connell (1978) en su hipótesis del disturbio intermedio en la que postula que sitios con mediano grado de perturbación favorecen el incremento en la riqueza y diversidad, particularmente de especies generalistas; Gutiérrez (2002), Roxburgh y Wilson (2004) señalan que esto se encuentra determinado por diversos factores como la dispersión, recolonización y competencia. Por su parte Camacho (2013) determino el uso de hábitat de dos especies de aves insectívoras, señalando que estas utilizaron el dosel para alimentarse y reproducirse; mientras que el cortejo lo realizan en zonas abiertas. Esto coincide con los registros de la presente, en la cual se pudieron encontrar especies especialistas y generalistas en la utilización de bosques maduros y perturbados, respectivamente, por lo que las condiciones agroforestales analizadas parecen ser relevantes para unas y otras, coadyuvando en su mantenimiento y conservación. La relevancia del dosel es soportada por Sáenz *et al.* (2006) y Fernández (2014) quienes mencionan que esta regula, para algunas especies, su dinámica-estructura poblacional. Aunado a ello, Sommer *et al.* (2018) reportan que especies flexibles sujetas a cierto disturbio, suelen retornar a hábitats fotosintéticamente activos, dominados por árboles jóvenes tal y como se presenta en los sistemas agroforestales del presente estudio.

4.7 CONCLUSIONES

Se estimaron las tendencias en la diversidad y uso de hábitat por aves insectívoras en las tres condiciones evaluadas. Se evidencia una coexistencia simpátrica en la utilización de nichos ecológicos específicos en algunas especies registradas en las condiciones bajo estudio. Se destaca la importancia que representan los sistemas agroforestales coadyuvando en la conservación de este grupo taxonómico en esta región particular de México.

4.8 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible; al Centro Regional Universitario (CRUO) por permitirnos desarrollar este proyecto en sus campos experimentales.

4.9 REFERENCIAS

- Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., López, C.D., Levy, M. A., Redo, D., ... Muñiz, M. 2013. Deforestation and Reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica*. 45: 262–271. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x>
- Alonso, T.Y., Hernández, M. F. R., Barrero, M.H. 2018. Diversidad de aves residentes y permanentes asociadas a un pinar natural de *Pinus tropicalis* y su relación con la estructura vertical de la vegetación. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 6: 31-44.
- Alonso, J., Torres, O., Ruíz, T., Febles, G., Cárdenas, G., Achan, G. 2004. Estudio de la avifauna asociada a un sistema silvopastoril leucaena-guinea con diferentes edades de establecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 38: 203-210.
- Badii, M. H. y Abreu, J. L. 2006. Metapoblación, conservación de recursos y sustentabilidad. *International Journal of Good Conscience*. 1: 37-51.
- Beever, E.A., Swihart, R.K. y Bestelmeyer, B.T. 2006. Linking the concept of scale to studies of biological diversity: evolving approaches and tolos. *Divers. Distri.* 12: 229-235.
- Botero, L. y De la Ossa, J. 2011. Fauna silvestre asociada a ganado vacuno doble propósito en sistema de silvopastoreo, Pinto, Magdalena, Colombia. *Revista MVZ Cordoba*. 16: 2733-2741.
- Bueno, H.P., Sánchez, C.I., Velásquez, V.M.A., Esquivel, A.G., Palomo, R.M. 2015. Caracterización de la vegetación de una microcuenca ubicada en la parte media de la RH36. *Agrofaz*. 15: 143-149.
- Camacho, G.N.A. (2013). Uso del hábitat y pautas conductuales de *Pyrocephalus rubinus* y *Tyrannus vociferans* en el Parque Ecológico Xochimilco. *Universidad Autónoma Metropolitana*, Tesis de maestría.
- Cárdenas, G., Harvey, C.A., Ibrahim, M., Finegan, B. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforesteria en las Americas*. 10: 78-85.
- Cerezo, A., Robbins, C.S., Dowell, B. 2009. Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical*. 57: 401–419. <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i1-2.11355>

- Chazdon, R.L. 2008. Beyond deforestation: restoring forest and ecosystems services on degraded land. *Science* 20: 1458-1460.
- Chazdon, R.L., Harvey, C.O., Komar, M., van Breugel, B.G., Ferguson, D.M., Griffith, M., Martínez, R.H., Morales, R., Nigh, L., Soto, P.S., Philpot, M. 2008. Beyond reserves: A research agenda for conserving biodiversity in tropical human-modified landscapes. *Biotropical*. 41: 142-153.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*. 199: 1302–1310.
- Da Ponte, E; Mack, B., Wohlfart, C., Rodas, O., Fleckenstein, M., Oppelt, N., Dech, S., Kuenzer, C. 2017. Assessing forest cover dynamics and forest perception in the Atlantic Forest of Paraguay, combining remote sensing and household level data. *Forests*. 8: 1-21.
- Enríquez, L.M.L., Sáenz, J.C., Ibrahim, M. 2006. Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje dominado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 45: 49-57.
- Espejo, N. y Morales, N. 2019. Variación de la diversidad taxonómica y funcional de la fauna en un bosque seco tropical (bs-T) en diferentes estados de sucesión en el sur del Valle del Magdalena, Huila, Colombia . *Caldasia*. 4: 108-123. <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v4In1.71272>
- Fernández, W.C.E. 2014. Descripción de la comunidad de aves en términos de sus actividades y su distribución vertical en las rocas de Suesca, Cundinamarca . *Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ciencias* , Tesis de grado.
- Figueroa, S.B., Pimentel, L. J., Ugalde, L.S., Figueroa, R.O. L., Figueroa, R.K.A., Tarango, A.L.A. 2019. Aves en sistemas agrícolas con labranza de conservación en el centro-norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 22: 31-42.
- Gabbe, A.P., Robinson, S., Brawn, J.D. 2002. Tree-Species Preferences of Foraging Insectivorous Birds: Implications for Floodplain Forest Restoration. *Conservation Biology*. 16: 462-470.
- Galicia, G.M.T., Romero, B.E.I., Mera, O. G., López, V.J. 2019. Efecto del hábitat sobre la avifauna del sistema lagunar costero La Joya-Buenavista, Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6: 317-331. DOI: 10.19136/era.a6n17.1913
- García, M.L.E., Valdez, H.J.I., Luna, C.M., López, M.R. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques*. 21: 69–82. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n3/v21n3a5.pdf>
- Gutiérrez, D. 2002. Metapoblaciones: un pilar básico en biología de conservación. *Ecosistemas*. 3: 1-2.
- Hanski, I. 1999. *Metapopulation Ecology*. Oxford Series in ecology and Evolution. Oxford University Press. Gran Bretaña. 313 pp.
- Ibarra, F. de M.M. y Cruzado, C.E. 2017. Avistamiento de aves en el Campus de la Universidad Ricardo Palma, Lima, Peru. *Biotempo*. 14: 89–99.
- Leveau, L.M. y Leveau, C.M. 2002. Uso de hábitat por aves rapaces en un agroecosistema pampeano. *Hornero*. 17: 009-015.
- MacArthur, R.H. y Wilson, E.O. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- Molina, D., Torres, G.J. y Avelarde, G.M. 2012. Riqueza de aves del Área Natural Protegida Estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. *Huitzil*. 13: 22-38.
- Navarro, S.A.G., Rebón, G.M.F., Gordillo, M.A., Peterson, A. T., Berlanga, G.H., Sánchez, G.L.A. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 476–495. <https://doi.org/10.7550/rmb.41882>
- Naoki, K., Gómez, M.I., Schneider, M. 2017. Selección de diferentes sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao*, Malvaceae) por aves en Alto Beni, Bolivia - una prueba de cafetería en el campo. *Ecología en Bolivia*. 52: 100-115.
- Ordóñez, D.L. 2016. Aves asociadas a sistemas agroforestales de café en la cuenca del Mayo-Chinchipe, sur este de Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ornitología*. 1: 1-38.

- Pérez, B.S.H., Hernández, M.F.R., Pérez, H.A., Cué, R.M. 2015. Diversidad y abundancia de ensamblajes de aves asociadas a bosques semidecíduos y pino encino del parque nacional viñales. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 3: 1-23.
- Pérez, A.M., Sotelo, M., Ramírez, F., Ramírez, I., López, A., Siria, I. 2005. Composición y diversidad de las comunidades de aves, moluscos y plantas asociadas con sistemas silvopastoriles de Matiguás y Río Blanco, Dpto. de Matagalpa, Nicaragua. *Encuentro*. 71: 136–165.
- Perfecto, I. y Vandermeer, J. 2008. Biodiversity Conservation in Tropical Agroecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1134: 173-200. Doi: 10.1196/annals.1439.011
- Ponce, C. L.P., Aguilar, V. B.C., Rodríguez, T.D.A., López, P.E., Santillán, P.J. 2012. Influencia del fuego sobre la riqueza y diversidad de aves en un bosque templado en Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3: 65-76.
- Ramírez, A.J. 2009. Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*. 58: 511-528.
- Ramos, R.R., Sánchez, H.R., Gama, C.L.M. 2016. Análisis de cambios de uso del suelo en el municipio costero de Comalcalco, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3: 151–160.
- Roxburgh, S.H., Shea, K., Wilson, B. 2004. The intermediate disturbance hypothesis: patch dynamics and mechanisms of species coexistence. *Ecology*. 85: 359-371.
- Sáenz, J.C., Villatoro, F., Ibrahim, M., Fajardo, D., Pérez, M. 2006. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Americas*. 45: 37-48.
- Sánchez, D., Vilchez, S.J., DeClerck, E. 2011. Complementariedad de la vegetación como provisión de recursos para la comunidad de aves en el agropaisaje de Copán Ruinas, Honduras. *Agroforestería en las Americas*. 48: 130-136.
- Salinas, L., Arana C., Pulido, V. 2007. Diversidad, abundancia y conservación de aves en un agroecosistema del desierto de Ica, Perú. *Revista Peruana de Biología*. 13: 155-167.
- Sandoval, L. 2019. Variación mensual y anual de la riqueza y abundancia de aves en un mosaico agrícola periurbano tropical. *Biología Tropical*. 67: 298-314.
- Santos, B.A.R., Hernández, R.A.L., Lavariega, M.C., Gómez, U.R.M. 2013. Diversidad de aves en cultivares de Santa María Yahuique, Sierra Madre de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 6: 1241-1250.
- Sommer, N., Moody, N. M., Lantz, S. M., Leu, M., Karubian, J., Swaddle, J. P. 2018. Red-backed fairywrens adjust habitat use in response to dry season fires. *Austral Ecology*. 43: 876-889.
- Tenza, P.A., García, B.L., Giménez, C.A. 2011. Agricultura y conservación en latinoamerica en el siglo XXI: ¿Festejamos la “transición forestal” o construimos activamente “la matriz de la naturaleza”? *Interciencia*. 36: 500–507.
- Toledo, V. M. y Moguel, P. 2012. Coffee and Sustainability: The Multiple Values of Traditional Shaded Coffee. *Journal of Sustainable Agriculture*. 36: 353–377. <https://doi.org/10.1080/10440046.2011.583719>
- Velásquez, V.A., Ricaurte, L.F., Lara, F., Cruz, E.J., Tenorio, G.A., Correa, M. 2012. Lista anotada de las aves de los humedales de la parte alta del Departamento de Caquetá. *Manejo de fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica*. 1: 320-329.
- Vilchez, S.J., Harvey, C., Sánchez, D., Medina, A., Hernández, B. 2017. Diversidad de aves en un paisaje fragmentado de bosque seco en Rivas, Nicaragua. *Encuentro*. 1: 60–75.
- Wilcox, B.A. y Murphy, D.D. 1985. Conservation Strategy: The effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist*. 125: 879-887.
- Zurita, G. y Bellocq, I. 2007. Pérdida y Fragmentación De La Selva Paranaense: Efectos Sobre Las Aves Rapaces Diurnas. *Hornero*. 22: 141–147. Retrieved from <http://www.scielo.org.ar/pdf/hornero/v22n2/v22n2a06.pdf>

7. COMPORTAMIENTO TRÓFICO DE AVES INSECTÍVORAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES INMERSOS EN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

Highlights

- Coexistence and trophic segregation
- Optimum foraging theory
- Hunting techniques and trophic guilds

5.1 RESUMEN

Para conocer las técnicas de cacería que emplean las aves en la captura de sus presas. De agosto (2018) a enero (2019) se aplicó el seguimiento de aves, utilizando muestreo sistemático; Recuento en puntos con radio fijo y Búsqueda Intensiva. Se determinó Frecuencia de Observación (FO) e Índice de Abundancia Relativa (IAR). Para determinar asociación entre aves y técnicas de cacería se aplicó Análisis de regresión *Poisson* (ARP). Para conocer técnicas de cacería de mayor importancia, se aplicó análisis componentes principales (ACP). Para determinar diferencias entre las técnicas de cacería e inferir si lo registrado es lo presente, se aplicó Kruskal-wallis y X^2 . FO señala que las técnicas de cacería más frecuentes son: coleccionar (63.70%), inspeccionar (15.32%) e impulsar (8.06%). El IAR sugiere valores promedio de 0.24; 0.25; 0.333; 0.142. El ARP sugiere modelos mejor ajustados con un AIC = 49.506. El ACP explica una inercia del 90.8%; 97.1%; 100% y 100%. Kruskal-wallis evidencia diferencias en CT y CT-PT-BMM. La X^2 evidencia que lo registrado es lo esperado. Se evidencia una

coexistencia simpátrica en las especies de aves registradas pues no existe competencia por el recurso ni la técnica de cacería empleada para la captura de sus presas.

Palabras clave: avifauna, forrajeo, cacería, simpatria, Kruskal-wallis

5.2 ABSTRACT

To know the hunting techniques that birds use in capturing their prey. From August (2018) to January (2019) the bird monitoring was applied, using systematic sampling; Count in points with fixed radius and Intensive Search. Observation Frequency (FO) and Relative Abundance Index (IAR) was determined. To determine association between birds and hunting techniques, Poisson regression analysis (ARP) was applied. To learn more important hunting techniques, principal component analysis (ACP) was applied. To determine differences between hunting techniques and infer if what is recorded is present, Kruskal-wallis and X2 were applied. FO notes that the most frequent hunting techniques are: collect (63.70%), inspect (15.32%) and boost (8.06%). The IAR suggests average values of 0.24; 0.25; 0.333; 0.142. The ARP suggests better adjusted models with AIC = 49.506; NA; NA; NA. The ACP explains an inertia of 90.8%; 97.1%; 100% and 100%. Kruskal-wallis shows differences in CT and CT-PT-BMM. The X2 evidence that what is recorded is expected. There is evidence of sympatric coexistence in registered bird species as there is no competition for the resource or the hunting technique used to capture their prey.

Keywords: birdlife, foraging, hunting, sympatry, Kruskal-wallis

5.3 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial debido a una serie de acciones antrópicas, producto del desarrollo poblacional y búsqueda por garantizar la seguridad alimentaria, se han tomado acciones poco favorables con el medio ambiente (BirdLife Internacional, 2008; Solomou & Sfougaris, 2015). Entre tales actos se han aplicado productos químicos que provocan la extinción de varios organismos (Donald, Sanderson, Burfield, & Van Bommel, 2006). Una respuesta negativa a la intensificación agrícola es la disminución en las poblaciones de aves insectívoras, que paralelamente incrementa la incidencia de plagas en los campos agrícolas (Miñarro, 2014).

En México debido a la introducción de especies exóticas, expansión de los monocultivos, uso de pesticidas y mecanización del sistema agrícola, se ha ocasionado la extinción de diferentes especies de aves alterando los ciclos biológicos del medio ambiente (Mballa, Carranza-Álvarez, & Maldonado-Miranda, 2011). Bajo tal inconveniente se han retomado acciones de producción ancestral amigables con el medio ambiente (sistema agroforestal tradicional). Estas estructuras integran en su composición estratos verticales y horizontales en los cuales se pudiera albergar un número considerable aves que podrían funcionar como control biológico (particularmente de plagas agrícolas; Gámez-Virúés et al., 2007; Whelan, Wenny & Marquis, 2008) favoreciendo la conservación de especies y otorgando un equilibrio entre la producción agrícola y conservación de la biodiversidad (Ashworth, Quesada, Casas, Aguilar, & Oyama, 2009).

Cabe destacar que, tanto en sistemas de producción agrícola como en áreas naturales, el estrato bajo se caracteriza por la presencia de aves insectívoras. La riqueza y diversidad de estas especies se ve determinada por ciertas fluctuaciones que determinan

el recurso alimenticio (Sekercioglu et al., 2002); presentando una distribución espacial basada en la heterogeneidad estructural del entorno; dicho factor está ligado a la disponibilidad de insectos y por tanto a la distribución espacio temporal de las aves (Manhães & Días, 2011).

Es destacable mencionar que las aves insectívoras dado su espectro trófico, con el fin de garantizar su supervivencia utilizan diferentes técnicas de cacería que pueden ir desde la cacería en vuelo hasta excavación de madera, todo ello basado en gremios tróficos y competencia por el recurso (Pineda-Pérez, Ugalde-Lezama, Tarango-Arámbula, Lozano-Osornio, & Cruz-Miranda, 2014; Pyke, Pulliam, & Charnov, 1977).

La técnica que algunas aves utilizan para garantizar su proporción energética en un corto tiempo se describe como alimentación óptima (Cabrera, Durán & Nieto, 2006; De Mendonca-Lima, Hartz, & Kindel, 2004). Así la teoría del forrajeo óptimo señala que las aves emplean técnicas que demandan un mínimo gasto energético y les recompensa con un mayor aporte nutricional (González & Osbahr, 2013). Del mismo modo esta teoría señala que tal comportamiento ha sido determinado por acciones de selección natural y está constituido por coacciones y eventos que determinan la supervivencia y éxito reproductivo (Pineda-Pérez et al., 2014).

Un sistema agroforestal de café tradicional se ubica en el municipio de Huatusco, Veracruz, México. Dicho sistema se encuentra estructurado en un arreglo espacial multiestrato el cual podría albergar un número considerable de aves, que podrían contribuir como reguladores biológicos de este sistema. Sin embargo, hasta el momento no se tienen registros en donde se haya evaluado esta importante temática, menos aún en donde se considere el comportamiento trófico que emplean las aves para adquirir sus presas y garantizar su supervivencia. Por tal motivo el objetivo del presente trabajo fue,

determinar las técnicas de cacería empleadas por aves durante su alimentación en sistemas agroforestales de café en la región de Huatusco, Veracruz, México.

5.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas 19° 09' de latitud norte y 96° 57' de longitud oeste a una altitud de 1933 msnm; perteneciente al municipio de Huatusco, Veracruz, México. Para dicho estudio se consideraron tres condiciones a evaluar: Café tradicional (CT); Potrero (PT); y Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en una superficie total de 32.42 ha. En cada condición evaluada se aplicó un muestreo sistemático a conveniencia con distancias lineales de 150m entre cada punto. El seguimiento de aves se realizó mensualmente de agosto (2018) a enero (2019) empleando recuento en puntos con radio fijo y búsqueda intensiva (Alonso, Hernández, & Barrero, 2017; Ponce, Aguilar, Rodríguez, López, & Santillán, 2012; Ramírez-Albores, 2009; Ramírez-Albores, 2013). Esta metodología consistió en que el observador al llegar a cada punto de muestreo, se mantenía quieto por un minuto y luego recorría un radio de 25 m en búsqueda de ejemplares al momento en que estas se encontraban alimentando o intentaban capturar a sus presas (Dreelin, Shipley & Winkler, 2018; Johnson, 2000; Remsen & Robinson, 1990). Dicho esquema se llevó acabo utilizando binoculares de 8 x 42 m con visión de agua marca Bushnell en un horario de 07:00 a 16:00 h, periodo en que las aves presentan mayor actividad forrajera (Chatellenaz, 2008; Gabbe, Robinson & Drawn, 2002; Santos, Hernández, Lavariega, & Gómez-Ugalde, 2013). Se determinó la Frecuencia de Observación (FO) e Índice de Abundancia Relativa (IAR) de las técnicas de cacería registradas. Para determinar la posible asociación entre la abundancia de aves registradas y técnicas de cacería empleadas; se aplicaron análisis de regresión Poisson

(ARP), mediante procedimiento de selección de variables polinómica Stepwise, el ajuste de los modelos se realizó con el criterio del mínimo Akaike en R.13.0 (Akaike, 1969). Con el objetivo de establecer posibles diferencias estadísticamente significativas entre las técnicas de cacería evaluadas e inferir si los datos registrados son los que potencialmente se presentan, se aplicaron análisis de X_2 y Kruskal-wallis, esto en virtud de no cumplirse los supuestos de la estadística paramétrica; tales análisis se obtuvieron mediante el software estadístico JMP IN versión 8.0. Con el fin de conocer las principales técnicas de cacería utilizadas durante el forrajeo de las aves, se aplicó un análisis componentes principales; para dicho análisis se utilizó el software estadístico XLSTAT versión 2018.7.

5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron 124 aves empleando alguna técnica de cacería durante la captura de sus presas (CT=78; PT = 28; BMM = 18); registrando un total de siete técnicas de cacería (Colectar=79, Impulsar=10, Inspeccionar=19, Perforar=5, Bajar=2, Remover=6, Barrer=3). FO señala que la técnica de cacería más empleada para las tres condiciones es colectar (63.70%), seguido de inspeccionar (15.32%) e impulsar (8.06%). El resto de técnicas exhiben valores más bajos (Figura 10).

El índice de abundancia relativa sugiere valores promedio de IAR= 0.24; 0.25; 0.333; 0.142 respectivamente (Figura 11). La regresión *Poisson* sugiere que el modelo mejor ajustado presenta un AIC = 49.506. Dicho GML evidencia que sólo dos, tres, tres y dos técnicas de cacería tienen efecto sobre la abundancia de aves en las condiciones bajo estudio (Cuadro 1). El ACP (Cuadro 2) explica en sus primeros tres ejes una proporción

de la varianza acumulada del 90.8%; 97.1%; 100% y 100% de la variación presente entre las variables que conforman y determinan las técnicas de cacería (Figura 12, 13, 14, 15). Kruskal- Wallis no reporta diferencias en las técnicas de cacería empleadas en PT y BMM ($P > 0.05$) evidenciando que los comportamientos descritos son estadísticamente similares. Por el contrario, CT y CT-PT-BMM señalan diferencias significativas (Cuadro 3). Los resultados de X^2 no describen valores significativos en PT y BMM, reportando que las técnicas registradas son las que potencialmente se presentan en el área. En contraste, CT y CT-PT-BMM describen datos significativos ($P < 0.05$; Cuadro 4).

La tendencia en el comportamiento trófico de las aves concuerda con lo reportado por De la Ossa et al. (2017), Manhães & Dias (2011), Sekercioglu (2002), Torrens et al. (2017) quienes describen diferentes técnicas de cacería que permiten la coexistencia alimenticia, haciendo uso de diferentes recursos entomológicos que capturan las aves de manera gregaria o solitaria. Sin embargo, dichos autores no consideran los CT y su contraste con BMM, mismos que proveen de diversos nichos tróficos (estratos y sustratos vegetales), sobre los cuales la avifauna lleva a cabo algunas estrategias específicas para la obtención de diversas presas entomológicas en esta región particular de México; tal como lo sugieren Benton et al. (2003), Fandiño et al. (2016), Jobin et al. (2001), Seeholzer et al. (2017), Solari & Zaccagnini (2009), Velasco et al. (2017), Velasco (2016) quienes señalan que el arreglo y la estructura de una vegetación heterogénea dispondrá de diversos recursos sobre los cuales, las aves se pueden alimentar de una amplia variedad de insectos (ítems), estableciendo diversas interacciones ecológicas que les permiten su coexistencia, partición o en su caso, segregación trófica; la primera, les permite mitigar la presión ecológica, reduciendo la competencia y segregación. Lo cual pudo

corroborarse en los registros obtenidos en el presente estudio en el cual se observó que algunas aves utilizaban diferentes estratos para su alimentación; específicamente el superior, lo que resalta la importancia de la estructura vegetal predominante en dichos sistemas analizados, en el mantenimiento de especies sujetas a protección especial; mientras que otras de tipo migratorio hacen uso del bajo; por lo que éstos parecen coadyuvar, como hábitat o efecto de borde (EB), en la conservación de la avifauna de Norteamérica y local (Huatusco); tal como lo señalan Anciaes & Marini (2000), Dietsch, perfecto & Greenberg (2007), MacArthur (1958), MacArthur & Levins (1964), Marini & Cavalcanti (1993), Pizo (2004), Sainz-Borgo (2015) y Telleria et. al. (2011), Yabe & Marques (2001) quienes encontraron que ciertas aves prefieren alimentarse en zonas con EB, entre los cuales figuran algunos SAF, mismos que parecen disminuir la presión ecológica sobre especies con nichos alimenticios específicos, beneficiando a generalistas en la utilización de zonas modificadas; tal como lo sugiere la avifauna reportada en el presente estudio, específicamente en CT, transición de BMM y PT.

En este contexto, Camphuysen & Webb (1999), Mahon (1992) y Ostrand (1999) evidencian que las aves conforman gremios alimenticios que funcionan como indicadores catalíticos, específicamente en aquellos sitios con un alto número de presas, atrayendo a otros depredadores simpátricos en el consumo de ítems similares, tal como lo sugieren Guariguata & Kattan (2002), Mills (1998), Root (1967) quienes señalan que dicho comportamiento es explicado por la atracción visual, en el cual la avifauna emplea técnicas prolongadas de cacería, mismas que resultan atractivas a diferentes especies, incrementando las interacciones entre ellas; esto se pudo corroborar en el presente estudio para aves que se alimentaban de manera gregaria en los diferentes estratos vegetales presentes en CT y PT; sin embargo, esto no fue evidente en BMM, debido a

que los recursos disponibles que en él son más escasos y posiblemente se encuentran distribuidos de manera más homogénea sobre su fisionomía vegetal, por lo que su distribución es más dispersa. Por ello, las tendencias en las técnicas de cacería empleadas por las aves durante este estudio coinciden con lo reportado por Adamík & Korňan (2004), Cueto & López de Casanave (2002) y Pineda-Pérez et al. (2014) quienes analizaron la ecología trófica de aves encontrando que éstas emplean en mayor proporción la captura mediante colectar; en contraste, Caicedo-Argüelles & Cruz-Bernate (2014); De Mendonca-Lima, Meneghel, Bernardo-Silva & Baldissera (2016), Gabriel & Pizo (2005), Jacoboski, De Mendonca-Lima & Hartz (2016) y O'Donnell & Dilks (1994) sugieren que algunas especies, no precisamente insectívoras, emplean diversas técnicas de alimentación ya que exhiben una mayor flexibilidad trófica favoreciendo la coexistencia interespecífica ya que no presentan sobrelapamiento de nichos alimentarios; a esto, Forstmeier & Keßler (2001), Revelo, Gallego, Castro & Murillo (2017) comentan que dicho patrón conductual parece estar asociado a la morfología que exhiben las diferentes especies avifaunísticas, mismas que les permiten acceder a distintos ítems durante su alimentación; por ejemplo, Colorado (2004), Chávez et. al. (2012), Montaldo (2005) y Pineda-Pérez et al. (2014) describen que la morfometría del pico y patas son determinantes en la captura de presas, lo cual está ligado a la estructura del hábitat que le provee de recursos alimenticios; tal como lo sugieren nuestras observaciones en las cuales se pudo apreciar como los individuos registrados alimentándose utilizaban dichas estructuras anatómicas para trepar o acceder a sus presas en diversos nichos tróficos en función de las barreras que les representa la fisionomía vegetal, así como el grado de alteración presente en las condiciones bajo estudio; tal como lo postularon Charnov (1976), Gutiérrez (1998), Hernández et al. (2008), Pyke et al. (1977) quienes puntualizan

que ciertas especies han desarrollado la habilidad para capturar presas en distancias cortas con el menor tiempo posible y el mínimo gasto energético; otras por el contrario, requieren de una amplia experiencia forrajera antes de poder capturar; algunas se limitan a esperar a que su presa caiga en sus trampas; dichos comportamientos son resultado de la lucha constante por la sobrevivencia, definida por el hallazgo, consumo, utilización energética, valor nutritivo, mismos que se distribuyen espacio-temporalmente de manera limitada, forzando a las aves a tomar decisiones sobre ¿qué, cuándo, dónde comer? para lograr un equilibrio entre la pérdida-ganancia energética, lo que les permite discriminar aquellas presas que no satisfagan sus requerimientos mínimos de optimización. Lo cual se complementa con la teoría de tasa de búsqueda propuesta-trabajada por Gendron & Staddon (1984), Gill (1990), Pineda-Pérez et al. (2014), Ricklefs (1990), Santacoloma & Quiroga (2009) quienes sugieren que ciertas presas han desarrollado la habilidad de camuflaje, lo cual ha forzado a algunas aves a emplear distintas técnicas de cacería que les permite competir por el alimento para sobrevivir; en este sentido en el presente estudio se pudo observar que en BMM algunos insectos presa presentaban dicha habilidad, por lo que las aves emplearon técnicas eficientes de captura para minimizar el gasto energético sobre los diferentes estratos-sustratos vegetales presentes; tal como lo evidencian Cabrera, Durán & Nieto (2006), De Mendonca-Lima, Hartz & Kindel (2004), Grubb (1979), Mendonca-Lima & Hartz (2014) en estudios sobre espectros tróficos de aves en los que señalan que éstas emplean técnicas de cacería que demandan un mínimo gasto energético, recompensando éste con un mayor aporte nutricional; lo cual de acuerdo con Álvarez (2004), Cruz-Miranda et al. (2017), Frere et al. (2005), Ginnobili & Roffe (2016), González & Osbahr (2013), Pineda-Pérez et al. (2014) esto tendría implicaciones en la adecuación de los individuos, garantizando su supervivencia y éxito

reproductivo; por ello Fandiño et al. (2016), Johnson et al. (2005) señalan en su hipótesis de gasto de crianza, que las aves insectívoras adquieren estrategias alimenticias durante su reproducción y crianza para garantizar su viabilidad poblacional; las cuales consisten en capturar presas de talla grande para alimentar a polluelos, mientras que en estaciones no reproductivos atrapan insectos de talla pequeña para lograr su optimización empleando diferentes técnicas de cacería; tal como lo sugieren los registros en la presente investigación para algunas especies (p. ej. *Megarhynchus pitangua*, *Icterus auratus*, entre otros) las cuales capturaban presas de talla grande en PT para la alimentación de sus volantones y para su mantenimiento; lo que evidencia la relevancia de éstos sistemas silvopastoriles en la conservación de este grupo taxonómico para esta zona particular de Veracruz, México; lo cual es soportado por Enríquez et al. (2006) quienes describen que éste tipo de sistemas proporcionan alimento, los requerimientos mínimos necesarios para algunas especies faunísticas; particularmente aves, las cuales de acuerdo con la teoría de la distribución libre de Fretwell & Lucas (1970), éstas se distribuyen de manera aleatoria en busca de sitios que ofrezcan una mayor cantidad de recursos posibles que garanticen la supervivencia de estos organismos; por lo que Cabrera, Durán & Nieto (2006), Krebs & McCleery (1984), Pulliam & Caraco (1984) mencionan que la elección de la avifauna por permanecer en cierto sistema estará determinada además por la calidad del alimento, distancia entre parcelas, número de predadores presentes en un mismo espacio y tiempo. Así. En el presente trabajo se observó cómo ciertas especies de aves generalistas se encontraban alimentando durante periodos cortos en el área de CT y PT y posteriormente volvían a su nicho ecológico (zona conservada BMM). Se puede evidenciar como tales sistemas funcionan como

nichos tróficos en los cuales las aves pueden encontrar parte de ámbito hogareño para sus funciones alimenticias básicas.

5.6 CONCLUSIÓN

Se lograron determinar las técnicas de cacería empleadas por las aves durante su alimentación en los sistemas agroforestales ubicados en la región particular de Huatusco, Veracruz, México. El estudio evidencia coexistencia trófica entre las aves registradas sin competencia por el recurso y técnicas de empleadas. Este trabajo siembra los primeros antecedentes para futuras investigaciones en donde se aborde la temática de comportamiento trófico de la avifauna bajo sistemas agroforestales.

5.7 AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible; y al Centro Regional Universitario (CRUO) por permitirnos desarrollar este proyecto en sus campos experimentales.

5.8 REFERENCIAS

- Adamik, P., & Kornan, M. (2004). Foraging ecology of two bark foraging passerine birds in an old-growth temperate forest. *Ornis Fennica*, 81, 13-22.
- Alonso, T.Y., Hernández, M.F.R., & Barrero, M.H. (2017). Diversidad de aves residentes y permanentes asociadas a un pinar natural de *Pinus tropicalis* y su relación con

- la estructura vertical de la vegetación. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6 (1), 31-44.
- Akaike, H. (1969). Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 21, 243–247.
- Álvarez, M. R. (2004). Manejo sustentable del carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*, Linnaeus 1766) en Argentina: un aporte al conocimiento de la biología de la especie desde la cría en cautiverio. *Mastozoología Neotropical*, 11 (1), 121-122.
- Anciaes, M., & Marini, M. A. (2000). The effects of fragmentation on fluctuating asymmetry in passerine birds of Brazilian tropical forests. *Journal Applied Ecology*, 2000 (37), 1013-1028. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00554.x>
- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., & Oyama, K. (2009). Pollinator dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142 (2009), 1050-1057. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.016>
- Benton, T.G., Vickery, J.A., & Wilson, J.D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution*, 18 (4), 182-188. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00011-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00011-9)
- BirdLife International (2008). El estado de conservación de las aves en el mundo: indicadores en los tiempos de cambio. http://www.biodiversityinfo.org/sowb/userfiles/docs/SOWB2008_es.pdf [9-12-2008].
- Cabrera, R., Durán, Á., & Nieto, J. (2006). Aprendizaje social y estrategias de forrajeo en parvadas de palomas: efectos de la cantidad de alimento. *Revista Mexicana de Psicología*, 23 (1), 111-121.

- Caicedo-Argüelles, A., & Cruz-Bernate, L. (2014). Actividades diarias y uso de hábitat de la reinita amarilla (*Setophaga petechia*) y la piranga roja (*Piranga rubra*) en un área verde urbana de Cali, Colombia. *Ornitología Neotropical*, 25 (3), 247-260.
- Camphuysen, C. J., & Webb, A. (1999). Multi-species feeding associations in North Sea seabirds: jointly exploiting a patchy environment. *Ardea*, 87 (2), 177-198.
- Charnov, E. L. (1976). Optimal foraging; attack strategy of a mantid. *The American Naturalist*, 110 (971), 141-151.
- Chatellenaz, M. L. (2008). Ecología alimentaria de dos especies simpátricas del género *Basileuterus* en el Noreste de Argentina. *Hornero*, 23 (2), 87-93.
- Chávez-Villavicencio C, Séenz-Bolaños C, Spínola-Parallada M (2012) Segregación en aves insectívoras con base en la morfometría del pico y la longitud total. *Aporte Santiaguino*, 5 (1), 60-67. <https://doi.org/10.32911/as.2012.v5.n1.569>
- Colorado, Z.G. (2004). Relación de la morfometría de aves con gremios alimenticios. *Boletín SAO XIV* (26), 25-32.
- Cruz-Miranda, Y., Ugalde-Lazama, S., Tarango-Arámbula, L.A., Rosas-Rosas, O.C., Buendía Espinoza, J.C., & Lozano-Cavazos, E.A. (2017). Modelo alternativo para determinar coexistencia y segregación trófica de dos felinos simpátricos: *Puma concolor* L. y *Panthera onca* L. *Agroproductividad*, 10 (5), 18-27.
- Cueto, V.R., & López de Casanave, J. (2002). Foraging Behavior and Microhabitat Use of Bird Inhabiting Coastal Woodlands in Eastcentral Argentina. *The Wilson Bulletin*, 114 (3), 342-348.
- De la Ossa, J., De la Ossa-Lacayo, A., & Monroy-Pineda, M. (2017). Abundance of domestic dove (*Columba livia domestica* Gmelin, 1789) in Santiago de Tolú,

Sucre, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 22(1): 5718-5727. DOI: dx.doi.org/10.21897/rmvz.931.

De Mendonca-Lima, A., Hartz, S.M. & Kindel, A. (2004). Foraging behavior of the White browed (*Basileuterus leucoblepharus*) and the Goldel-crowned (*B. culicivorus*) warblers in a semidecidual forest in southern Brazil. *Ornitología Neotropical*, 15 (1), 5-15.

De Mendonca-Lima, A., & Hartz, S. M. (2014). Foraging behavioral of *Phylloscartes ventralis* (Aves, Tyrannidae) in native and planted forests of southern Brazil. *Iheringia, Serie Zoologia*, 104 (4), 391-398. DOI: 10.1590/1678-476620141044391398

De Mendonca-Lima, A., Meneghel Boschilia, S., Bernardo-Silva, J., & Baldissera, R. (2016). Effect of habitat heterogeneity on bird assemblages in a grassland-forest ecotone in Brazil. *Acta Ambiental Catarinense*, 13 (1), 1-8.

Dietsch, T. V., Perfecto, I., & Greenberg, R. (2007). Avian foraging behavior in two different types of coffee agroecosystem in Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 39 (2), 232-240. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00248.x>

Donald, P. F., Sanderson, F. J., Burfield, I. J., & Van Bommel, F. P. J. (2006). Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1990-2000. *Agriculture, Ecosystems & Environmental*, 116 (2006), 189-196. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.02.007>

Dreelin, R. A., Shipley, J. R., & Winkler, D. W. (2018). Flight Behavior of Individual Aerial Insectivores Revealed by Novel Altitudinal Dataloggers. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6 (1), 1-7.

- Enríquez, L.M.L., Sáenz, J.C., & Ibrahim, M. (2006). Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje domindado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 45 (1), 49-57.
- Fandiño, B., Fernández, J.M., Thomann, M.L., Cajade, R., & Hernando, A.B. (2016). Comunidades de aves de bosques y pastizales en los afloramientos rocoso aislados del Paraje Tres Cerros, Corrientes, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 65 (2), 535-550.
- Forstmeier, W. & Keßler, A. (2001). Morphology and foraging behavior of Siberian Phylloscopus warblers. *Journal of Avian Biology*, 32 (2), 127-138.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-048X.2001.320205.x>
- Frere, E., Quintana, F., & Gandini, P. (2005). Cormoranes de la costa Patagónica: Estado poblacional, Ecología y Conservación. *Hornero*, 20 (1), 35-52.
- Fretwell, S. D., & Lucas, H. L. (1970). On territorial behaviour and other factor influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica*, 19 (1), 16-36.
- Gabbe, A. P., Robinson, S. K., & Drawn, J. D. (2002). Tree-Species Preferences of Foraging Insectivorous Birds: Implications for Floodplain Forest Restoration. *Conservation Biology*, 16 (2), 462-470.
- Gabriel, V. A. & Pizo, M. A. (2005). Foraging behavior of tyrant flycatchers (Aves, Tyrannidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Zoología*, 22 (4), 1072-1077.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81752005000400036>
- Gámez-Virúés, S., Bonifacio, R. S., Curr, G. M., Kinross, C., Raman, A., & Nicol, H. I. (2007). Arthropod prey of shelterbelt-associated birds: linking faecal samples

with biological control of agricultural pests. *Australian Journal of Entomology*, 46(1), 325-331. doi:10.1111/j.1440-6055.2007.00608.x

Gendron, R.P. & Staddon, J.E.R. (1984). A laboratory simulation of foraging behavior: The effect of search rate. *American Naturalist*, 124 (1), 407-415.

Gill, B.F. (1990). Ornithology. W.H. Freeman and Company. New York, USA. 660p.

Ginnobili, S., & Roffe, A. (2016). Dos usos de los modelos de optimalidad en las explicaciones por selección natural. *Metatheoria*, 8 (1), 43-55.

González, J. L., & Osbahr, K. (2013). Composición botánica y nutricional de la dieta de *Dinomys branickii* (Rodentia: Dinomyidae) en los Andes Centrales de Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 16 (1), 235-244.

Grubb, T. C. (1979). Factors controlling foraging strategies of insectivorous birds. In: Dickson, J. G., Connor, R. N., Fleet, R. R., Jackson, J. A., & Kroll, J. C. eds. *The role of insectivorous birds in forest ecosystems*. London, Academic Press. Pp. 119-135.

Guariguata, M. R. & Kattan, G. H. (2002). Ecología y conservación de bosques neotropicales. Ediciones LUR. Cartago, Costa Rica.

Gutiérrez, G. (1998). Estrategias de forrajeo. En Ardila, R., López, W., Pérez, A.M. Quiñones, R., & Reyes, F. (Eds.). *Manual de Análisis Experimental del Comportamiento*. Pp 359-381.

Hernández, M., Bala, L. O., & Musmeci, L. R. (2008). Dieta de tres especies de aves playeras migratorias en península Valdés, Patagonia Argentina. *Ornitología neotropical*, 19 (1), 605-611.

- Jacoboski, L. I., De Mendonca-Lima, A., & Hartz, S. M. (2016). Structure of bird communities in eucalyptus plantations: nestedness as a pattern of species distribution. *Brazilian Journal of Biology*, 76 (3), 583-591.
- Jobin, B., Choiniere, L., & Belanger, L. (2019). Bird use of three types of field margins in relation to intensive agriculture in Quebec, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84 (2001), 131-143. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00206-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00206-1)
- Johnson, M. D. (2000). Evaluation of an anthropod sampling technique for measuring food availability for forest insectivorous birds. *Journal of Field Ornithology*, 71 (1), 88-109.
- Johnson, M.D., Sherry, T.W., Strong, A.M., & Medori, A. (2005). Migrants in Neotropical bird communities: an assessment of the breeding currency hypothesis. *Journal of Animal Ecology*, 74, 333-341. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2005.00928.x>
- Krebs, J. R., & McCleery, R. H. (1984). Optimization in behavioral ecology. En J. R. Krebs, & N. B. Davies (Eds.), *Behavioural ecology: An evolutionary approach*. Oxford: Blackwell. Scientific Publications. Pp 91-121.
- MacArthur, R. H. (1958). Population ecology of some warblers of northeastern coniferous forests. *Ecology*, 39 (84), 599-619. <https://doi.org/10.2307/1931600>
- MacArthur, R. H., & Levins, R. (1964). Competition, habitat selection and carácter displacement in a patchy environment. *Ecology*, (51), 1140-1207.
- Mahon, T. E. (1992). The role of Marbled Murrelets in mixed-species feeding flocks in British Columbia. *Wilson Bulletin*, 104 (4), 738-743.

- Manhães, M., & Dias, M. (2011). Spatial dynamics of understory insectivorous birds and arthropods in a southeastern Brazilian Atlantic woodlot. *Brazilian Journal of Ecology*, 71 (1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000100003>
- Marini, M. A. & Cavalcanti, R. B. (1993). Habitat and foraging substrate use of three *Basileuterus* warblers from Central Brazil. *Ornitología Neotropical*, 4 (2), 43-57.
- Mballa, L.V., Carranza-Álvarez, C., & Maldonado-Miranda, J.J. (2011). “Perspectivas de la planificación para la Conservación del área Sierra del Abra Tanchipa”. *Ideas CONCYTEG*, 6 (78), 1440-1455.
- Mendonça-Lima, A., Hartz, S. M. & Kindel, A. (2004). Foraging behavior of the White browed (*Basileuterus leucoblepharus*) and the Goldencrowned (*B. culicivorus*) Warblers in a Semidecidual Forest in Southern Brazil. *Ornitología Neotropical*, 15, 5-15.
- Mills, K. L. (1998). Multispecies seabird feeding flocks in the Galápagos Islands. *Condor*, 100 (2), 277-285. <https://doi.org/10.2307/1370268>
- Miñarro, P.M. (2014). Aves y agricultura: la importancia de mantener los pájaros en las pumaradas. *Tecnología Agroalimentaria*, 6(1), 10-14.
- Montaldo, N. H. (2005). Aves frugívoras de un relicto de selva subtropical ribereña en Argentina: manipulación de frutos y destino de las semillas. *Hornero*, 20 (2), 163-172.
- O'Donnell, C.F.J., & Dilks, P.J. (1994). Foods and Foraging of Forest Birds in Temperature Rainforest, South Westland, New Zeland. *New Zeland Journal of Ecology*, 18 (2), 87-107.
- Ostrand, W. D. (1999). Marbled murrelets as initiators of feeding flocks in Prince William Sound, Alaska. *Waterbirds*, 22 (2), 314-318.

- Pineda-Pérez, F. E., Ugalde-Lezama, S., Tarango-Arámbula, L.A., Lozano-Osornio, A., & Cruz-Miranda, Y. (2014). Ecología trófica de aves insectívoras en un área natural protegida de San Luis Potosí, México. *Agroproductividad*, 7 (5), 8-10.
- Pizo, M. A. (2004). Frugivory and habitat use by fruit-eating birds in a fragmented landscape of southeast Brazil. *Ornitología Neotropical*, 15: 117-126.
- Ponce, C.L.P., Aguilar, V.B.C., Rodríguez, T.D.A., López, P.E., & Santillán, P.J. (2012). Influencia del fuego sobre la riqueza y diversidad de aves en un bosque templado en Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3 (10), 65-76.
- Pulliam, H. R., & Caraco, T. (1984). Living in groups: Is there an optimal group size? En J. R. Krebs, & N. B. Davies (Eds.), *Behavioural ecology: An evolutionary approach*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. Pp 122-147.
- Pyke, G. H., Pulliam, H. R. & Charnov, E. L. (1977). Optimal foraging: a selective review of theory and tests. *The Quarterly Review of Biology*, 52 (2), 137-154. <https://doi.org/10.1086/409852>
- Ramírez-Albores, J. (2009). Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 58 (1), 511-528.
- Ramírez-Albores, J.E. (2013). Riqueza y diversidad de aves en un área de la Faja Volcánica Transmexicana, Tlaxcala, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 29 (3), 486-512.
- Remsen, J. V., & Robinson, S. K. (1990). A classification scheme for foraging behavior of birds in terrestrial habitats. *Studies in Avian Biology*, 13 (1), 144-160.
- Revelo, H. C., Gallego, Z. J. J., Castro, O. J. P., & Murillo, G. O. E. (2016). Morphometric Variation in the Assembly of Passerine Birds Present in Two Zones of Tropical

Forest with Different Degrees of Disturbance. *Revista de Ciencias*, 20 (2), 125-137.

<https://doi.org/10.25100/rc.v20i2.4606>

Ricklefs, R.E. (1990). *Ecology*. W.H. Freeman and Company. New York, USA. 869p.

Root, R. B. (1967). The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs*, 37, 317-350. <https://doi.org/10.2307/1942327>

Sainz-Borgo, C. (2015). NOTA: consumo de obreras *Eciton burchellii* (hymenoptera: formicidae) por varias especies de aves en condiciones urbanas. *Ecotrópicos*, 28 (1-2), 38-42.

Santacoloma, S. A. M., & Quiroga, B. L. A. (2009). perspectivas de estudio de la conducta alimentaria. *Revista Iberoamericana de Psicología: Ciencia y Tecnología*, 2 (2), 7-15.

Santos, B.A.R., Hernández, R.A.L., Lavariega, M.C., & Gómez-Ugalde, R.M. (2013). Diversidad de aves en cultivos de Santa María Yahuiche, Sierra Madre de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (1), 1241-1250.

Seeholzer, G., Claramunt, S., & Brumfield, R. (2017). Niche evolution and diversification in a Neotropical radiation of birds (Aves: Furnariidae). *International Journal of Organic Evolution*, 71 (3), 702-715. doi:10.1111/evo.13177

Sekercioglu, C. H., Ehrlich, P. R., Daily, G. C., Aygen, D., Goehring, D., & Sandi, R. F. (2002). Disappearance of insectivorous birds from tropical forest fragments. *Ecology*, 99 (1), 263-267.

Solari, L. M., & Zaccagnini, M. E. (2009). Efecto de bordes arbóreos y terrazas sobre la riqueza y densidad de aves en lotes de soja de Entre Ríos, Argentina. *Revista BioScriba*, 2 (2), 90-100.

- Solomou, A. D., & Sfougaris, A. I. (2015). Bird community characteristics as indicators of sustainable management in olive grove ecosystems of Central Greece. *Journal of Natural History*, 49(1), 301-325, DOI: 10.1080/00222933.2014.987839
- Tellería, J. L., Díaz, J. A., Pérez-Tris, J. & Santos, T. (2011). Fragmentación de hábitat y biodiversidad en las mesetas ibéricas: una perspectiva a largo plazo. *Revista Ecosistemas*, 20 (2), 79-90.
- Torrens, Y.A., Hernández, F.R., & Barrero, H. (2017). Diversidad de aves residentes permanentes asociadas a un pinar natural de *Pinus tropicalis* y su relación con la estructura vertical de la vegetación. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6 (1), 31-44. <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/302/>
- Velasco, A.C., Talabante, C., & Viejo, J.L. (2017). Estudio de selección del hábitat de la especie exótica bengalí rojo *Amandava amandava*, Linnaeus, 1758 en Iberia central (Aves: Paseriformes). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural Sección Biológica*, 3 (111), 85-94.
- Velasco, P.K. (2016). Segregación estructural, climática y temporal de cinco especies simpátricas de *Anolis* (Sauria: Dactyloidae) en Boca de Canasí, Cuba/Structural, climatic and temporary segregation of five sympatric species of *Anolis* (Sauria: Dactyloidae) en Boca de Canasí, Cuba. *Revista Cubana de Zoología*, 502 (49), 49-54.
- Whelan, C. J., Wenny, D. G., & Marquis, R. J. (2008). Ecosystem Services Provided by Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134, 25–60. Doi: 10.1196/annals.1439.003
- Yabe, R. S., & E. J. Marques. (2001). Deslocamento de aves entre capões no Pantanal Mato-grossense e sua relação com a dieta. Pp. 103–123 in Albuquerque J. L., J.

F. Cândido, Jr., F. C. Straube, & A. L. Roos (eds.). Ornitología e conservação: da ciência às estratégias. Editora Unisul, Tubarão, Brazil.

Cuadro 1. Regresión Poisson mediante modelos GML para las abundancias de aves y técnicas de cacería exhibidas.

	Estimate	Error estándar	Valor de Z	Pr(> z)	Significancia
CT					
Intercepto	0.88811	0.24631	3.606	0.000311	***
Colectar	0.13192	0.02913	4.528	0.00000594	***
Inspeccionar	0.1296	0.02828	4.582	0.0000046	***
PT					
Intercepto	0.50036	0.13766	3.635	0.03587	*
Colectar	0.21168	0.03218	6.578	0.00715	**
Impulsar	0.22182	0.03572	6.209	0.00842	**
Remover	0.21523	0.02874	7.488	0.00493	**
BMM					
Intercepto	0.13031	0.08385	1.554	0.26042	
Barrer	0.32277	0.03433	9.401	0.01113	*
Colectar	0.29860	0.02238	13.341	0.00557	**
Inspeccionar	0.32277	0.03433	9.401	0.01113	*
CT-PT-BMM					
Intercepto	1.09126	0.14638	7.455	8.98E-14	***
Colectar	0.1015	0.01366	7.432	1.07E-13	***
Inspeccionar	0.11144	0.02372	4.697	2.64E-06	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Cuadro 2. Componentes principales de las técnicas de cacería empleadas por las aves en los sitios bajo estudio.

Componentes	F1	F2	F3
CT			
Colectar	0.767	-0.073	0.000
Impulsar	-0.413	-0.346	0.707
Inspeccionar	-0.264	0.869	0.000
Perforar	-0.413	-0.346	-0.707
Importancia de los componentes			
Desviación standard	1.198	1.052	1.044
Proporción de variación	0.359	0.276	0.273
Proporción acumulativa	0.359	0.635	0.908
PT			
Bajar	0.358	0.816	0.000
Colectar	-0.785	0.000	0.000
Impulsar	0.358	-0.408	-0.707
Remover	0.358	-0.408	0.707
Importancia de los componentes			
Desviación standard	1.246	1.080	1.080
Proporción de variación	0.388	0.292	0.292
Proporción acumulativa	0.388	0.680	0.971
BMM			
Colectar	-0.750	0.000	0.661
Inspeccionar	0.468	-0.707	0.530
Barrer	0.468	0.707	0.530
Importancia de los componentes			
Desviación standard	1.3034978	1.0954451	0.31763715
Proporción de variación	0.5663689	0.4	0.03363112
Proporción acumulativa	0.5663689	0.9663689	1
CT-PT-BMM			
Colectar	0.70925523	0.2944773	0.6404999
Impulsar	-0.70487818	0.3093729	0.6383065
Inspeccionar	-0.01018656	-0.9041966	0.426995
Importancia de los componentes			
Desviación Standard	1.1569046	1.0474151	0.7513277
Proporción de la Varianza	0.4461428	0.3656928	0.1881644
Proporción acumulativa	0.4461428	0.8118356	1

Cuadro 3. Resultados de Kruskal-wallis para las técnicas de cacería registradas en las condiciones evaluadas.

Ji cuadrado	Grados de libertad	Prob > Ji cuadrado
	CT	
16.0655	7	0.0245*
	PT	
5.951	5	0.311
	BMM	
5.3125	3	0.1503
	CT-PT-BMM	
31.1835	10	0.0005*

Cuadro 4. Análisis de X2 para las técnicas de cacería empleadas por las aves durante su alimentación.

Prueba	Ji cuadrado	Prob > Ji cuadrado	N	Grados de libertad	Log-Verosimilitud	R cuadrado (U)
	CT					
Razón de verosimilitud	28.498	0.0187*	48	15	14.248859	0.2945
Pearson	24.781	0.053				
	PT					
Razón de verosimilitud	15.312	0.4292	28	15	7.6561895	0.2879
Pearson	14.286	0.504				
	BMM					
Razón de verosimilitud	8.282	0.2182	18	6	4.140978	0.2363
Pearson	7.5	0.2771				
	CT-PT-BMM					
Razón de verosimilitud	31.78	0.0233*	54	18	15.889955	0.216
Pearson	27.618	0.0681				

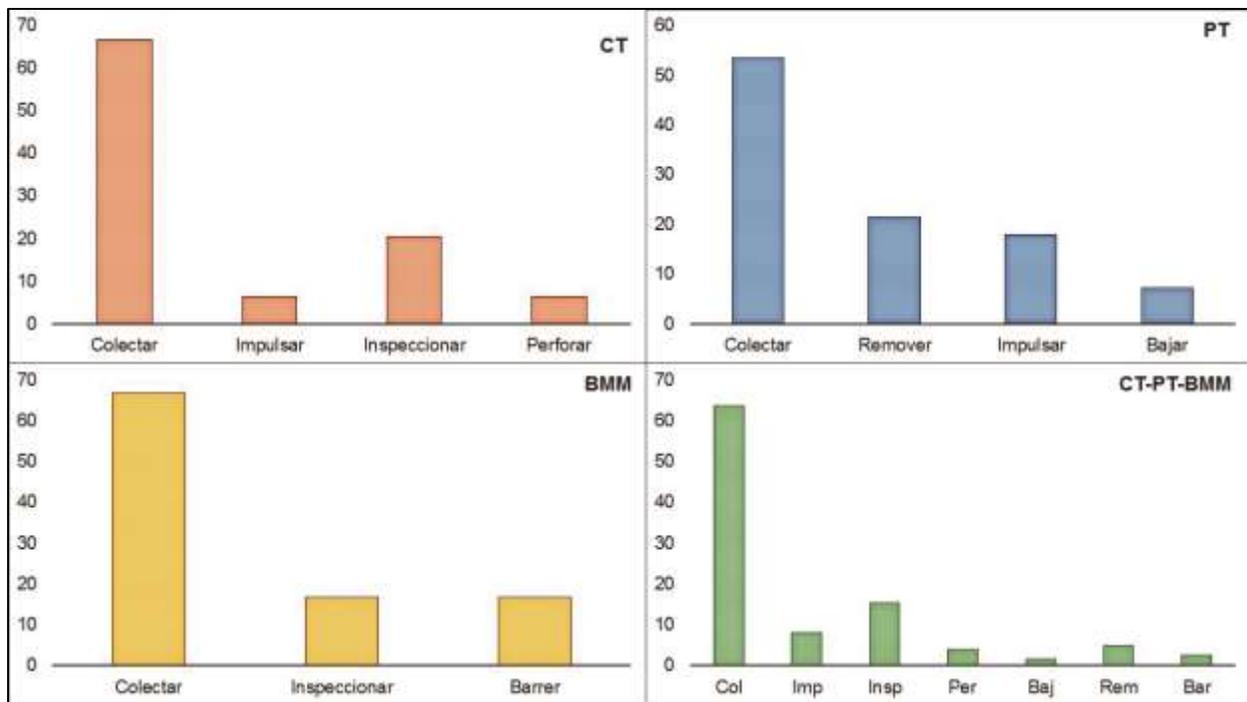


Figura 10. Técnicas de cacería empleadas por las aves en las condiciones bajo estudio.

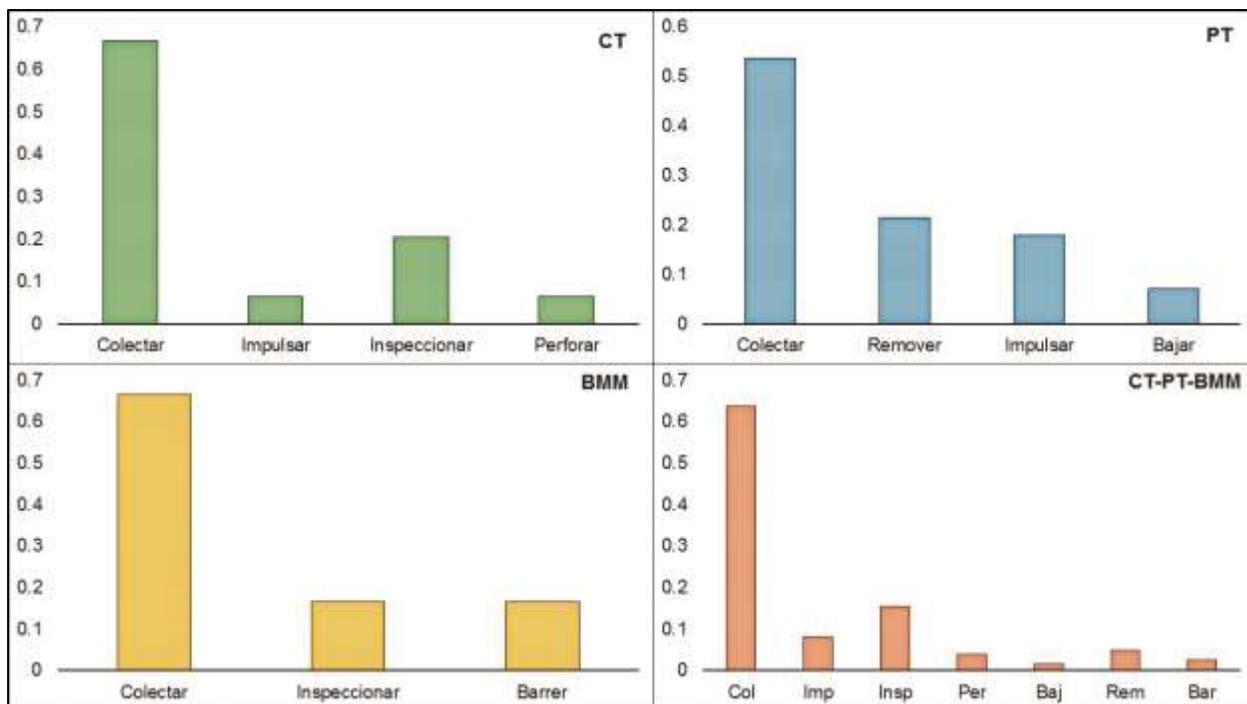


Figura 11. Índice de abundancia relativa de las técnicas de cacería empleadas por las aves.

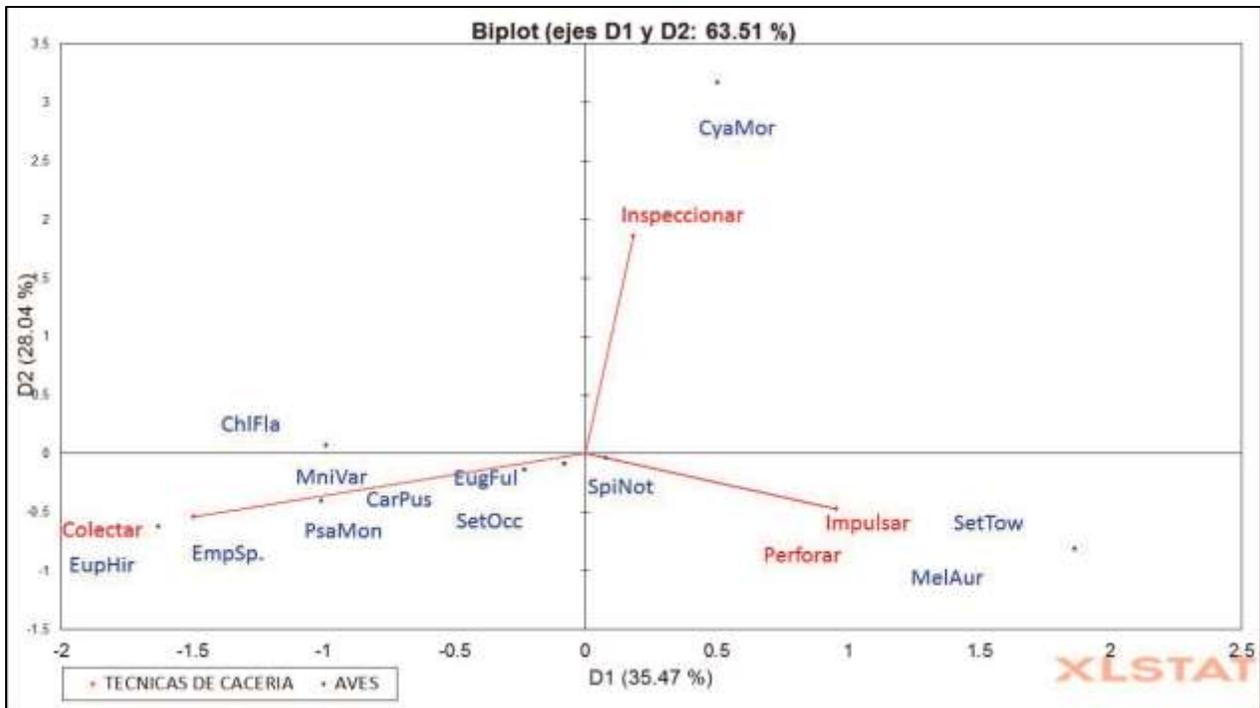


Figura 12. Análisis grafico del ACP de las técnicas de caería empleadas por aves en CT.

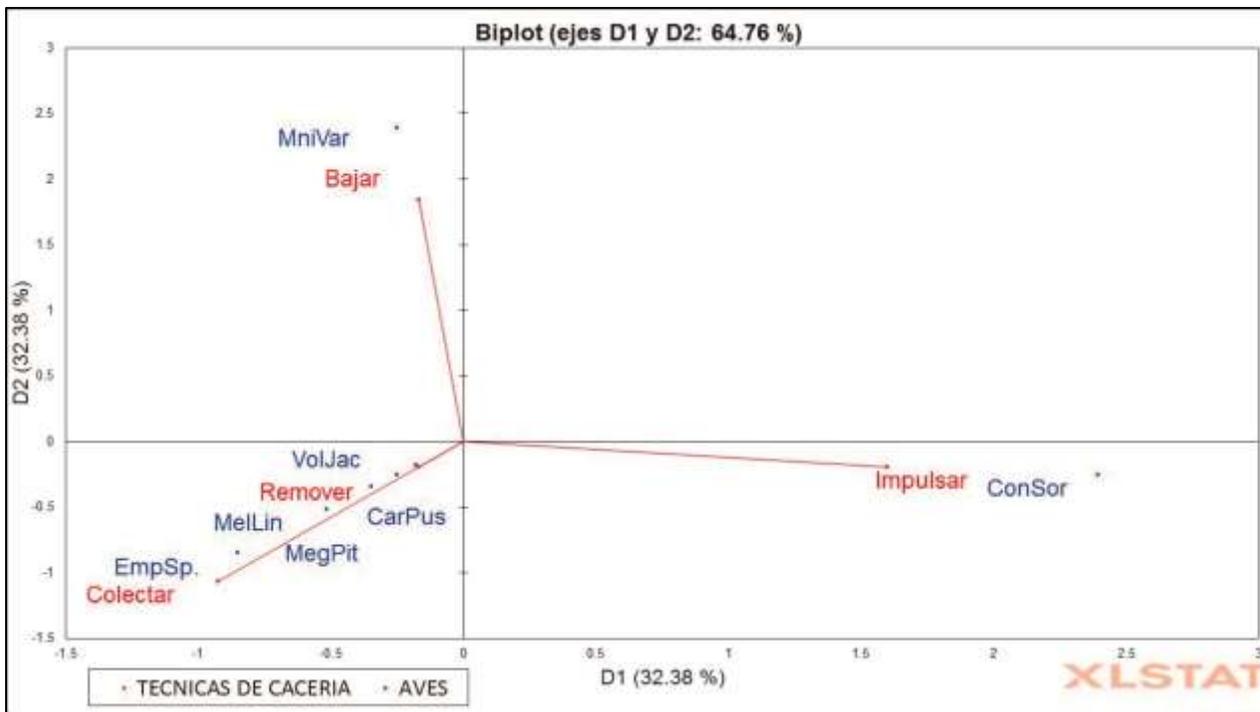


Figura 13. Análisis grafico del ACP de las técnicas de caería empleadas por aves en PT.

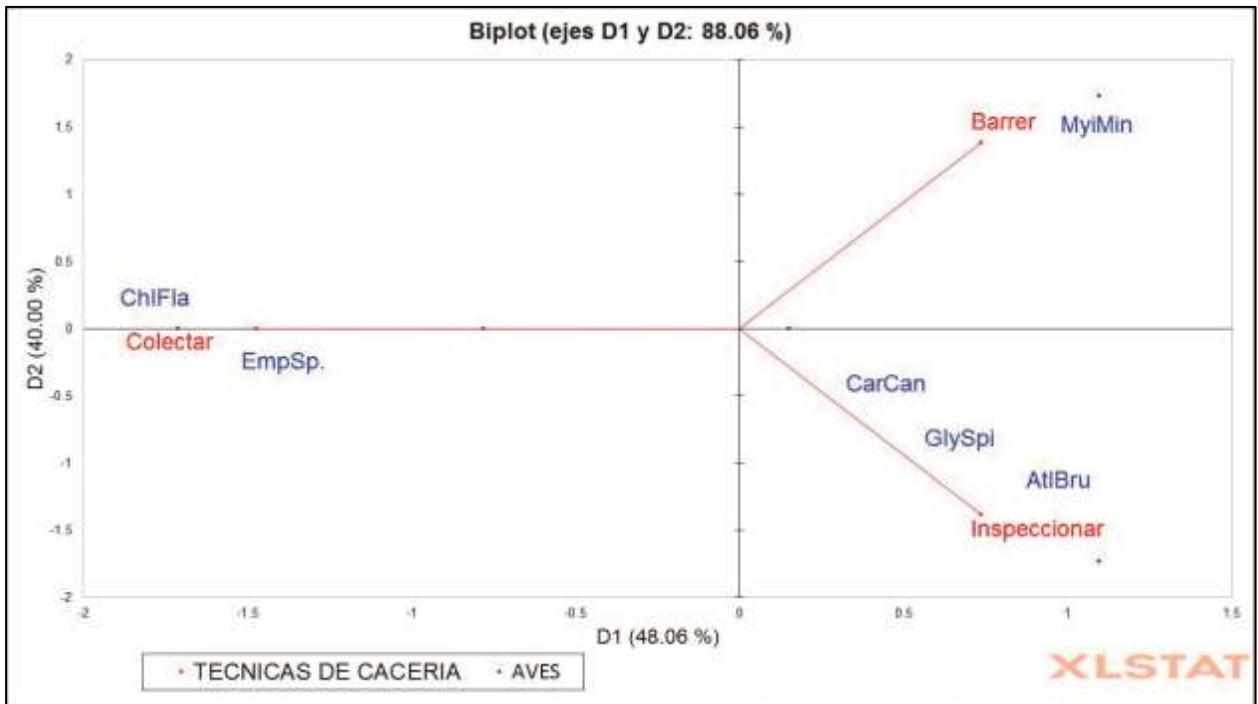


Figura 14. Análisis gráfico del ACP de las técnicas de caería empleadas por aves en BMM.

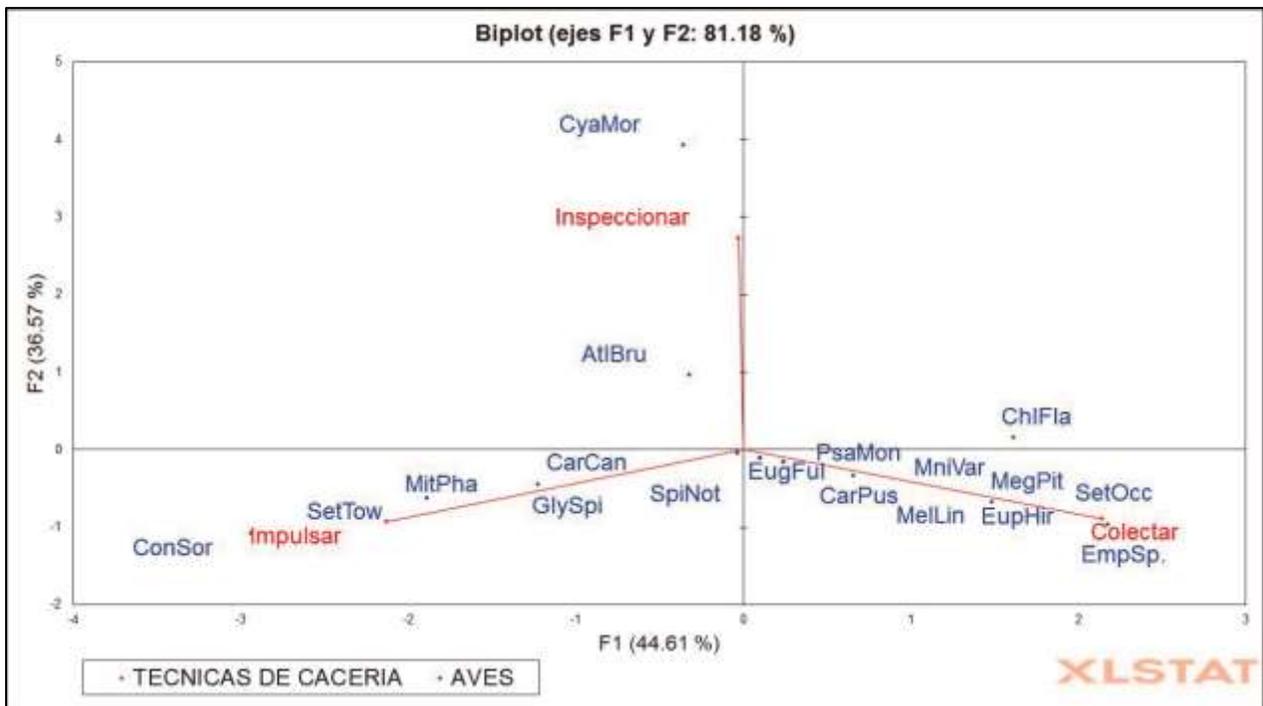


Figura 15. Análisis gráfico del ACP de las técnicas de caería empleadas por aves en CT-PT-BMM.

8. Ecología Trófica de Aves Insectívoras en Sistemas Agroforestales y Bosque Mesófilo Trophic Ecology of Insectivorous Birds in Agroforestry Systems and Mesophilic Forest

Ecología trófica de aves insectívoras

Claudio Romero-Díaz¹; Saúl Ugalde-Lezama^{2*}; Rosa María García-Núñez¹; Yessenia Cruz-Miranda³; Uriel Marcos-Rivera⁴, Julio César Buendía-Espinosa²

¹ Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, CP 56230 Texcoco, México. favia_rd@hotmail.com, blondynunez@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0212-8385>; <https://orcid.org/0000-0001-7295-1284>

^{2*} Departamento de Suelos. Área de Recursos Naturales Renovables. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, CP 56230 Texcoco, México. biologo_ugalde@hotmail.com, jcbuendiae@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9383-6282> ; <https://orcid.org/0000-0002-7939-8861>

³ Colegio de Posgraduados. Campus San Luis. Calle de Iturbide 73, San Agustín, 78622 Salinas de Hidalgo, S.L.P. <https://orcid.org/0000-0003-0070-0819>; yessenia.cruz@gmail.com

⁴ Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional. Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, CP 56230 Texcoco, México. urimr-93@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-4670-7135>

* Autor de correspondencia: biologo_ugalde@hotmail.com

6.1 Resumen

Para inferir patrones en la ecología trófica de aves insectívoras. De agosto (2018) a enero (2019) aplicamos búsqueda-intensiva, corte-sacudida de ramas, redes de niebla, análisis de excretas e identificación de insectos. Determinamos frecuencia de observación (FO), índice de abundancia relativa (IAR), riqueza (Jackknife1), similitud (Jaccard) y diversidad (Shannon-Wiener). Aplicamos Kruskal-wallis, X^2 , regresión poisson (ARP) y Correspondencia-Canónica (ACC). Fo señala mayor frecuencia en Chrysomelidae (16.66%), Cicadellidae (6.66%) y Miridae (5.86%). El IAR sugiere un valor promedio de 0.025. Jackknife1 otorga una media de 39 especies. Jaccard muestra una similitud del 19.88%. Shannon-Wiener señala una diversidad de $H' = 3.09$. Kruskal-wallis evidencia diferencias en riqueza (0.0423*); sin diferencias en IAR a excepción de CT (0.0452*); y diferencias en diversidad (0.0148*). X^2 señala que no se registró la riqueza presente ($P < 0.05$); el IAR es el registrado ($P > 0.05$); y la diversidad es la que se encuentra en el área ($P > 0.05$). Los modelos mejor ajustados del ARP presentan un AIC= 76.768; 119.23; 98.653 y 98.67. La inercia acumulada del ACC es de 62.89% y 86.36%. Se exhibe una dieta similar para las condiciones evaluadas con simpátria trófica entre la avifauna presente. Se recomienda mejoramiento de hábitat para estimular el acervo alimenticio en este tipo de aves.

Palabras clave: avifauna, coexistencia-trófica, depredación, segregación, simpátria.

6.2 Abstract

To infer patterns in the trophic ecology of insectivorous birds. From August (2018) to January (2019) we apply intensive-search, branch-shake, fog nets, excreta analysis and identification of insects. We determine observation frequency (FO), relative abundance index (IAR), wealth (Jackknife1), similarity (Jaccard) and diversity (Shannon-Wiener). We apply Kruskal-wallis, X², poisson regression (ARP) and Correspondence-Canonical (ACC). Fo indicates greater frequency in Chrysomelidae (16.66%), Cicadellidae (6.66%) and Miridae (5.86%). The IAR suggests an average value of 0.025. Jackknife1 grants an average of 39 species. Jaccard shows a similarity of 19.88%. Shannon-Wiener points out a diversity of $H' = 3.09$. Kruskal-wallis shows differences in wealth (0.0423 *); no differences in IAR except for CT (0.0452 *); and differences in diversity (0.0148 *). X² indicates that the present wealth was not recorded ($P < 0.05$); the IAR is the one registered ($P > 0.05$); and the diversity is that found in the area ($P > 0.05$). The best-fit models of the ARP have an AIC = 76,768; 119.23; 98.653 and 98.67. The cumulative inertia of the ACC is 62.89% and 86.36%. A similar diet is exhibited for the conditions evaluated with trophic sympatry among the avifauna present. Habitat improvement is recommended to stimulate the food stock in this type of birds.

Keywords: birdlife, trophic coexistence, predation, segregation, sympathy.

6.3 Introducción

A nivel mundial se registran 10, 500 especies de aves (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014). Sin embargo por intervención del hombre se han alterado diferentes nichos ecológicos que representan el hábitat de estas especies, forzando procesos ambientales que ponen en punto crítico la supervivencia y ocasionan segregación de nichos y competencia por alimento y nuevos espacios (Ramírez-Albores 2009).

México registra un total de 1076 especies de aves de las cuales 102 son endémicas (Valencia-Trejo *et al.* 2014). No obstante, debido a alteraciones ambientales cerca del 26% están al margen de extinción. Se reconocen 294 especies y 98 subespecies en alguna categoría de riesgo y otras 429 que han disminuido su población (Ortiz-Pulido y Villaseñor 2015). El conocimiento de cómo dicha perturbación impresiona a diferentes especies de aves es aún incipiente (Alessio *et al.* 2005). Sin embargo, se reconoce que bajo estas circunstancias las aves presentan una serie de fluctuaciones, producto de la estacionalidad de insectos, viéndose a recurrir a tres posibles acciones: cambiar su dieta, alimentarse de insectos inactivos o renunciar a su hábitat y salir en busca de nuevo nicho alimenticio (Pineda-Pérez *et al.* 2014, Ortiz-Pulido *et al.* 2016, Ortiz-Pulido 2018).

La técnica que algunas aves utilizan para garantizar su proporción energética se describe como alimentación óptima (Cabrera *et al.* 2006). Esta teoría señala que las aves utilizan métodos de captura que demandan un mínimo gasto energético y les recompensa con mayor aporte nutricional (González y Osbahr 2013). Dicho comportamiento es el resultado de diferentes coacciones y eventos de selección natural que determinan la supervivencia y éxito reproductivo. Bajo este principio la hipótesis del gasto de crianza menciona que durante el periodo reproductivo las aves atrapan presas de talla grande que les permite el almacenamiento de energía para lograr su función reproductiva (Tellez-Farfán y Sánchez 2016).

Si bien la riqueza de insectos en cada uno de sus estadios de vida, es aparentemente alta, se desabastece de pruebas que demuestren el impacto en la diferenciación espacio temporal de este recurso (Alessio *et al.* 2005). Por ello evaluar la ecología trófica en función del recurso disponible y el hábitat es un tema de interés global para el estudio de ecosistemas y conservación de las especies. Bajo tal tenor diferentes investigadores han evaluado la relación entre aves y su hábitat, ingesta trófica y captura de sus presas; esto mediante observación en campo, análisis de contenido estomacal, regurgitación, vomito o

excretas (Alessio *et al.* 2005). Todo ello con el fin de conocer el recurso y las condiciones óptimas que garanticen la conservación de las especies.

Actualmente como mecanismo de producción sustentable y conservación de las especies, se han retomado métodos de producción ancestral (sistemas agroforestales; Ramírez y Calvo 2003, González-Valdivia *et al.* 2016). En estos sistemas interactúan una serie de factores que favorecen a la conservación de especies en donde las aves insectívoras podrían disponer de un nuevo hábitat que le proporcione alimento y refugio, desempeñando funciones importantes como control de plagas, dispersoras de semillas, polinizadoras y vindicadoras del ambiente (Enríquez-Lenis *et al.* 2006, Whelan *et al.* 2008).

Un sistema de producción tradicional de café inmerso en un Bosque Mesófilo de Montaña, se ubica en el Municipio de Huatusco, Veracruz. En este sistema las aves podrían desempeñar funciones en el desarrollo óptimo de este modelo productivo. Sin embargo, a pesar de ser un sistema multiestrato, favorable para el mantenimiento y conservación de aves insectívoras, no se tienen estudios en los que se aborde la ecología trófica de aves, que nos permita inferir la estabilidad de estas especies a partir de patrones de coexistencia y segregación trófica. Ante esto el objetivo del presente trabajo fue determinar la dieta y diversidad de los componentes entomológicos identificados en excretas de la avifauna presente en esta región particular de Huatusco, Veracruz, México.

6.4 Métodos

El área de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas 19° 09' de latitud norte y 96° 57' de longitud oeste a una altitud de 1933 msnm; perteneciente al municipio de Huatusco, Veracruz, México. Para dicho estudio consideramos tres condiciones a evaluar: Café tradicional (CT); Potrero (PT); y Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en una superficie total de 32.42 ha. En cada condición evaluada aplicamos un muestreo sistemático a conveniencia con distancias lineales de 150m entre cada punto. El seguimiento de aves se realizó mensualmente de agosto (2018) a enero (2019) empleando captura con redes de niebla, recuento en puntos con radio fijo (Gallina y López-González 2011, Bayne *et al.* 2016, Morales-Martínez *et al.* 2018) y búsqueda intensiva (Ponce *et al.* 2012, Santos *et al.* 2013, Alonso *et al.* 2017). Cabe señalar que ambos esquemas fueron empleados conjuntamente con el objetivo de reducir el error por identificación en aves de comportamiento quieto y silencioso (Marín *et al.* 2012; Lavariega *et al.* 2016, Travez y Yáñez 2017). Las redes empleadas fueron de un tamaño de 12 m de largo por 2.5 m de ancho y luz de malla de 36 mm de diámetro, estas fueron colocadas en un horario de 07:00 a 16:00 h horario en que las aves presentan mayor actividad forrajera (Sánchez-Jasso *et al.* 2013, Sánchez-Guzmán 2018). Los ejemplares capturados fueron colocados en cajas de cartón con la finalidad de estresarlas y obtener su excreta, los cuales fueron colocados en viales con alcohol al 70% para su posterior análisis (Whitaker 1988, Whitaker y Yom-Tov 2002). Los ítems encontrados fueron identificados mediante claves taxonómicas propuestas por Borror *et al.* (1989), Equihua (1989), Sterhr (1991); mientras que a las aves registradas mediante guías de campo estándar (Peterson y Chalif 1989, National Geographic 2002). El seguimiento de insectos se aplicó paralelamente al método de recuento en puntos con radio fijo y búsqueda intensiva empleando corte y sacudida de ramas; dicho esquema consistió en ubicar a las aves que se encontraban alimentando, para posteriormente colocar una bolsa de plástico sobre la rama en la cual se encontraba el ave y sacudir con la finalidad de coleccionar a los insectos de los que potencialmente se pudiera estar alimentando. La identificación de los insectos se realizó con las claves taxonómicas antes señaladas. Determinamos frecuencia de observación (FO) de los insectos colectados. La riqueza de insectos la decretamos mediante Jackknife1 (cabe señalar que por requerimientos del proyecto la riqueza de insectos se obtuvo a nivel de familia), similitud con Jaccard y diversidad mediante Shannon Wiener; dichos índices se obtuvieron a partir del software Estimates versión 9.0. Con el fin de establecer posibles diferencias estadísticamente significativas entre los índices evaluados (por cada condición) e inferir si los datos registrados son los que potencialmente se encuentran en el área, se aplicaron análisis de

Kruskal-wallis y X^2 , esto en virtud de no cumplirse con los supuestos de la estadística paramétrica; tales análisis se obtuvieron mediante el software estadístico JMP IN versión 8.0. Para determinar la posible asociación entre la abundancia de aves registradas y los insectos registrados; se aplicaron análisis de regresión Poisson (ARP), mediante procedimiento de selección de variables polinómica Stepwise, el ajuste de los modelos se realizó con el criterio del mínimo Akaike en R.13.0 (Akaike 1969). Con la finalidad de determinar el grado de asociación entre la abundancia de aves e insectos registrados se aplicaron análisis de correspondencia canónica mediante el software estadístico XLSTAT versión 2018.7. Cabe señalar que para todos los análisis estadísticos de aplico un $\alpha = 0.05$ con un intervalo de confianza (IC) del 95%.

6.5 Resultados

Se lograron coleccionar 165 insectos, distribuidos en 9 ordenes (Figura 16); 40 familias (Figura 17); 51 géneros y 53 especies. Del total de insectos coleccionados 41 fueron plaga, 37 no plaga, 61 predador, 8 parásitos; 3 huevos, 20 larvas, 2 ninfas y 140 adultos.

Se registraron 77 muestras de excretas, 37 de CT, 18 de PT y 22 en BMM. Se enlistan cuatro órdenes (Figura 18) y siete familias de insectos (Figura 19). Se describen nueve ítems de las estructuras de insectos encontrados en las excretas (Figura 20).

De acuerdo con la FO, las familias de mayor frecuencia fueron: CT Chrysomelidae (17%), Cicadellidae (9%), Nymphalidae (9%) y Cantharidae (9%); PT Chrysomelidae (18.18%), Bibionidae (18.18%), Tenebrionidae (6.18) y Elateridae (6.18%); BMM Miridae (31.25%), Erebididae (12.5%) y Anthocoridae (12.5%); Para CT-PT-BMM Chrysomelidae (16.66%), Cicadellidae (6.66%) y Miridae (5.86%), el resto de familias mostraron valores mas bajos.

Los resultados de Jackknife1 mostraron valores promedio de: CT=27; PT=18; BMM=10 y CT-PT-BMM=39. Se conoce el 26%; 26%; 17%; y 30%, de las familias de insectos presentes en el área de estudio (Figura 21).

Kruskal-Wallis muestra diferencias significativas en riqueza y diversidad, no así en abundancia (Cuadro 1).

X^2 evidencia que los registros en riqueza, abundancia y diversidad son los que se encuentran en el área (Cuadro 2).

El índice de abundancia relativa sugiere valores promedio de: CT=0.03; PT=0.05; BMM=0.10; CT-PT-BMM=0.02 respectivamente (Figura 22).

El estimador de Jaccard muestra porcentajes de: CT = 11.55%; PT = 11.12%; BMM = 0% y CT-PT-BMM= 19.88%.

Shannon-Wiener (CT; PT; BMM; CT-PT-BMM) registra valores mínimos de $H' = 1.65$; 1.56; 1.28; 2.41 y máximos de $H' = 3.13$; 2.81; 2.3; 3.46. Con datos promedio de $H' = 2.65$; 2.37; 1.67; 3.09 respectivamente.

El análisis de regresión *Poisson* para la abundancia: ordenes, familias, tipos de insecto (corte-sacudida); ordenes, familias, ítems (excretas) presenta valores de AIC = CT: 71.80, PT: 26.43, BMM: 17.65 y CT-PT-BMM: 76.68 (Cuadro 3); 61.69, 26.08, 17.65 y 76 (Cuadro 4); 83.84, 26.08 y 119.23 (Cuadro 5); 49.01, 35.84, 37.74, 98.67, respectivamente (Cuadro 6); 49.01, 37.55, 37.74 y 98.65 (Cuadro 7); 49.01, 37.46, 37.74 y 98.67, respectivamente (Cuadro 8). Dichos GML evidencian que sólo seis ordenes, dos familias, dos tipos de insectos (corte y sacudida); un orden, una familia y un ítem (excretas) tienen un efecto sobre la abundancia de aves en las condiciones bajo estudio.

El ACC para ordenes, familias, tipo de insecto e ítems consumidos confirman porcentajes de inercias acumuladas en sus dos primeros ejes de: CT=79.90%, PT=71.89%, BMM=77.53%, CT-PT-BMM=88.28% (Figura 23); 74.36%, 66.32% 66.67% y 62.89% (Figura 24); 82.07%, 100%, 100% y 95.40% (Figura 25); 92.31%, 83.33%, 100% y 86.36%, respectivamente (Figura 26). Los gráficos logran

describir como las especies de aves tienen preferencia por cierto orden, familia, tipo de insecto e ítems registrados.

6.6 Discusión

Las tendencias registradas en la dieta analizada (excretas e insectos colectados) concuerdan con lo reportado por Haro (1998), Sekercioglu *et al.* (2001), Figueroa y Corales (2003), Gámez-Virués *et al.* (2007), Kellermann *et al.* (2008), Rosas-Espinoza *et al.* (2008), Turienzo y Iorio (2010), Manhães y Dias (2011), Turienzo y Iorio (2011), Turienzo y Iorio (2013), Hurtado-Giraldo *et al.* (2016), Perovic *et al.* (2018) quienes evidencian que el principal consumo de insectos por aves fueron del orden Coleóptera, Araneae e Himenóptera, particularmente del tipo plaga; esto concuerda con Solomon y Glen (1979), Sanz (2001), Hooks *et al.* (2003), Enríquez-Lenis *et al.* (2006), Whelan *et al.* (2008), Rebollo *et al.* (2019) quienes señalan que las aves insectívoras funcionan como control biológico en cultivos agrícolas y forestales reduciendo la incidencia hasta un 95%. Dicho comportamiento fue corroborado en el avistamiento de aves del estrato arbóreo alimentándose de insectos de los que posteriormente se detectaron plagas; así mismo se puede evidenciar como ciertos individuos de *Megarhynchus pitangua* e *Icterus auratus* capturaban presas en PT y CT controlando plagas forestales y frutales (cítricos, plátanos, aguacates, nueces, entre otros) que integraban estos sistemas; ante esto se recalca el rol fundamental que cumple la avifauna de estos sistemas agroforestales (SAF) en el control biológico y equilibrio del ambiente; gracias a los servicios ambientales que brindan estos organismos se destaca la importancia para los productores por su bajo o nulo uso de insecticidas que favorece a la conservación de la biodiversidad y reduce gastos económicos reflejados en un mayor ingreso para las unidades familiares.

Se corrobora como la avifauna de este ecosistema contribuye a regular pérdidas económicas por la incidencia de plagas de interés global tal como se observó en ciertos individuos de *Euphonia hirundinaceae*, *Cardellina pusilla* y *Mniotilta varia* quienes se registraron en el estrato bajo alimentándose de larvas y adultos de la broca de café la cual de acuerdo con Camilo *et al.* (2003) y Acacio y Gil (2013) representa un serio problema para la producción nacional llegando a reducir hasta un 50% de la producción; se visualiza a los SAF como una estrategia de producción sostenible que puede coadyuvar a la conservación de la biodiversidad mediante el equilibrio ecológico. Resulta de interés global promover políticas públicas que incentiven este tipo de sistemas; apoyando a más investigadores a desarrollar estudios con este enfoque productivo el cual pudiera mermar pérdidas nacionales, dando valor agregado a la exportación de productos (tal como sucede con el café orgánico); no obstante el presente trabajo es el primero en abordar esta temática en donde se considera la ecología trófica de aves contemplando a los SAF y el Bosque Mesófilo de Montaña como estrategia productiva que podría coadyuvar a la conservación de aves reduciendo la incidencia de daños ocasionados por la broca de café para esta región particular de Huatusco, Veracruz, México.

En contraste Robles *et al.* (2003) y Mols *et al.* (2005), Sekercioglu (2006), Miñarro (2008), Gámez-Virués *et al.* (2010), Gómez-Escalonilla (2014), Miñarro (2014), Newell *et al.* (2014a), Boesing *et al.* (2017) Olgún *et al.* (2017) señalan que la mayor disponibilidad de insectos del estrato arbóreo son del orden Araneae, Formicidae y Lepidóptera; favorecido al sostenimiento trófico de aves que coadyuvan al control de plagas en árboles frutales y cultivos agrícolas mermando la incidencia hasta en un 49%; esto debido a su habilidad de vuelo y baja sensibilidad a barreras vivas que permiten el desplazamiento entre diferentes sitios que le proveen de recursos alimenticios favoreciendo a la resiliencia de ecosistemas por la dispersión de semillas entre diferentes sitios degradados; en este estudio se observó que ciertos individuos de *Pionus senillis*, *Cyanocorax morio* y algunos carpinteros (*Melanerpes formicivorus*; *Melanerpes aurifrons*) quienes se encontraban en el estrato arbóreo colectaban frutos, mismos que transportaban a otros lugares para consumir su pulpa y dispersar sus semillas contribuyendo al mantenimiento de estos ecosistemas; así de esta forma Lundberg y Moberg (2003), Folke *et al.* (2004),

Sekercioglu *et al.* (2007), Newell *et al.* (2014b), Leverkus y Castro (2017), Moreno-Mateos *et al.* (2017), Jones *et al.* (2018) explican cómo las aves son un elemento clave en la resiliencia de ecosistemas y áreas fragmentadas (similares a los SAF) puntualizan que gracias a la capacidad de vuelo estos organismos se consideran “*high-mobile link species*” que cumplen el papel de enlace entre remanentes fragmentados y la conexión entre áreas fuente y sumidero; de tal manera que Kremen *et al.* (2004), Turienzo y Iorio (2007), Turienzo y Iorio (2008) y Vaugoyeau *et al.* (2016) señalan como el movimiento de estos organismos entre distancias recorridas estará en función de la capacidad de estas para distanciarse de su ámbito hogareño, adquirir alimento y regresar; por ello existen especies que solo presentan nichos de utilización en zonas consideradas efecto de borde tal como se observó en algunas especies que se alimentaban en PT volviendo a su nicho ecológico una vez adquirido su proporción energética (BMM condición conservada); se considera el PT como nicho de utilización en donde las aves adquieren alimento y permite suministrar los requerimientos energéticos que garantizan la supervivencia de estas especies; se concuerda con lo reportado por Enríquez-Lenis *et al.* (2006) y Sáenz *et al.* (2006) quienes señalan que sistemas silvopastoriles (iguales a los PT) bien planificados pueden coadyuvar a la conservación de aves.

6.7 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible; y al Centro Regional Universitario (CRUO) por permitirnos desarrollar este proyecto en sus campos experimentales.

6.8 Literatura citada

- Acacio, G., J. Gil. 2013. Efecto del color de trampa en la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en tres localidades de Tingo María. *Investigación y Amazonía*, 12 (1-2): 27-34.
- Akaike, H. 1969. Fitting Autoregressive for Prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, Vol. 21; pp 243-247.
- Alessio, V. G., H. Beltzer, C. Lajmanovich, A. Quiroga. 2005. Ecología alimentaria de algunas especies de Passeriformes (Furnariidae, Tyrannidae, Icteridae y Emberizidae): consideraciones sobre algunos aspectos del nicho ecológico. *INSUGEO, Miscelánea*, 14(1): 441-482.
- Alonso, T. Y., R. Hernández Martínez, H. Barrero. 2017. Diversidad de aves residentes y permanentes asociadas a un pinar natural de *Pinus tropicalis* y su relación con la estructura vertical de la vegetación. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6 (1): 31-44.
- Bayne, E., L. Leston, L. Mahon, P. Sólumus, C. Machtans, H. Lankau, . . . J. Song. 2016. Boreal bird abundance estimates within different energy sector disturbances vary with point count radius. *The Condor Ornithological Application*, 118 (1): 376-390. DOI: 10.1650/CONDOR-15-126.1
- Boesing, A.L., E. Nichols, P. Metzger. 2017. Effects of landscape structure on avian-mediated insect pest control services: a review. *Landscape Ecology* 32: 931-944. DOI 10.1007/s10980-017-0503-1
- Borror, D. J., A. Triplehorn, F. Johnson. 1989. *An introduction to the study of insects*. 6th ed. Harcourt Brace College Publishing. Orlando, Florida, USA.
- Cabrera, R., A. Durán, J. Nieto. 2006. Aprendizaje social y estrategias de forrajeo en parvadas de palomas: efectos de la cantidad de alimento. *Revista Mexicana de Psicología*, 23 (1): 111-121.

- Camilo, J., F. Olivares, H. Jiménez. 2003. Fenología y reproducción de la broca del café (*Hypothenemus hampei Ferrari*) durante el desarrollo del fruto. *Agronomía Mesoamericana*, 14 (1): 59–63.
- Enríquez-Lenis, M. L., C. Sáenz, M. Ibrahim. 2006. Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje dominado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 45 (1): 49-57.
- Equihua, M. A. 1989. Estados inmaduros de los insectos. Instituto de Fitosanidad. Programa de Entomología. Colegio de Posgraduados, Campus Montesillo. 299 p.
- Figuroa, R.R., E. Corales. 2003. Notas sobre la conducta de crianza del Carpintero Bataraz Grande (*Picoides lignarius*) en el bosque lluvioso templado del sur de Chile. *Hornero*, 18 (2): 119-122.
- Folke, C., S. Carpenter, B. Walket, M. Scheffer, T. Elmqvist, L. Gunderson, S. Holling. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35: 557-581. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711>
- Gallina, S., C. López-González. 2011. *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A.C. Querétaro, México.
- Gámez-Virués, S., M. Gurr, A. Raman, I. Nicol. 2010. Plant diversity and structure affect tree growth, herbivory and natural enemies in shelterbelts. *Basic and Applied Ecology*, 11 (2010): 542-549. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.02.011>
- Gámez-Virués, S., R. Bonifacio, G. Gurr, C. Kinross, A. Raman, H. Nicol. 2007. Arthropod prey of shelterbelt-associated birds: linking faecal samples with biological control of agricultural pests. *Australian Journal of Entomology*, 46: 325-331. doi:10.1111/j.1440-6055.2007.00608.x
- Gómez-Escalonilla, M. 2014. Control aviar de plagas de invertebrados en cultivos leñosos mediante restauración ecológica estratégica. *Congreso nacional de medio ambiente*, (1) 1-18.
- González, J. L., K. Osbahr. 2013. Composición botánica y nutricional de la dieta de *Dinomys branickii* (Rodentia: Dinomyidae) en los Andes Centrales de Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 16 (1): 235-244.
- González-Valdivia, N. A., F. Casanova-Lugo, W. Cetzal-Ix. 2016. Sistemas agroforestales y biodiversidad. *Agroproductividad*, 9 (9), 56–60.
- Haro, J.G. 1998. Alimentación de aves insectívoras en un bosque de coníferas en Río de los Sauces, (Cordoba, Argentina). *Natura Neotropicalis*, 29: 117-125.
- Hooks, C. R., R. Pandey, W. Johnson. 2003. Impact of avian and arthropod predation on lepidopteran caterpillar densities and plant productivity in an ephemeral agroecosystem. *Ecological Entomology*, 28: 522-532. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2003.00544.x>
- Hurtado-Giraldo, A., L. Cruz-Bernate, J. Molina. 2016. Dieta de aves migratorias en un sistema agroecológico del Valle del Cauca, Colombia. *Boletín Científico Centro De Museos De Historia Natural*, 20 (2): 151-163.

- Jones, H. P., C. Jones, B. Barbier, C. Blackburn, M. Rey Benayas, D. Holl, M. McCrackin, P. Meli, D. Montoya, D. Moreno-Mateos. 2018. Restoration and repair of Earth's damaged ecosystems. *Proceedings Royal Society B*, 285: 20172577. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2577>
- Kellermann, J. L., D. Johnson, M. Stercho, C. Hackett. 2008. Ecological and Economic Services Provided by Birds on Jamaican Blue Mountain Coffee Farms. *Conservation Biology*, 22 (5): 1177-1185.
- Kremen, C., M. Williams, L. Bugg, P. Fay, W. Thorp. 2004. The area requirements of an ecosystem service: croppollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7:1109-1119. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00662.x>
- Lavariega, M. C., N. Martín-Regalado, M. Gómez-Ugalde, J. Aragón. 2016. Avifauna de la Sierra de Cuatro Venados, Oaxaca, México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 17 (2): 198-124. DOI: <http://dx.doi.org/10.28947/hrmo.2016.17.2.247>
- Leverkus, A. B., J. Castro. 2017. An ecosystem services approach to the ecological effects of salvage logging: valuation of seed dispersal. *Ecological Applications*, 27 (4): 1057–1063. <https://doi.org/10.1002/eap.1539>
- Lundberg, J., F. Moberg. 2003. Mobile link Organisms and Ecosystem Functioning: Implications for Ecosystem Resilience and Management. *Ecosystems*, 6: 87-98. DOI: 10.1007/s10021-002-0150-4
- Manhães, M., M. Dias. 2011. Spatial dynamics of understorey insectivorous birds and arthropods in a southeastern Brazilian Atlantic woodlot. *Brazilian Journal of Biology*, 71 (1): 1-17. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842011000100003>
- Marín, A., A. Aguilar, W. Herrera. 2012. diversidad de aves en un bosque fragmentado de la Amazonia Colombiana (Caquetá). *Agroecología: Ciencia y Tecnología*, 21-30.
- Miñarro, M. 2014. Aves y agricultura: la importancia de mantener los pájaros en las pumaradas. *Tecnología Agroalimentaria*, 6(1): 10-14.
- Miñarro, M., E. Dapena. 2008. Control biológico en el cultivo de manzano. *Tecnología Agroalimentaria* 5: 12-15.
- Mols, C. M. M., J. Van Noordwijk, E. Visser. 2005. Assessing the reduction of caterpillar numbers by great tits *Parus major* breeding in apple orchards. *Ardea*, 93 (2): 259-269.
- Morales-Martínez, I., M. Peach-Canché, J. Gutiérrez-Vivanco, A. Serrano, H. Hernández-Hernández. 2018. Aves de Tuxpan, Veracruz, México: diversidad y complementariedad. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 19(2): 210-226. doi: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.345>
- Moreno-Mateos, D., B. Barbier, C. Jones, P. Jones, J. Aronson, M. Mc-Crackin, P. Meli, D. Montoya, M. Rey Benayas. 2017. Anthropogenic ecosystem disturbance and the recovery debt. *Nature Communications*, 8: 14163. DOI: 10.1038/ncomms14163
- National Geographic Society. 2002. *Field guide to the birds of North America*. Fourth edition. National Geographic Society, Washington, D. C. 480 p.

- Navarro-Sigüenza, A. G., F. Rebón-Gallardo, A. Gordillo-Martínez, T. Peterson, H. Berlanga-García, A. Sánchez-González. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 476–495. <https://doi.org/10.7550/rmb.41882>
- Newell, F.L., A. Beachy, D. Rodewald, G. Rengifo, J. Ausprey, G. Rodewald. 2014a. Foraging behavior of migrant warblers in mixed-species flocks in Venezuelan shade coffee: interspecific differences, tree species selection, and effects of drought. *Journal of Field Ornithology*, 85 (2): 134-151. <https://doi.org/10.1111/jfo.12056>
- Newell, F.L., A. Beachy, D. Rodewald, G. Rengifo, J. Ausprey, G. Rodewald. 2014b. Foraging behavior of Cerulean Warblers during the breeding and non-breeding seasons: evidence for the breeding currency hypothesis. *Journal of Field Ornithology*, 85 (3): 310-320. <https://doi.org/10.1111/jfo.12070>
- Olgún , P., P. Simonetti, E. Leon, A. Beltzer, L. Ezequiel. 2017. Biología alimentaria de *Syrigma sibilatrix* (Aves: Ardeidae) en un humedal del Río Paraná Medio, Argentina. *Cuadernos de Investigación UNED*, 9 (1): 91-96.
- Ortiz-Pulido, R. 2018. ¿Qué especies de aves están en riesgo en México? *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 19(2): 237-272. DOI: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2018.19.2.348>.
- Ortiz-Pulido, R., F. Villaseñor. 2015. Cipamex contribution to avian conservation in México. Pp. 50. In: Abstract book 2015. American Ornithologists' Union and The Cooper Ornithological Society. Norman, Oklahoma, EUA.
- Ortiz-Pulido, R., L. Alcántara-Carbajal, H. De la Cueva, J. Martínez-Gómez, P. Escalante Pliego, M. De la Parra-Martínez, . . . S. Albert. 2016. Conservación de aves en México, una instantánea de 2015. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 17(2): 234-238.
- Perovic, D.J., S. Gámes-Virués, A. Landis, M. Wackers, M. Gurr, Y. Min-Sheng, N. Desneux. 2018. Managing biological control services through multi-trophic interactions: review and guidelines for implementation at local and landscape scales. *Biological reviews*, 93 (2018): 306-321. <https://doi.org/10.1111/brv.12346>
- Peterson, R. T., L. Chalif. 1989. *Aves de México*. Guía de campo. Editorial Diana. México, D. F. 473 p.
- Pineda-Pérez, F. E., S. Ugalde-Lezama, L. A. Tarango-Arámbula, A. Lozano-Osornio, Y. Cruz-Miranda. 2014 Ecología trófica de aves insectívoras en un área natural protegida de San Luis Potosí, México. *Agroproductividad*, 7: 8-10.
- Ponce, L., B. Aguilar, D. Rodríguez, E. López, J. Santillán. 2012. Influencia del fuego sobre la riqueza y diversidad de aves en un bosque templado en Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(10): 65-76.
- Ramírez, E., C. Calvo. 2003. Caracterización de los sistemas agroforestales con café en el Área de Amortiguamiento de la Reserva de Biosfera La Amistad, Pejibaye de Jiménez, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 10(1), 37–38.
- Ramírez-Albores, J. E. 2009. Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 511–528.

- Rebollo, S., M. Rey-Benayas, P. Villar-Salvador, L. Pérez-Camacho, J. Castro, M. Molina-Morales, B. Leverkus, et al. 2019. Servicios de la avifauna (high mobile link species) en mosaicos agroforestales: regeneración forestal y regulación de plagas. *Ecosistemas*, 28(2):32-41. Doi.: 10.7818/ECOS.1736.
- Robles, J., J. Sven-Erik, C. Rasmussen, V. Otazu, J. Mandujano. 2003. Plagas de aves en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y medidas de control en el Perú central. *Rev. per. Ent.*, 43(1): 147-151.
- Rosas-Espinoza, V.C., E. Maya-Elizarraras, F. Reyna-Bustos, M. Huerta-Martínez. 2008. Diet of acorn woodpeckers at la primavera forest, Jalisco, México. *The Wilson Journal of Ornithology*, 120 (3): 494-498. <https://doi.org/10.1676/06-102.1>
- Sáenz, J. C., F. Villatoro, M. Ibrahim, D. Fajardo, M. Pérez. 2006. Relación entre las comunidades de aves y la vegetación en agropaisajes dominados por la ganadería en Costa Rica, Nicaragua y Colombia. *Agroforestería en las Américas*, 6 (1): 37-48.
- Sánchez-Guzmán, J. N., S. Losada-Prado, M. Moreno-Palacios. 2018. Análisis de la condición corporal de aves Passeriformes en zonas secas del norte del Alto Valle de Magdalena, Colombia. *Caldasia*, 40(1): 1–17.
- Sánchez-Jasso, J. M., X. Aguilar-Miguel, J. Medina-Castro, G. Sierra-Domínguez. 2013. Riqueza específica de vertebrados en un bosque reforestado del parque nacional nevado de Toluca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(1): 360-373.
- Santos, A., A. Hernández, M. Lavariaga, R. Gómez-Ugalde. 2013. Diversidad de aves en cultivos de Santa María Yahuique, Sierra Madre de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(1): 1241-1250.
- Sanz, J. J. 2001. Experimentally increased insectivorous bird density results in a reduction of caterpillar density and leaf damage to Pyrenean oak. *Ecological Research*, 16 (3): 387-394.
- Sekercioglu, C. H., R. Ehrlich, C. Daily, D. Aygen, D. Goehring, R. Sandi. 2001. Disappearance of insectivorous birds from tropical forest fragments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99: 263–267. <https://doi.org/10.1073/pnas.012616199>
- Sekercioglu, C. H., S. Loarie, F. Oviedo, R. Ehrlich, C. Daily. 2007. Persistence of Forest Birds in the Costa Rican Agricultural Countryside. *Conservation Biology*, 21 (2): 482-494.
- Sekercioglu, C.H. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(8): 464-471.
- Solomon, M. E., M. Glen. 1979. Prey Density and Rates of Predation by Tits (*Parus* spp.) on Larvae of Codling Moth (*Cydia pomonella*) under Bark. *Journal of Applied Ecology*, 16: 49-59.
- Sterhr, F. W. 1991. *Immature insects*. Vol. 2. Kendall, Hunt Publishing Company. USA. 975 p.
- Tellez-Farfán, L., A. Sánchez. 2016. Forrajeo de *Zonotrichia capensis* (Passeriformes: Emberizidae) y valor del parche en cercas vivas jóvenes de la sabana de Bogotá. *Acta Biológica Colombiana*. <https://doi.org/10.15446/abc.v21n2.52605>

- Travez T., J., P. Yáñez. 2017. Diversidad y abundancia de avifauna en el campus de la UIDE y el Parque Metropolitano Guanguiltagua, Distrito Metropolitano de Quito, recomendaciones para su conservación. *Serie Zoológica*, 53-69.
- Turienzo, P. D. Iorio. 2010. Insects found in birds' nests from Argentina. *Furnarius rufus* (Gmelin, 1788) (Aves: Furnariidae) and their inquiline birds, the true hosts of *Acanthocrios furnarii* (Cordero & Vogelsang, 1928) (Hemiptera: Heteroptera: Cimicidae). *Zootaxa*, 2700: 1-112.
- Turienzo, P., D. Iorio. 2007. Insects found in birds' nests from Argentina. Part I: a bibliographical review, with taxonomical corrections, comments and a hypothetical mechanism of transmission of cimicid bugs. *Zootaxa*, (1561): 1-52.
- Turienzo, P., D. Iorio. 2008. "Insects found in birds' nests from Argentina: *Anumbius annumbi* (Vieillot, 1817) (Aves: Furnariidae)". *Zootaxa*, 1871 (1): 1-55.
- Turienzo, P., D. Iorio. 2011. Insects found in birds' nests from Argentina. *Myiopsitta monachus* (Boddaert, 1873) (Aves: Psittacidae), exclusive host of *Psitticimex uritui* (Lent & Abalos, 1946) (Hemiptera: Cimicidae). *Zootaxa*, 3053, 1-58.
- Turienzo, P., D. Iorio. 2013. Insectos en nidos de aves de la Argentina: *Asthenes dorbignyi* (Reichenbach, 1853) [Aves: Furnariidae]. *Idesia*, 31 (4): 87-94.
- Valencia-Trejo, G., S. Ugalde-Lezama, F. Pineda-Pérez, L. Tarango-Arámbula, A. Lozano-Osornio, Y. Cruz-Miranda. 2014. Diversidad de aves en el Campus Central de la Universidad Autónoma Chapingo, México. *Agroproductividad*, 7(5), 37-44. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2326.2886>
- Vaugoyeau, M., F. Adriaensen, A. Artemyev, J. Bánbura, E. Barba, C. Biard. 2016. Interspecific variation in the relationship between clutch size, laying date and intensity of urbanization in four species of hole-nesting birds. *Ecology and Evolution*, 6 (16): 5907-5920.
- Whelan, C.J., G. Wenny, J. Marquis. 2008. Ecosystem Services Provided by Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 25-60. doi: 10.1196/annals.1439.003.
- Whitaker, J. O. Jr. 1988. Food habits analysis of insectivorous bats. In: Ecological and behavioral methods for the study of bats (ed TH Kunz). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. pp 171-189.
- Whitaker, Jr., B., Y. Yom-Tov. 2002. The diet of some insectivorous bats from northern Israel. *Mammalian Biology*, 378-380.

6.9 Contribucion de cada autor

CRD: Levantamiento de informacion en campo y anuencia al manuscrito. SUL: Realizo el análisis estadístico de los datos, reviso y dio su anuencia al manuscrito. RMGN: Reviso y dio su anuencia al manuscrito. YCM: Reviso y dio su anuencia al manuscrito. UMR: Reviso y dio su anuencia al manuscrito. JCBE: Reviso y dio su anuencia al manuscrito.

Cuadro 5. Análisis de Kruskal wallis para riqueza, abundancia y diversidad de familias de insectos registrados.

Ji cuadrado	Grados de libertad	Prob > Ji cuadrado
	Riqueza CT-PT-BMM	
6.3275	2	0.0423*
	Abundancia	
	CT	
11.33	5	0.04*
	PT	
5.5	5	0.35
	BMM	
9.02	5	0.1
	CT-PT-BMM	
4.19	5	0.52
	Diversidad CT-PT-BMM	
8.43	2	0.01*

Cuadro 6. Análisis de X2 para riqueza, abundancia y diversidad de familias de insectos registradas.

N	GL	Chi-cuadrada	Valor p
	RIQUEZA		
	CT		
42	5	24.14	0
	PT		
28	5	27.9	0
	BMM		
10	5	19.12	0
	CT-PT-BMM		
69	5	52.9	0
	ABUNDANCIA		
	CT		
162	20	27.78	0.11
	PT		
108	25	33	0.13
	BMM		
60	15	21.6	0.11
	CT-PT-BMM		
240	40	43.18	0.33
	DIVERSIDAD CT-PT-BMM		
18	34	36	0.37

Cuadro 7. Regresión Poisson para las abundancias registradas en los órdenes de insectos enlistados en corte y sacudida de ramas.

Coefficients	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> z)	Significancia
CT					
(Intercept)	2.24	0.15	14.62	< 2e-16	***
Coleóptera	0.08	0.03	2.24	0.02	*
Entomobryomorpha	2.23	0.71	3.10	0.00	**
Himenóptera	-1.20	0.32	-3.73	0.00	***
PT					
(Intercept)	1.08	0.30	3.6	0.00	***
Aránea	0.65	0.22	2.88	0.00	**
BMM					
(Intercept)	1.29	0.09	14.29	0.00	**
Araneae	0.78	0.14	5.56	0.03	*
CT-PT-BMM					
(Intercept)	0.98	0.25	3.88	0.00	***
Araneae	0.13	0.03	3.99	6.46E-05	***
Coleóptera	-0.56	0.21	-2.61	0.00	**
Himenóptera	0.71	0.16	4.42	9.61E-06	***
Lepidóptera	0.25	0.10	2.35	0.01	*
Orthoptera	0.46	0.07	6.48	8.94E-11	***
Psocóptera	-0.51	0.10	-5.12	3.01E-07	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Cuadro 8. Regresión Poisson para la abundancia de familias de insectos registrados en corte y sacudida de ramas.

Coefficients	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> z)	Significancia
CT					
(Intercept)	2.47	0.15	15.85	< 2e-16	***
Cantharidae	0.12	0.04	2.60	0.00	**
Cecidomyiidae	0.85	0.27	3.11	0.00	**
Chrysomelidae	-0.39	0.12	-3.02	0.00	**
Culicidae	-0.82	0.30	-2.71	0.00	**
PT					
(Intercept)	1.33	0.22	5.81	5.92E-09	***
Apidae	1.14	0.36	3.11	0.00	**
BMM					
(Intercept)	1.29	0.09	14.29	0.00	***
Anthocoridae	0.39	0.07	5.56	0.03	*
CT-PT-BMM					
(Intercept)	1.57	0.13	11.44	< 2e-16	***
Apidae	1.64	0.24	6.78	1.15e-11	***
Curculionidae	1.61	0.18	8.97	< 2e-16	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Cuadro 9. Regresión Poisson para la abundancia en los tipos de insectos registrados en corte y sacudida de ramas.

Coefficients	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Significancia
CT					
(Intercept)	1.99	0.13	14.81	< 2e-16	***
Plaga	0.06	0.02	2.77	0.00	**
PT					
(Intercept)	1.33	0.22	5.81	5.92E-09	***
Parasito	1.14	0.36	3.11	0.00	**
BMM					
(Intercept)	-2.89E+00	6.23E-14	-4.64E+13	<2e-16	***
Plaga	-6.93E-01	6.70E-15	-1.04E+14	<2e-16	***
Predador	2.49E+00	3.20E-14	7.76E+13	<2e-16	***
No plaga	4.28E+00	6.25E-14	6.84E+13	<2e-16	***
CT-PT-BMM					
(Intercept)	1.47	0.16	8.76	< 2e-16	***
Parasito	0.14	0.03	4.72	0.00	***
Plaga	0.09	0.02	4.31	0.00	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Cuadro 10. Regresión Poisson para la abundancia en los órdenes de insectos registrados en el análisis de excretas.

Coefficients	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Significancia
CT					
(Intercept)	-0.32	0.36	-0.88	0.37	
Coleóptera	0.41	0.11	3.80	0.00	***
PT					
(Intercept)	-6.93E-01	1.60E-16	-4.33E+15	<2e-16	***
Coleóptera	6.93E-01	1.13E-16	6.13E+15	<2e-16	***
BMM					
(Intercept)	-0.27	0.34	-0.80	0.42	
Coleóptera	0.38	0.12	3.00	0.00	**
CT-PT-BMM					
(Intercept)	-0.15	0.20	-0.74	0.45	
Coleóptera	0.33	0.05	0.05	9.52E-11	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Cuadro 11. Regresión Poisson para la abundancia en las familias de insectos registrados en las excretas.

Coefficients	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Significancia
CT					
(Intercept)	-0.32	0.36	-0.88	0.37	
Chrysomelidae	0.41	0.11	3.80	0.00	***
PT					
(Intercept)	-6.93E-01	1.67E-16	-4.16E+15	<2e-16	***
Carabidae	6.93E-01	2.83E-16	2.45E+15	<2e-16	***
Chrysomelidae	6.93E-01	1.16E-16	5.97E+15	<2e-16	***
BMM					
(Intercept)	-0.27	0.34	-0.80	0.42	
Chrysomelidae	0.38	0.12	3.00	0.00	**
CT-PT-BMM					
(Intercept)	-0.13	0.20	-0.69	0.49	
Chrysomelidae	0.32	0.05	6.46	1.04E-10	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Cuadro 12. Regresión Poisson para la abundancia de ítems (insectos) registrados en las excretas.

Coefficients	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	Significancia
CT					
(Intercept)	-0.32	0.36	-0.88	0.37	
Élitro	0.41	0.11	3.80	0.00	***
PT					
(Intercept)	-6.93E-01	4.34E-17	-1.60E+16	<2e-16	***
Ala	-1.26E-16	3.70E-17	-3.41E+00	0.00	**
Élitro	6.93E-01	2.93E-17	2.37E+16	<2e-16	***
BMM					
(Intercept)	-0.27	0.34	-0.80	0.42	
Élitro	0.38	0.12	3.00	0.00	**
CT-PT-BMM					
(Intercept)	-0.15	0.20	-0.74	0.45	
Élitro	0.33	0.05	6.47	9.52E-11	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

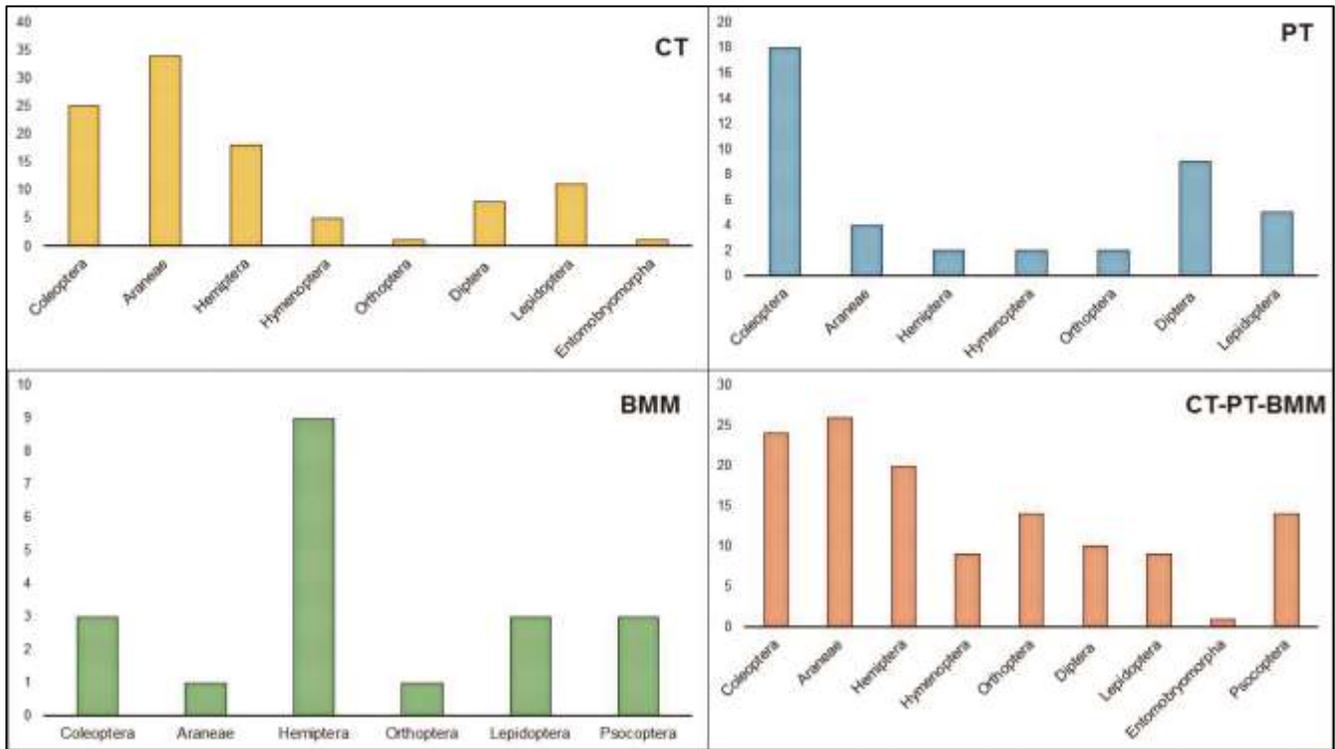


Figura 16. Ordenes de insectos registrados mediante corte y sacudida de ramas.

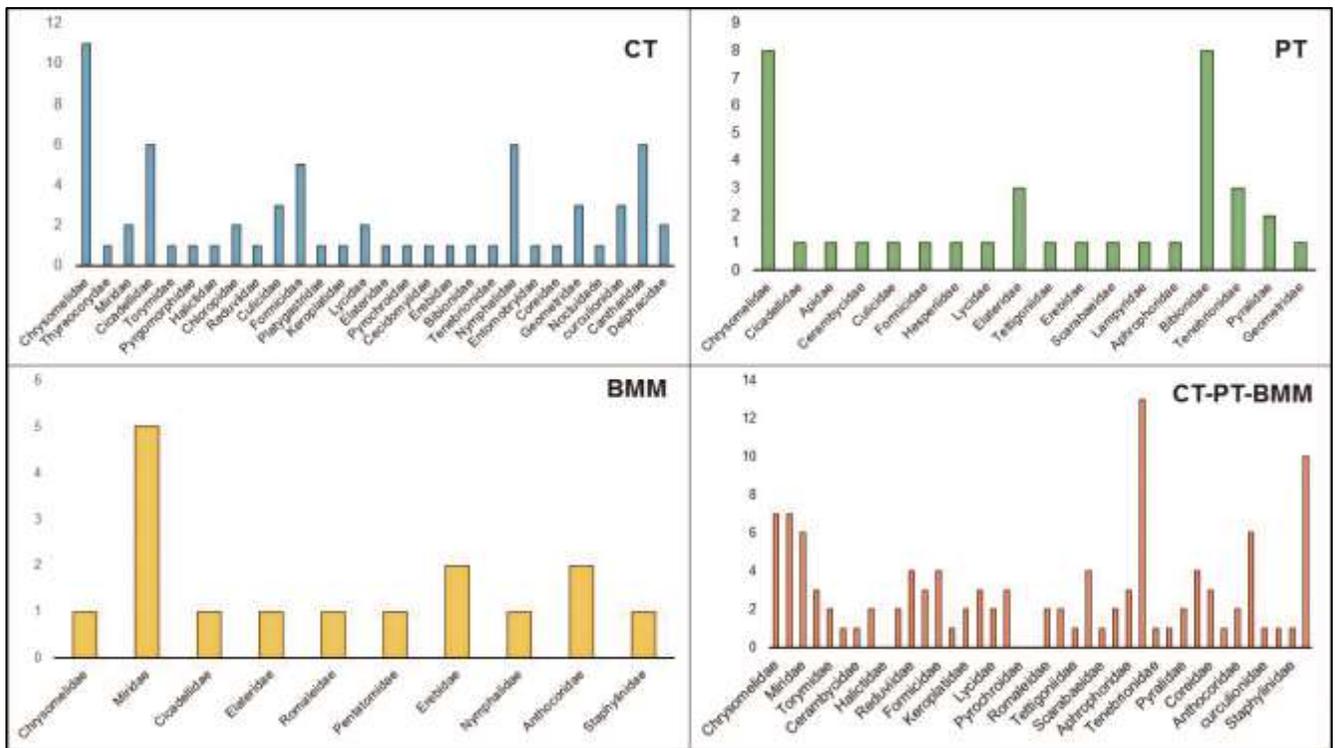


Figura 17. Familias de insectos registradas mediante corte y sacudida de ramas.

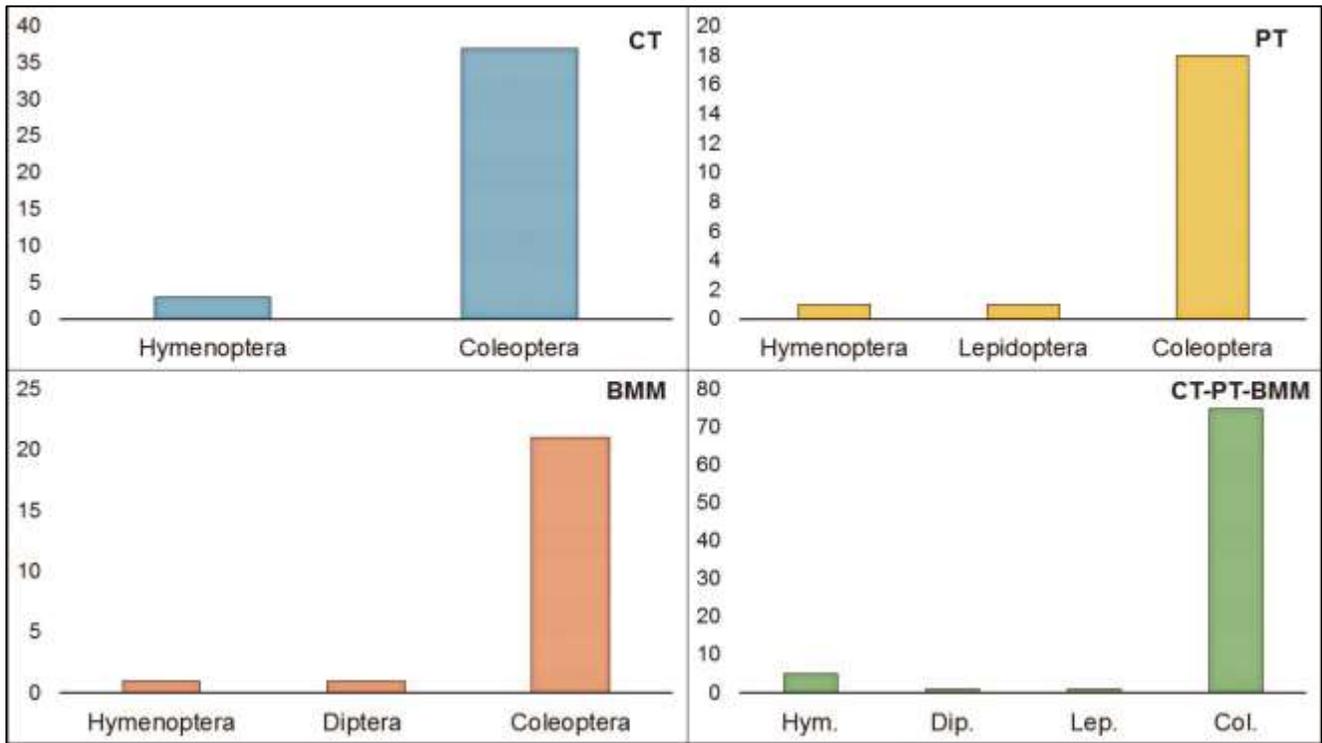


Figura 18. Ordenes de insectos registrados en el análisis de excretas.

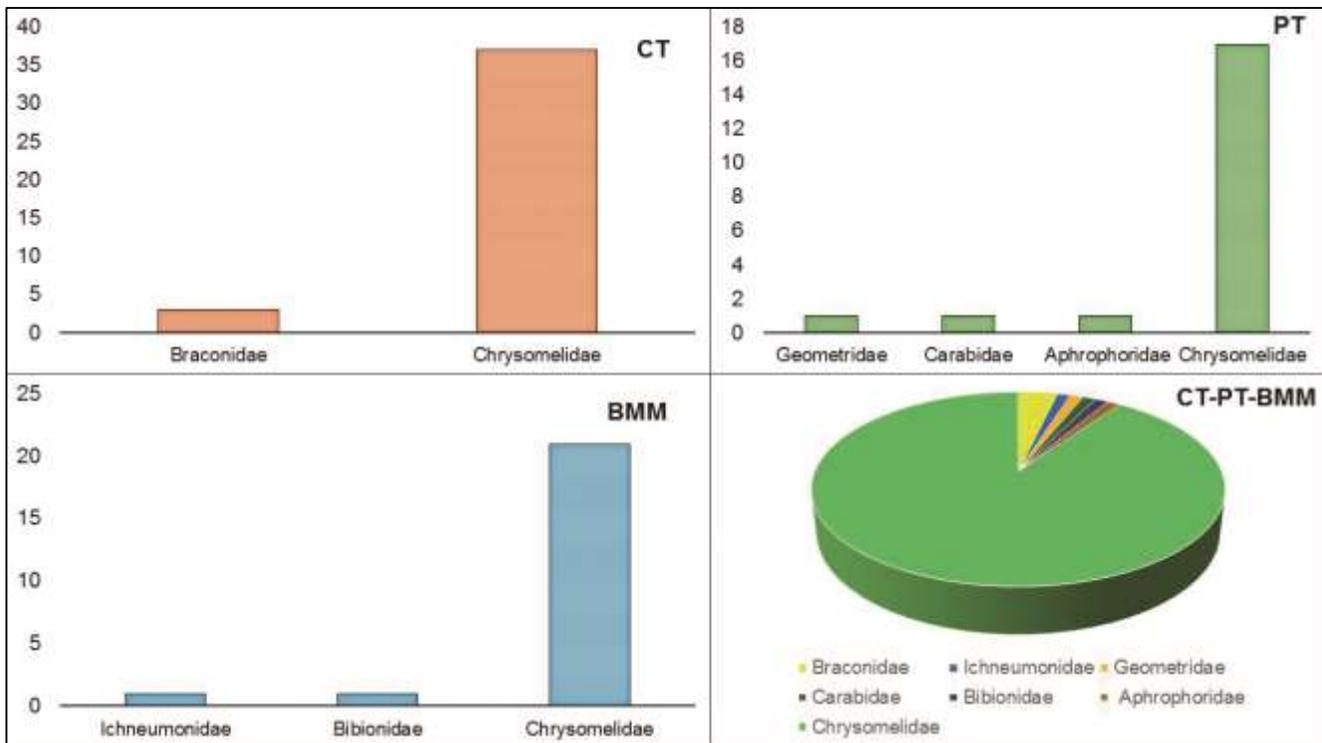


Figura 19. Familias de insectos registrados en el análisis de excretas.

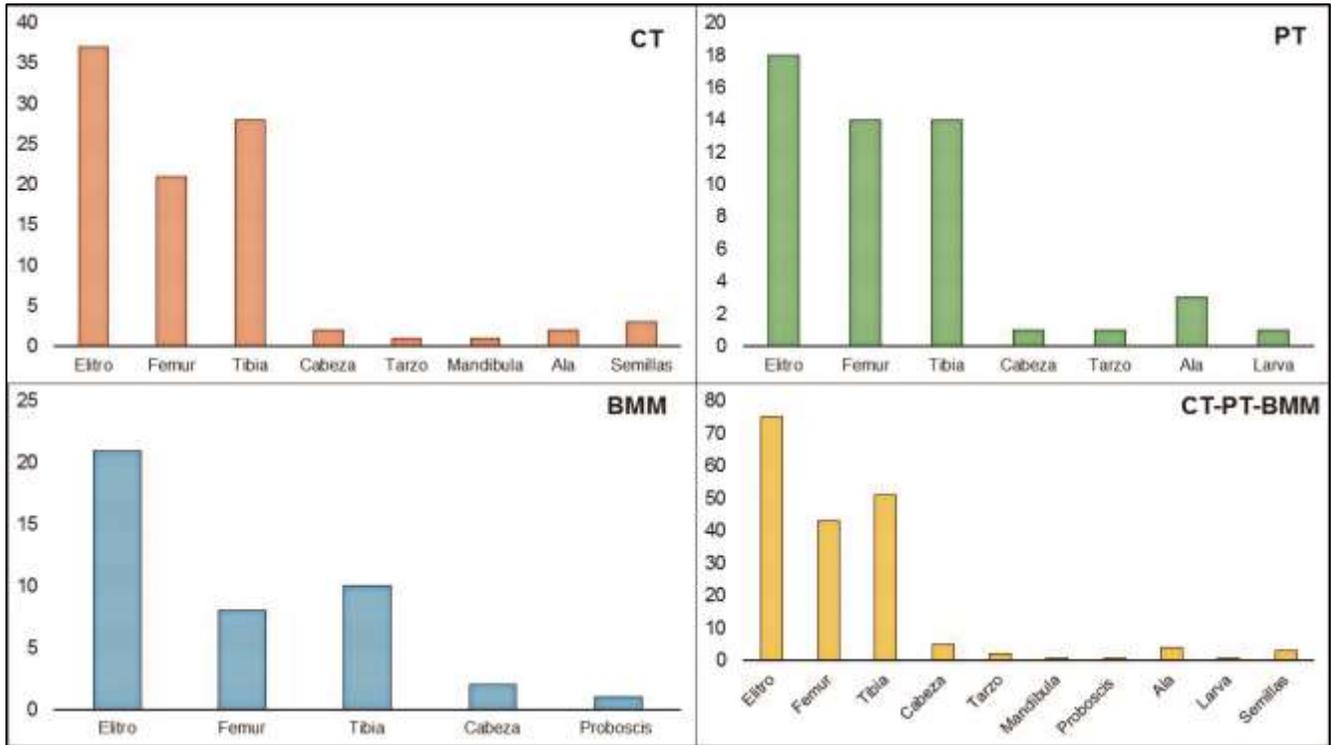


Figura 20. Ítems de los insectos registrados en las excretas analizadas.

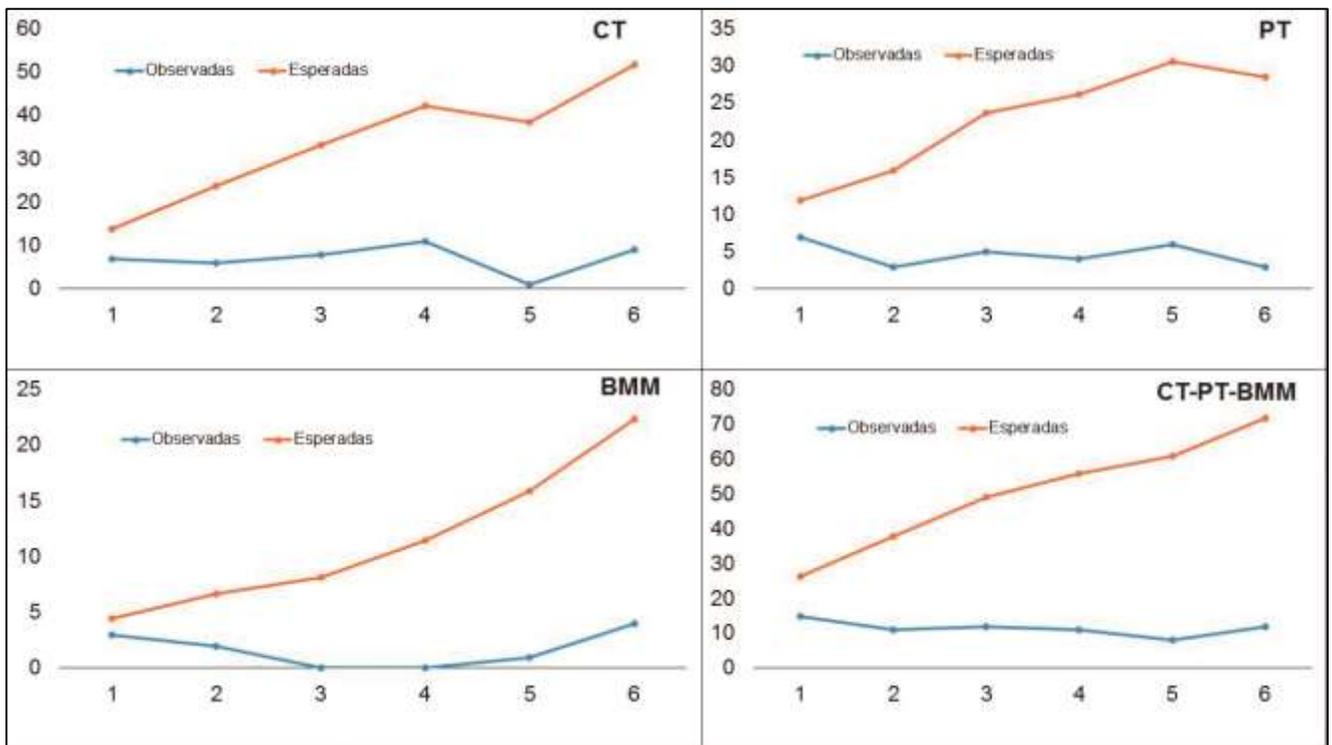


Figura 21. Riqueza de familias de insectos registradas en las condiciones evaluadas.

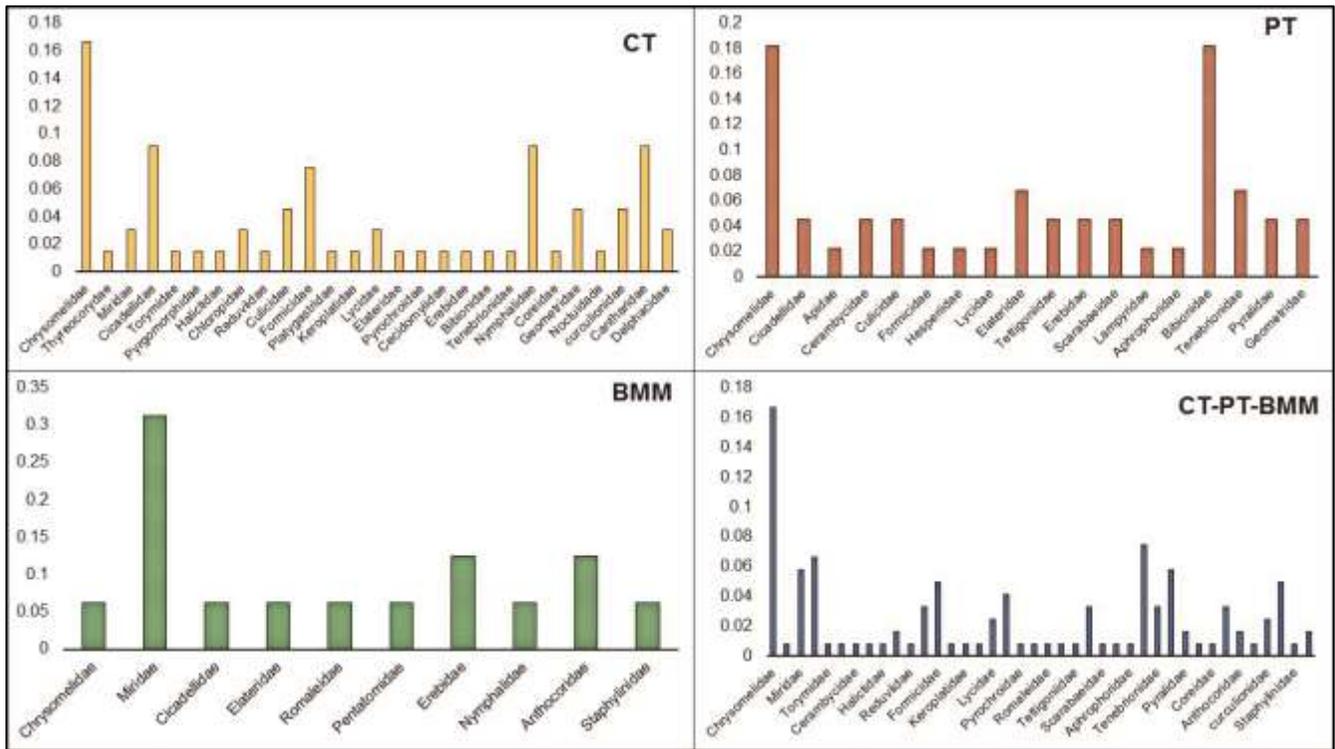


Figura 22. Índice de abundancia relativa de las familias de insectos registradas mediante corte y sacudida de ramas.

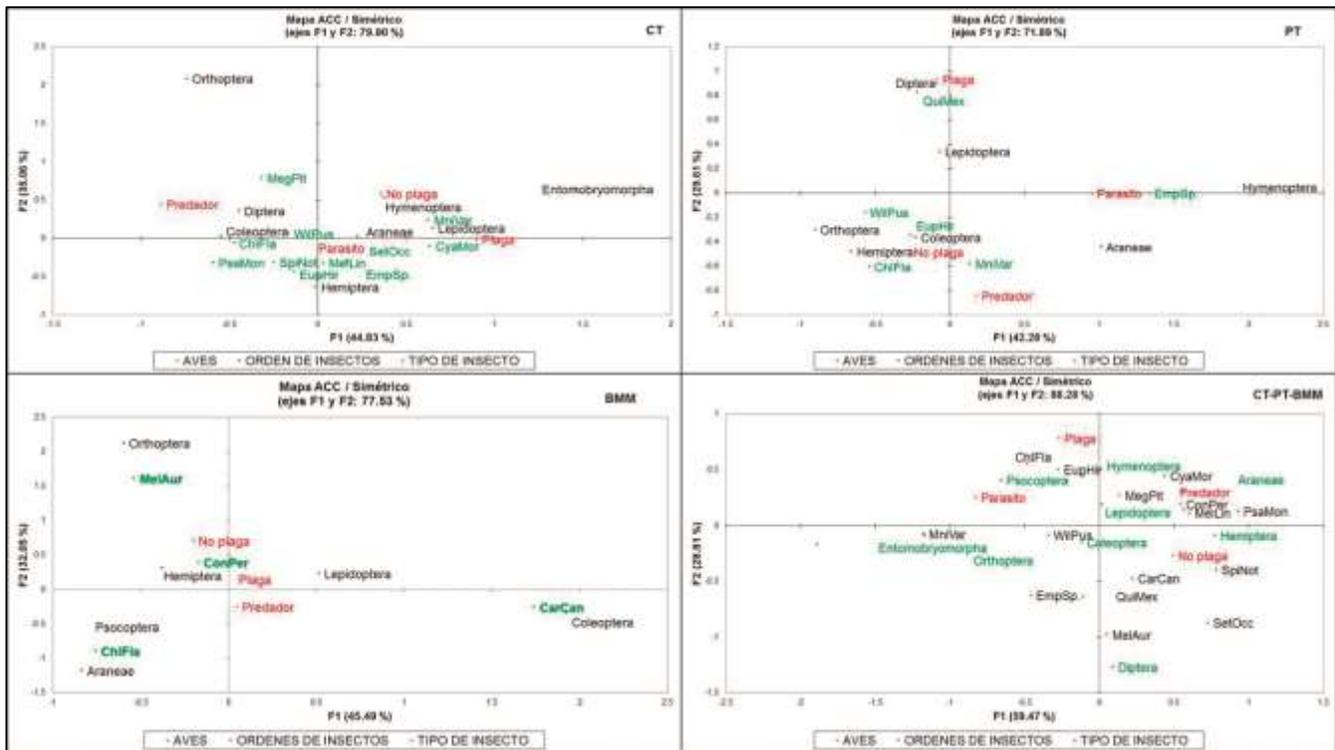


Figura 23. Correspondencia canónica para las aves y ordenes de insectos consumidos.

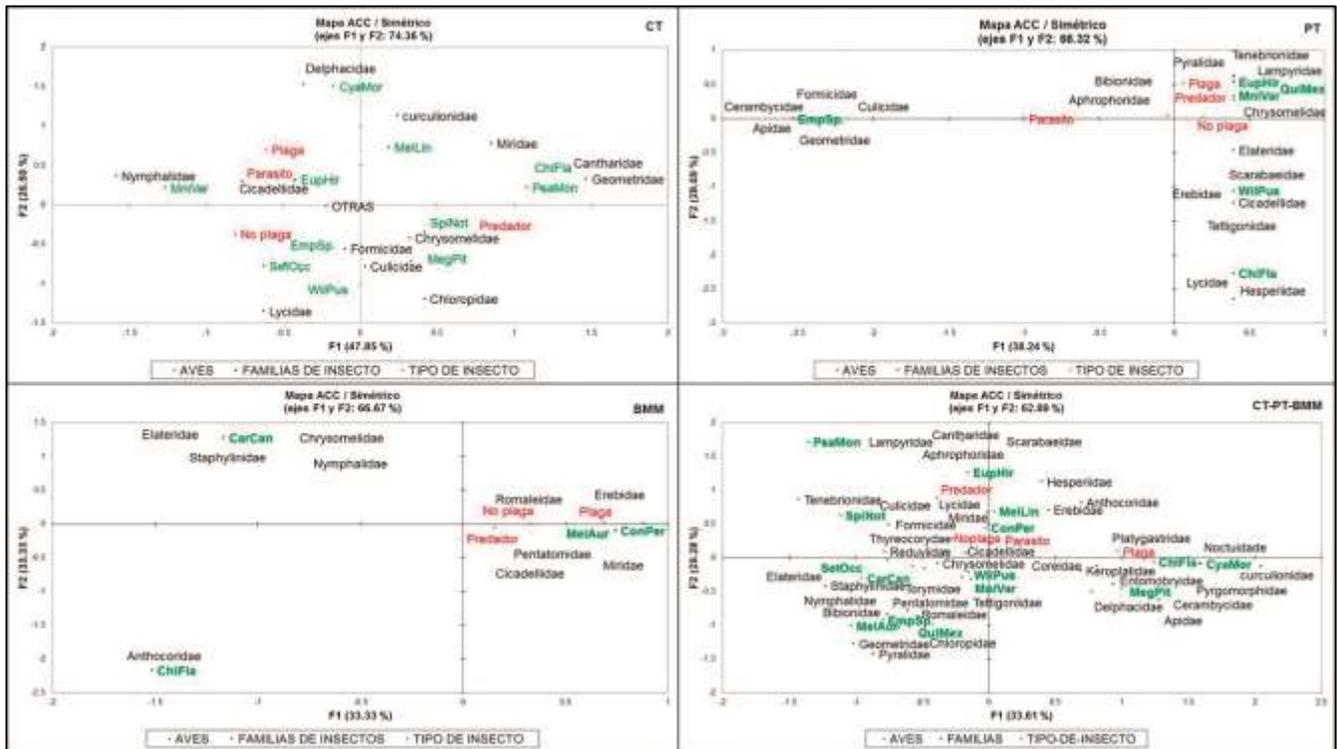


Figura 24. Correspondencia canónica para las aves y familias de insectos consumidos.

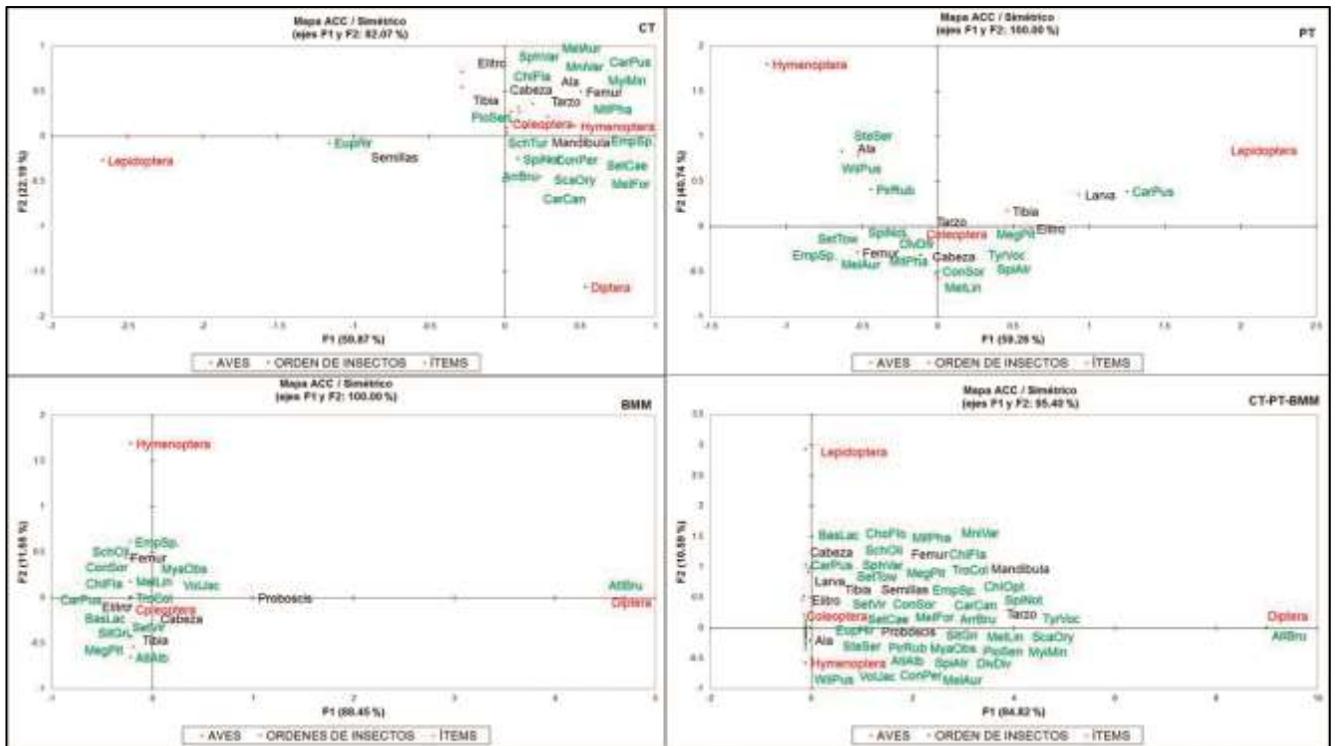


Figura 25. Ordenes e ítems de insectos registrados en las excretas analizadas.

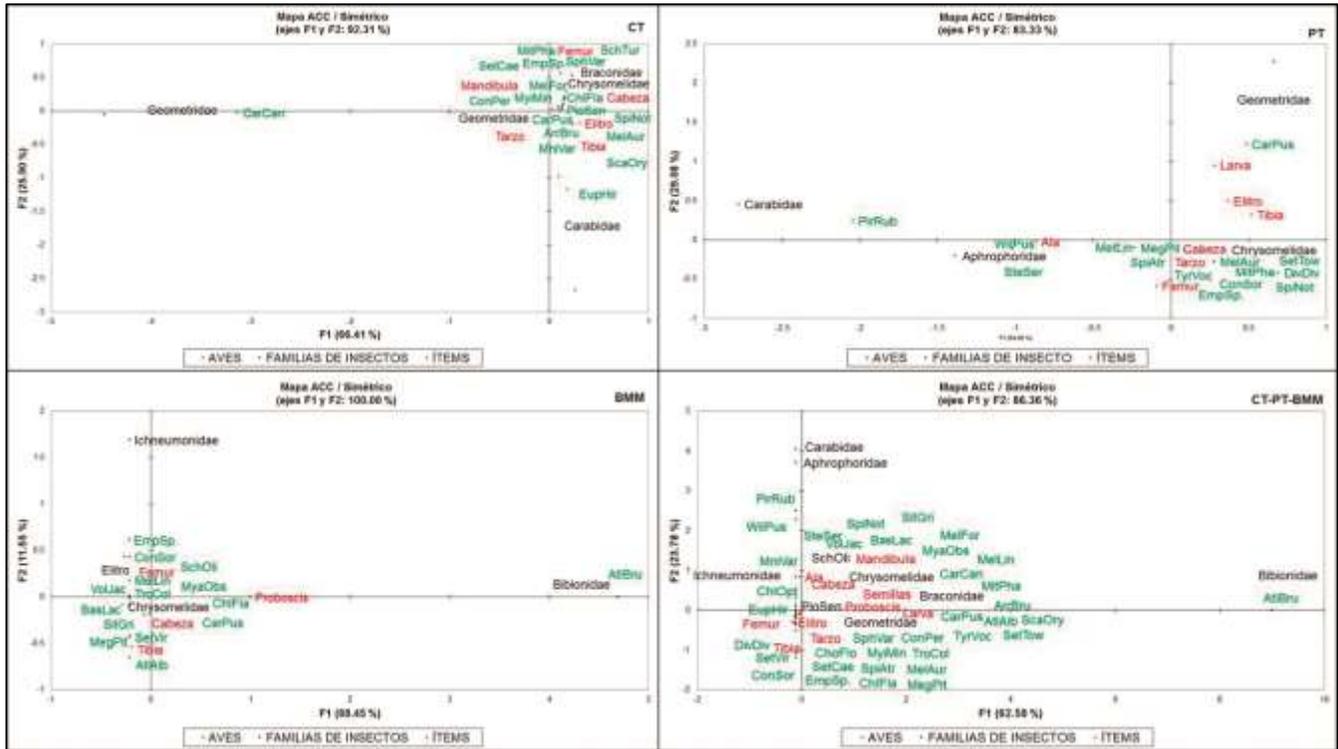


Figura 26. Familias e ítems de insectos registrados en las excretas analizadas.

9. Vegetación y estructura del hábitat que determina la dieta de aves insectívoras en sistemas agroforestales
Vegetation and habitat structure that determines the food stock of insectivorous birds in agroforestry systems

7.1 RESUMEN

Para definir la vegetación y estructura del hábitat en relación a la presencia de aves y presas. De agosto (2018) a enero (2019) se llevó a cabo el seguimiento de aves, vegetación e insectos, empleando recuento en puntos con radio fijo; búsqueda intensiva; corte y sacudida de ramas; Líneas de Canfield; cuadrantes con punto central y el vecino más cercano. Se determinó frecuencia de observación (FO) e índice de abundancia relativa (IAR). Para determinar diferencias y conocer si lo registrado es lo esperado se desarrollaron análisis de Kruskal Wallis y X^2 . Para evaluar asociación entre el hábitat y vegetación en relación con la presencia de aves e insectos se aplicó un análisis de regresión Poisson (ARP). Para conocer el grado de inercia entre el hábitat y vegetación en respuesta a la presencia de aves e insectos se desarrollaron análisis de correspondencia canónica (ACC). La FO señala valores altos para: Aves *Melanerpes aurifrons*, *Cyanocorax morio* y *Empidonax sp.*; Vegetación Poaceae, Selaginellaceae y Verbenaceae; Insectos *Plecia nearctica* y *Chauliognathus pensylvanicus*. El IAR señala valores más altos para: Vegetación Poaceae, Selaginellaceae y Verbenaceae; Insectos *Plecia nearctica* y *Chauliognathus pensylvanicus*. Kruskal Wallis sin diferencias y X^2 que lo registrado es lo esperado por el modelo. El ARP sugiere un AIC= 283.65; 219.4; 240.38. El ACC evidencia una inercia de: 66.26%; 78.54%; 93.89%; y 84.62%. La vegetación y estructura del hábitat son factores determinantes en la abundancia de aves, disponen del stock alimenticio que garantiza la conservación y equilibrio ecológico de los sistemas agroforestales.

Palabras clave: alimentación; avifauna; cobertura-arbórea; conservación; muestreo-sistemático.

7.2 ABSTRACT

To define the vegetation and habitat structure in relation to the presence of birds and prey. From August (2018) to January (2019) the monitoring of birds, vegetation and insects was carried out, using count in points with fixed radius; intensive search; cutting and shaking of branches; Canfield lines; quadrants with central point and the nearest neighbor. Observation frequency (FO) and relative abundance index (IAR) were determined. To determine differences and know if what is recorded is expected, analyzes of kruskal wallis and X2 were developed. To evaluate the association between habitat and vegetation in relation to the presence of birds and insects, a poisson regression analysis (PRA) was applied. To know the degree of inertia between the habitat and vegetation in response to the presence of birds and insects, canonical correspondence analysis (ACC) was developed. The FO indicates higher values for: Birds *Melanerpes aurifrons*, *Cyanocorax morio* and *Empidonax sp.*; Vegetation Poaceae, Selaginellaceae and Verbenaceae; *Plecia nearctica* and *Chauliognathus pensylvanicus* insects. The IAR indicates higher values for: Vegetation Poaceae, Selaginellaceae and Verbenaceae; *Plecia nearctica* and *Chauliognathus pensylvanicus* insects. Kruskal wallis without differences and X2 that what is recorded is expected by the model. The ARP suggests an AIC = 283.65; 219.4; 240.38; NA. The ACC shows an inertia of: 66.26%; 78.54%; 93.89%; and 84.62%. Vegetation and habitat structure are determining factors in the abundance of birds, they have the food stock that guarantees the conservation and ecological balance of agroforestry systems.

Keywords: food; birdlife; tree cover; conservation; systematic sampling.

7.3 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se registran un total de 10, 500 especies de aves (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2014). Sin embargo debido a una serie de acciones antrópicas se presentan efectos negativos crecientes que colocan en riesgo la supervivencia de ecosistemas y el hábitat de varios organismos (Ramírez-Albores, 2009; Vazquez-Perez, Enríquez-Rocha y Rangel-Salazar, 2009). Tales acciones han ocasionado la extinción de varias especies de aves y muchas de ellas se encuentran amenazadas (Cruz y Lauro, 2006).

México registra un total de 1076 especies de aves, de las cuales 102 son endémicas (Valencia-Trejo *et al.*, 2014). Sin embargo a causa de una serie de eventos antrópicos se ha deteriorado drásticamente su ambiente natural poniendo en punto crítico su supervivencia (Almazán-Núñez, Puebla-Olivares y Almazán-Juárez, 2009).

La abundancia y distribución de aves es un reflejo de los componentes históricos y ecológicos. Dentro de los factores ecológicos se destaca la estructura del hábitat y recurso alimenticio (Cuento, 2006). La vegetación que define la diversidad avifaunística se ve transformada en base a una escala espacial integrada a nivel de hábitat y paisaje; y una escala temporal que determina el acervo alimenticio (Buitrón-Jurado y Tobar, 2007). Sin embargo la percepción de como dicho disturbio espacio temporal aqueja a diferentes organismos es aún incipiente (Naranjo y Ulloa, 1997). A pesar de tener estudios sobre el movimiento horizontal de algunas aves en busca de mejores escenarios alimenticios y movimientos verticales de ciertos estratos, los estudios de estas fluctuaciones son muy limitados (Rangel-Salazar, Enríquez y Sántiz López, 2009). El número de especies que habitan cierta región va a depender de tres factores importantes: disponibilidad de alimento, áreas de nidación y depredación a la que pudieran verse expuestas (Serial y Grigera, 2005).

Por su parte los sistemas agroforestales son una alternativa que favorece a la disponibilidad de hábitat para diferentes especies (Abouhamad, Ramírez, Ramírez, Céspedes y Alpizar, 2017). Teniendo un principio conservacionista, bajo un enfoque sostenible (Tzuc-Martínez *et al.*, 2017; García, 2018). La estructura de estos sistemas está integrada por componentes (herbáceo, arbóreo y arbustivo) verticales y horizontales que simulan un ambiente natural favoreciente a la conservación de especies faunísticas en donde las aves pudieran encontrar un nicho trófico que le garantice su supervivencia (Castillo y Calderón, 2017; López-Ferrer, Brito-Vega, López-Morales, Salaya-Domínguez y Gómez-Méndez, 2017).

Un sistema agroforestal de café inmerso en bosque mesófilo de montaña (BMM), se ubica en el Municipio de Huatusco, Veracruz. Dicho sistema está conformado por diferentes especies arbóreas en el cual podrían habitar una gran diversidad de aves. No obstante, a pesar de la importancia que representa este sistema en función de la conservación de especies, hasta el momento no se tienen estudios realizados en donde se aborde esta temática.

7.4 OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue definir la vegetación y estructura del hábitat y su relación en la presencia de aves e insectos presa.

7.5 MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas 19° 09' de latitud norte y 96° 57' de longitud oeste a una altitud de 1933 m snm; perteneciente al municipio de Huatusco, Veracruz, México. Para dicho estudio se consideraron tres condiciones a evaluar: Café tradicional (CT); Potrero (PT); y bosque mesófilo de montaña (BMM) en una superficie total de 32.42 ha. En cada condición evaluada se aplicó un muestreo sistemático a conveniencia con distancias lineales de 150 m entre cada punto. El seguimiento de aves se realizó mensualmente de agosto (2018) a enero (2019) empleando recuento en puntos con radio fijo y búsqueda

intensiva (Ponce *et al.*, 2012; Alonso *et al.*, 2017). Paralelamente se aplicaron Líneas de Canfield para determinar las variables del hábitat (Bueno *et al.*, 2015); cuadrantes con punto central para vegetación herbácea y el vecino más cercano para vegetación arbórea (Mora, Batista Montenegro y López Umaña, 2019). Aunado al recuento en puntos con radio fijo se empleó corte y sacudida de ramas; esta metodología consistió en que el investigador al ubicar a un ave alimentándose colocó una bolsa de plástico sobre la rama en la cual se encontraba el ave y sacudió para colectar a los insectos de los que potencialmente se pudiera estar alimentando esta ave. Se determinó frecuencia de observación (FO) para aves, vegetación e insectos. Índice de abundancia relativa para vegetación e insectos. Con el fin de evaluar diferencias significativas en la vegetación e insectos se aplicó análisis de Kruskal wallis y X^2 para determinar si lo registrado es lo potencialmente presente. Para determinar la posible asociación entre variables del hábitat que determinan la presencia de aves e insectos; se aplicaron análisis de regresión Poisson (ARP), mediante procedimiento de selección de variables polinómica Stepwise, el ajuste de los modelos se realizó con el criterio del mínimo Akaike en R.13.0 (Akaike, 1969). Con la finalidad de determinar el grado de asociación entre la abundancia de aves e insectos determinados por las variables del hábitat y vegetación se aplicaron análisis de asociación mediante correspondencia canónica en el software estadístico XLSTAT versión 2018.7.

7.6 RESULTADOS

Se describieron un total de 495 ejemplares de aves distribuidos en 10 ordenes, 19 familias, 42 géneros y 51 especies; 1741 ejemplares de vegetación agrupados en 38 familias (Fig. 27); y 165 insectos, repartidos en 9 ordenes, 40 familias, 51 géneros y 53 especies (Fig. 28). La FO establece valores altos para: *Melanerpes aurifrons* (8.31%), *Cyanocorax morio* (7.70%; Fig. 29); Poaceae (61.49%; Fig. 30) y *Plecia nearctica* (8.41%; Fig. 31). El IAR señala que la

vegetación de mayor abundancia fue Poaceae (0.61). Por su parte los insectos más abundantes fueron: CT: *Chauliognathus pensylvanicus* (0.1); PT: *Plecia nearctica* (0.25); BMM: Lygaeidae mendax (0.2); y CT-PT-BMM: *Plecia nearctica* (0.084; Fig. 32). Kruskal wallis evidencia similitud en la vegetación evaluada y diferencias en el registro de insectos (Tabla 9). X^2 establece que la vegetación e insectos registrados son los que predominan en las condiciones evaluadas (Tabla 10). La regresión *Poisson* evidencia que sólo siete variables presentan un efecto sobre la abundancia de aves (Tabla 11) y 10 en la presencia de insectos (Tabla 12). El ACC establece una inercia acumulada en sus dos primeros ejes de: Aves: CT= 66.26%, PT= 78.54%, BMM= 93.89%, CT-PT-BMM= 84.62% (Fig. 33); Insectos: CT= 72.71%, PT= 82%, BMM= 98.55%, CT-PT-BMM= 87.98% (Fig. 34). En los gráficos se logra evidenciar como las especies de aves e insectos tienen preferencia por ciertas variables de hábitat y vegetación.

7.7 DISCUSIÓN

Las tendencias registradas para las variables del hábitat y vegetación que determinan la abundancia de aves e insectos concuerdan con lo señalado por Sánchez Gutiérrez, Pérez-Flores, Obrador Olan, Sol Sánchez y Ruiz-Rosado (2016) quienes evaluaron la estructura arbórea de un sistema agroforestal (SAF) en Tabasco, México; en dicho estudio señalan que las familias de vegetación más representativas son Fabaceae, Verbenaceae, Moraceae, entre otros; tal como se registró en el presente en el cual se detectaron aves asociadas al estrato arbóreo (con familias de este tipo) alimentándose de insectos, en su mayoría del orden coleóptera y araneae (algunos considerados plaga); se concuerda con Caprio, Nervo, Isaia, Allegro y Rolando (2015) y Figueroa-Sandoval *et al.* (2019) quienes señalan como la estructura arbórea es un elemento clave en la abundancia de insectos (particularmente carábidos y arañas) que fijan el stock alimenticio de las aves; de acuerdo con Saavedra Alburquerque, Vaz de Mello, Ugaz Cherre y Pacherre Timaná (2015) este estrato dispone de gran cantidad de coleópteros (particularmente

de la familia Scarabaeidae) que podrían relacionarse con la incidencia solar sobre el dosel; esto debido a que los insectos presentan la característica de ser ectotermos por lo cual requieren de calor para cubrir sus requerimientos mínimos; no obstante patrones de segregación, adaptación y utilización de nichos han ocasionado que ciertos insectos al igual que algunas aves se dispongan en el estrato bajo exhibiendo patrones de coexistencia trófica que permiten una adecuación en el reparto de los recursos; se observó cómo especies migratorias de pequeño tamaño se alimentaban sobre la cubierta vegetal del estrato bajo (herbáceas y arbustivas) colectando insectos del orden araneae, coleóptera e himenoptera; de esta forma se puede inferir como la estructura del hábitat determina el acervo alimenticio de la avifauna; tal como lo describen Bosco, Arlettaz y Jacot (2019), Bucher *et al.* (2019), Schaub *et al.* (2010) quienes señalan como el estrato bajo dispone de escarabajos y arañas que alimentan a las aves permitiendo un equilibrio en la abundancia de insectos. En el mismo tenor Morales, Carriles, Delgado y García de la Morena (2008) y Tarjuelo, Traba, Morales y Morris (2017) evidencian patrones de segregación ecológica basada en la estructura vegetal haciendo que ciertas aves utilicen el estrato más bajo para adquirir alimento favoreciendo la coexistencia trófica entre especies; tal como se expone en el análisis de regresión visualizándose individuos de *Molothrus aeneus* quienes se alimentaban en la cobertura herbácea del PT consumiendo insectos del orden lepidóptera y coleóptera. Se coincide con Ortega-Rivera, Flores-Hernández, Zarza y Chávez (2019) quienes señalan como la apertura de dosel en zonas perturbadas permiten mayor radiación que incrementa la incidencia de insectos que podrían tornarse plaga, pero son regulados por aves y otros grupos taxonómicos (reptiles y anfibios) que mantienen la sanidad vegetal de los ecosistemas. No obstante, dicho equilibrio no solo se refleja entre las aves sino también por la presencia de insectos paracitos que controlan la incidencia de organismos perjudiciales para la producción agrícola; de esta forma se registraron cuatro insectos parásitos

en CT y uno en PT que se alimentaban de insectos que podrían ser perjudiciales para ciertas especies forestales cumpliendo el papel de control biológico; se concuerda con Thomson y Hoffmann (2009) quienes señalan que áreas no cultivadas favorecen a una mayor diversidad de artrópodos que alimentan a diferentes grupos taxonómicos (aves, reptiles, anfibios, insectos parásitos, entre otros) dando un equilibrio en la incidencia de insectos para los diferentes estratos; así Traba, Morales , García de la Morena y Delgado (2008) y Puig-Montserrat *et al.* (2017) señalan como la estructura vegetal multiestrato en cultivos orgánicos al igual que los SAF permite una adecuada distribución de recursos exhibiendo patrones de coexistencia en donde las aves disponen de diferentes nichos de utilización en sustratos y estratos horizontales y verticales creando condiciones propicias para una mayor diversidad de artrópodos que cumplen el rol de polinizadores y sirven de alimento para la avifauna y otros grupos taxonómicos. Con forme a esto podemos inferir como los SAF bien diseñados coadyuvan a la conservación avifaunística otorgando nichos de alimentación, refugio, sitios de anidación, áreas de descanso, entre otros; así mismo estas retribuyen a tales beneficios desarrollando funciones ambientales que mantienen el equilibrio ambiental bajo condiciones óptimas exponiendo mejores tasas de producción para los productores.

Las diferencias en la estructura vegetal evaluada (CT, PT, BMM) presentaron un efecto sobre la abundancia de algunas especies de aves; esto concuerda con Arteaga (2018) quien señala que la estructura y composición vegetal determina la abundancia de aves en un sistema agroforestal de pino; así la heterogeneidad vegetal es un factor determinante en la abundancia y distribución de las especies por ello la condición de CT con más estratos hospedó un mayor número de individuos por especie de aves en comparación con PT y BMM, este último se debe a que el presente estudio solo consideró la evaluación de aves del estrato bajo y medio teniendo en

consideración que el mayor número de especies en bosques maduros se disponen en el estrato superior. Ciertos autores señalan que la abundancia de especies es mayor en áreas perturbadas en comparación con zonas conservadas, no obstante, el hecho de que un bosque perturbado soporte un mayor número de individuos no implica que sea de mayor importancia para la conservación; de tal forma Van Horne (1983), McArthur, Boulton, Richard y Armstrong (2019), Roberts y King (2019) señalan que la densidad de individuos por sí sola no debe ligarse positivamente con la calidad del hábitat; es necesario, contemplar otros factores como la composición, estructura y dinámica poblacional; señala que entre la diversidad de hábitats y diversidad faunística, no siempre existe una relación positiva, ya que ésta depende del número de especies generalistas y especialistas; puntualiza la probabilidad de que hábitats más conservados originen un mayor número de individuos y que por efectos territoriales (competencia y segregación por los recursos), el exceso de estos se dispongan en hábitats de menor calidad y sitios con efecto de borde; aunque la abundancia y densidad por si solas no determinan la calidad ambiental, cuando se relacionan con las características de la vegetación permiten generar proyecciones de respuesta sobre las poblaciones de aves convirtiéndose en un instrumento importante para el manejo de hábitat y de las poblaciones que lo utilizan (sean éstas especialistas o generalistas). De esta forma Duran y Kattan (2005) señalan que bosques perturbados con vegetación secundaria como CT y PT rodeados de bosque maduro (BMM) no necesariamente presentan un efecto negativo sobre las comunidades de aves y sus procesos ecológicos (competencia, segregación, entre otros), por ello las especies generalistas también deben ser objeto de conservación ya que estas aportan a la diversidad general y presentan una mayor capacidad de respuesta a factores de perturbación en comparación con especies raras y especialistas.

Desde el punto de vista ecológico las tres condiciones evaluadas (CT, PT, BMM) resultan importantes en la conservación de este grupo taxonómico. En este contexto las abundancias de aves registradas en cada condición no deben contemplarse como un indicador de la calidad ambiental, su interpretación ecológica debe estar asociada a diferentes factores poblacionales y del hábitat para inferir la calidad de estos sistemas productivos.

Este estudio aporta información relevante sobre los SAF y bosque conservado (BMM) en relación a la abundancia de aves y su recurso alimenticio (insectos) para esta región particular de Huatusco, Veracruz, México; sin embargo, para diseñar mejores planes de manejo agroforestal y de mejoramiento del hábitat, son necesarios estudios más específicos que permitan conocer las implicaciones que presentan estos sistemas sobre los parámetros poblacionales de la avifauna como indicadores de la calidad ambiental que permitan la conservación de este y otros grupos taxonómicos.

7.8 CONCLUSIONES

Se logró definir la vegetación y estructura del hábitat en relación a la presencia de aves e insectos presa. Dichos factores son determinantes en la abundancia de aves y disponen del stock alimenticio garantizando la conservación y equilibrio ambiental de los sistemas agroforestales. Este trabajo siembra los primeros antecedentes a futuros trabajos en donde se aborde la temática sobre vegetación y uso de hábitat que determina el acervo alimenticio y coexistencia avifaunística.

7.9 RECONOCIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo de este trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible; y al Centro

Regional Universitario (CRUO) por permitirnos desarrollar este proyecto en sus campos experimentales.

7.10 REFERENCIAS

Abouhamad, S. de L., Ramírez, M. V. R., Ramírez, J. L. M., Céspedes, K. S., & Alpizar, A. L.

S. (2017). Servicios ecosistémicos de regulación que benefician a la sociedad y su relación con la restauración ecológica. *Biocenosis*, 31(1–2), 80–92.

Akaike, H. (1969). Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 21(1969), 243-217.

Almazán-Núñez, R. C., Puebla-Olivares, F., & Almazán-Juárez, Á. (2009). Diversidad de aves en bosques de pino-encino del centro de Guerrero, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 25(1), 123–142.

Alonso Torrens, Y., Hernández Martínez, F. R., & Barrero Medel, H. (2017). Diversidad de aves residentes y permanentes asociadas a un pinar natural de *Pinus tropicalis* y su relación con la estructura vertical de la vegetación. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6 (1), 31-44.

Arteaga, M. (2018). Estructura y composición de la vegetación de dos pinares de *Pinus caribaea* Morelet y su relación con la diversidad de las aves asociadas. *Revista Científico estudiantil Ciencias Forestales y Ambientales*, 3(2), 193-206.

Bosco, L., Arlettaz, R., & Jacot, A. (2019). Ground greening in vineyards promotes the Woodlark Lullula arborea and their invertebrate prey. *Journal of Ornithology*, 160, 799–811. doi.org/10.1007/s10336-019-01666-7

- Bucher, R., Nickel, H., Kaib, S., Will, M., Carchi, J., & Farwig, N. (2019). Birds and plants as indicators of arthropod species richness in temperate farmland. *Ecological Indicators*, *103*(2019), 272-279. doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.011
- Bueno Hurtado, P., Sánchez Cohen, I., Velásquez Valle, M. A., Esquivel Arriaga, G., & Palomo Rodríguez, M. (2015). Caracterización de la vegetación de una microcuenca ubicada en la parte media de la RH36. *Agrofaz*, *15*(2), 143-149.
- Buitrón-Jurado, G., & Tobar, M. (2007). Posible asociación de la ardilla enana *Microsciurus flaviventer* (rodentia: sciuridae) y bandadas mixtas de aves en la amazonia ecuatoriana. *Mastozoología Neotropical*, *14*(2), 235–240.
- Caprio, E., Nervo, B., Isaia, M., Allegro, G., & Rolando, A. (2015). Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems*, *136*(2015), 61-69. doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.009
- Castillo, Y., & Calderón, J. (2017). Plantas usadas por aves en paisajes cafeteros de Nariño, Colombia. *Revista Cde Iencias Agrícolas*, *34*(2), 3–18.
- Cruz, B.-B. J., & Lauro, L.-M. (2006). Asociación de la riqueza y diversidad de especies de aves y estructura de la vegetación en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *77*(2), 235–249.
- Cuento, V. R. (2006). Escalas en ecología: su importancia para el estudio de la selección de hábitat en aves. *Hornero*, *21*(1), 1–13.

- Durán, S. M. & Kattan, G. H. (2005). A test of the utility of exotic tree plantations for understory birds and food resources in the Colombian Andes. *Biotropica*, 37(1), 129-135. doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.03207.x
- Figueroa-Sandoval, B., Pimentel-López, J., Ugalde-Lezama, S., Figueroa-Rodríguez, O. L., Figueroa-Rodríguez, K. A., & Tarango-Arámbula, L. A. (2019). Aves en sistemas agrícolas con labranza de conservación en el centro-norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 22, 31-42.
- García, A. (2018). Fauna silvestre alimentaria de la reserva sierra de Montenegro, Morelos, México. *Ethnoscintia*, 3(2019), 1–15. doi.org/10.22276/ethnoscintia.v3i0.139
- López-Ferrer, U. del C., Brito-Vega, H., López-Morales, D., Salaya-Domínguez, J. M., & Gómez-Méndez, E. (2017). Papel de Trichoderma en los sistemas agroforestales cacaotal como un agente antagónico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(1), 91–100.
- McArthur, N., Boulton, R., Richard, Y., & Armstrong, D. (2019). The role of pine plantations in source-sink dynamics of North Island robins. *New Zealand Journal of Ecology*, 43(1), 3362. doi.org/10.20417/nzjecol.43.12
- Mora, J. M., Batista Montenegro, A. E., & López Umaña, L. I. (2019). Regeneración natural en sitios impactados por incendios en la Reserva Biológica Uyuca, Honduras. *CEIBA A Scientific Technical Journal*, 842(1): 1-10. doi:10.5377/ceiba.v0i0842.5448
- Morales, M., Carriles, T., Delgado, M., & García de la Morena, E. (2008). Sexual differences in microhabitat selection of breeding little bustards *Tetrax tetrax*: Ecological segregation based on vegetation structure. *Acta oecologica*, 34(2008), 345-353.

- Naranjo, L. G., & Ulloa, P. C. de. (1997). Diversidad de insectos y aves insectívoras de sotobosque en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical. *Caldasia*, 19(3), 507–520.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Peterson, A. T., Berlanga-García, H., & Sánchez-González, L. A. (2014). Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.), 476–495. doi.org/10.7550/rmb.41882
- Ortega-Rivera, K., Flores-Hernández, N., Zarza, H., & Chávez, C. (2019). Caracterización del estado fitosanitario de *Quercus obtusata* Bonpl., en bosque mesófilo de montaña, Xicotepec, Puebla Phytosanitary characterization of *Quercus obtusata* Bonpl., in a mountain cloud forest, Xicotepec, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(53), 64-85. doi.https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i53.480
- Ponce Calderón, L. P., Aguilar Valdéz, B. C., Rodríguez Trejo, D. A., López Pérez, E., & Santillán Pérez, J. (2012). Influencia del fuego sobre la riqueza y diversidad de aves en un bosque templado en Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 3(10), 65-76.
- Puig-Montserrat, X., Stefanescu, C., Torre, I., Palet, J., Fàbregas, E., Dantart, J., . . . Flaquer, C. (2017). Effects of organic and conventional crop management on vineyard biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 243(2017), 19–26. doi.org/10.1016/j.agee.2017.04.005
- Ramírez-Albores, J. E. (2009). Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 58(1), 511–528.

- Rangel-Salazar, J. L., Enríquez, P. L., & Sántiz López, E. C. (2009). Variación De La Diversidad De Aves De Sotobosque En El Parque Nacional Lagos De Montebello, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 25(3), 479–495. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S006517372009000300004&script=sci_arttext
- Roberts, P., & King, D. (2019). Variation in plumage reflects avian habitat associations not revealed by abundance. *The Wilson Journal of Ornithology*, 131(2), 339-347. <https://doi.org/10.1676/18-82>
- Saavedra Alburqueque, D., Vaz de Mello, F., Ugaz Cherre, A., & Pacherre Timaná, C. (2015). Coleópteros (Coleoptera: Scarabaeidae) de los bosques de niebla, Ramos y Chin Chin, Ayabaca-Huancabamba, Piura-Perú. *Indes*, 3(1), 108-116. doi: 1025127/indes.201501.009
- Sánchez Gutiérrez, F., Pérez-Flores, J., Obrador Olan, J. J., Sol Sánchez, Á., & Ruiz-Rosado, O. (2016). Estructura arbórea del sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14, 2695-2709.
- Schaub, M., Martínez, N., Tagmann-Ioset, A., Weisshaupt, N., Maurer, M., Reichlin, T., . . . Arlettaz, R. (2010). Patches of Bare Ground as a Staple Commodity for Declining Ground-Foraging Insectivorous Farmland Birds. *PlosOne*, 5, 1-5.
- Serial, R. M. B., & Grigera, D. (2005). Dinámica estacional del ensamble de aves de un bosque norpatagónico de lenga (*Nothofagus pumilio*) y su relación con la disponibilidad de sustratos de alimentación. *Hornero*, 20(2), 131–139.

- Tarjuelo, R., Traba, J., Morales, M., & Morris, D. (2017). Isodars unveil asymmetric effects on habitat use caused by competition between two endangered species. *Oikos*, *126*, 73-81. doi: 10.1111/oik.03366
- Thomson, L., & Hoffmann, A. (2009). Vegetation increases the abundance of natural enemies in vineyards. *Biological Control*, *40*(2009), 259-269. doi:10.1016/j.biocontrol.2009.01.009
- Traba, J., Morales, M., García de la Morena, E., & Delgado, M.-P. (2008). Selection of breeding territory by little bustard (*Tetrax tetrax*) males in Central Spain: the role of arthropod availability. *Ecological Research*, *23*, 615–622. DOI 10.1007/s11284-007-0418-4
- Tzuc-Martínez, R., Casanova-Lugo, F., Caamal-Maldonado, A., Tun-Garrido, J., González-Váldivia, N., & Cetzal-Ix, W. (2017). Influencia de las especies leñosas en la dinámica de arvenses en sistemas agroforestales en Yucatán, México. *Agrociencia*, *51*(3), 315–328.
- Valencia-Trejo, G. M., Ugalde-Lezama, S., Pineda-Pérez, F. E., Tarango-Arámbula, L. A., Lozano-Osornio, A., & Cruz-Miranda, Y. (2014). Diversidad de aves en el Campus Central de la Universidad Autónoma Chapingo, México. *Agroproductividad*, *7*(5), 37–44. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2326.2886>
- Van Horne, B. (1983). Density as a misleading indicator of habitat quality. *Journal of Wildlife Management*, *47*(4), 893-901.
- Vazquez-Perez, J. R., Enríquez-Rocha, P. L., & Rangel-Salazar, J. L. (2009). Diversidad de aves rapaces diurnas en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Revista Mexicana De Biodiversidad*, *80*(1), 203–209. <https://doi.org/10.7550/rmb.21364>

Tabla 9. Kruskal wallis de las abundancias para las familias de vegetación e insectos registrados en las tres condiciones.

Ji cuadrado	Grados de libertad	Prob > Ji cuadrado
Abundancia de vegetación		
	CT	
17.4331	13	0.1803
	PT	
18.9276	15	0.217
	BMM	
16.0572	11	0.139
	CT-PT-BMM	
18.1408	24	0.7961
Abundancia de insectos		
	CT	
15.6698	5	0.0079*
	PT	
18.5276	5	0.0024*
	BMM	
12.2014	5	0.0321*
	CT-PT-BMM	
9.8995	5	0.0781

Tabla 10. Resultados de X2 para la abundancia de familias de vegetación e insectos registrados.

N	Grados de libertad	Ji cuadrado	Prob > Ji cuadrado
VEGETACIÓN			
		CT	
132		65	59.484
		PT	
102		75	79.315
		BMM	
72		33	41.833
		CT-PT-BMM	
114		48	38.137
INSECTOS			
		CT	
216		25	34.138
		PT	
114		20	36.621
		BMM	
60		15	26.08
		CT-PT-BMM	
318		30	35.094

Tabla 11. Regresión Poisson para las variables del hábitat y vegetación que determinan la abundancia de aves.

Coefficients	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> z)	Significancia
CT					
(Intercept)	1.909838	0.213613	8.941	< 2e-16	***
Muestreo	-0.126224	0.041242	-3.061	0.00221	**
Pendiente	-0.005896	0.002588	-2.278	0.02274	*
PT					
(Intercept)	0.84373	0.17041	4.951	7.38E-07	***
Altura de Fuste Limpio	0.24957	0.08919	2.798	0.005137	**
Altingiaceae	-1.64802	0.82629	-1.994	0.046099	*
Altura promedio	0.0325	0.01108	2.933	0.003355	**
Diámetro de arbustivas	0.76798	0.23247	3.304	0.000955	***
BMM					
(Intercept)	-562.35305	251.26374	-2.238	0.02521	*
Cuerpo de agua	-23.99439	10.7374	-2.235	0.02544	*
Altingiaceae	-1.20825	0.57012	-2.119	0.03407	*
Altura	0.31379	0.13993	2.243	0.02492	*
Altura arbórea	0.25712	0.11401	2.255	0.02412	*
Begoniaceae	-0.52851	0.1954	-2.705	0.00683	**
Cálido	7.76888	3.25412	2.387	0.01697	*
Cobertura arbórea	-0.08093	0.0351	-2.306	0.02112	*
Cobertura total	-0.21307	0.09301	-2.291	0.02198	*
Cobertura vegetal arbórea	-0.21661	0.09706	-2.232	0.02563	*
Piperaceae	-0.3086	0.15379	-2.007	0.04478	*
CT-PT-BMM					
(Intercept)	1.318439	0.04456	29.588	< 2e-16	***
Cuerpo de agua	-0.004905	0.255097	-2.53	0.01195	*
Cobertura arbórea	-0.004905	0.001631	-3.008	0.00287	**
Cobertura herbácea	-0.006758	0.002766	-2.444	0.01515	*
Distancia	0.039078	0.013872	2.817	0.00519	**
Melastomataceae	-0.208431	0.103539	-2.013	0.04505	*
Poaceae	0.006529	0.003104	2.103	0.03631	*
Solanaceae	-0.260134	0.126041	-2.064	0.03993	*

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Nota: Coeficientes estadísticamente significativos ($P < 0.05$) de los mejores ajustes en los GLM seleccionados, ajustados mediante un procedimiento de selección de variables polinómica por pasos hacia atrás (Stepwise), entre la frecuencia de aves (y) y las variables del hábitat y vegetación registrados en las condiciones bajo estudio (x). En todos los casos de modelación se asumió una distribución de *Poisson* en la frecuencia (abundancia) de aves registrada y las variables del hábitat y vegetación registrada por sus puntuaciones factoriales (x_i), por lo que se aplicó un logaritmo como función de liga entre la variable dependiente (y) y las variables independientes (x_i).

Tabla 12. Regresión Poisson para las variables del hábitat y vegetación que determinan la abundancia de insectos.

Coefficients	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> z)	Significancia
CT					
(Intercept)	11.339965	2.2316807	5.081	0.000022	***
	9			2	
Altura de Fuste Limpio	0.3241767	0.1332116	2.434	0.021588	*
Altingiaceae	4.2039426	2.00778	2.094	0.045452	*
Altura	-0.0016319	0.0006404	-2.548	0.016596	*
Altura en cm.	0.0206169	0.0049136	4.196	0.000248	***
Altura Arbórea	-0.5102171	0.1612225	-3.165	0.003723	**
Altura promedio	0.0419453	0.0097174	4.316	0.000179	***
Cobertura Arbórea	0.0484761	0.0175949	2.755	0.010197	*
Cobertura Vegetal Arbórea	-0.0855678	0.0226578	-3.777	0.000763	***
Cobertura Vegetal Arbustiva	-0.0801637	0.0221586	-3.618	0.001159	**
Cobertura Vegetal Herbácea	-0.0847409	0.0215242	-3.937	0.000497	***
PT					
(Intercept)	-18.957102	7.619888	-2.488	0.012852	*
Altura	0.010417	0.003954	2.634	0.008432	**
Cobertura vegetal arbórea	-0.124453	0.036646	-3.396	0.000684	***
Frio	1.123305	0.357463	3.142	0.001675	**
BMM					
(Intercept)	-0.2854	0.19702	-1.449	0.168038	
Altura de fuste limpio	0.02867	0.13315	0.215	0.832215	***

Códigos de significancia: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Nota: Coeficientes estadísticamente significativos ($P < 0.05$) de los mejores ajustes del GLM seleccionados y ajustados mediante un procedimiento de selección de variables polinómica por pasos hacia atrás (Stepwise), entre la frecuencia de insectos (y) y las variables del hábitat y vegetación registrados en las condiciones bajo estudio (x). En todos los casos de modelación se asumió una distribución de *Poisson* en la frecuencia (abundancia) de insectos registrada y las variables del hábitat y vegetación registrada por sus puntuaciones factoriales (x_i), por lo que se aplicó un logaritmo como función de liga entre la variable dependiente (y) y las variables independientes (x_i).

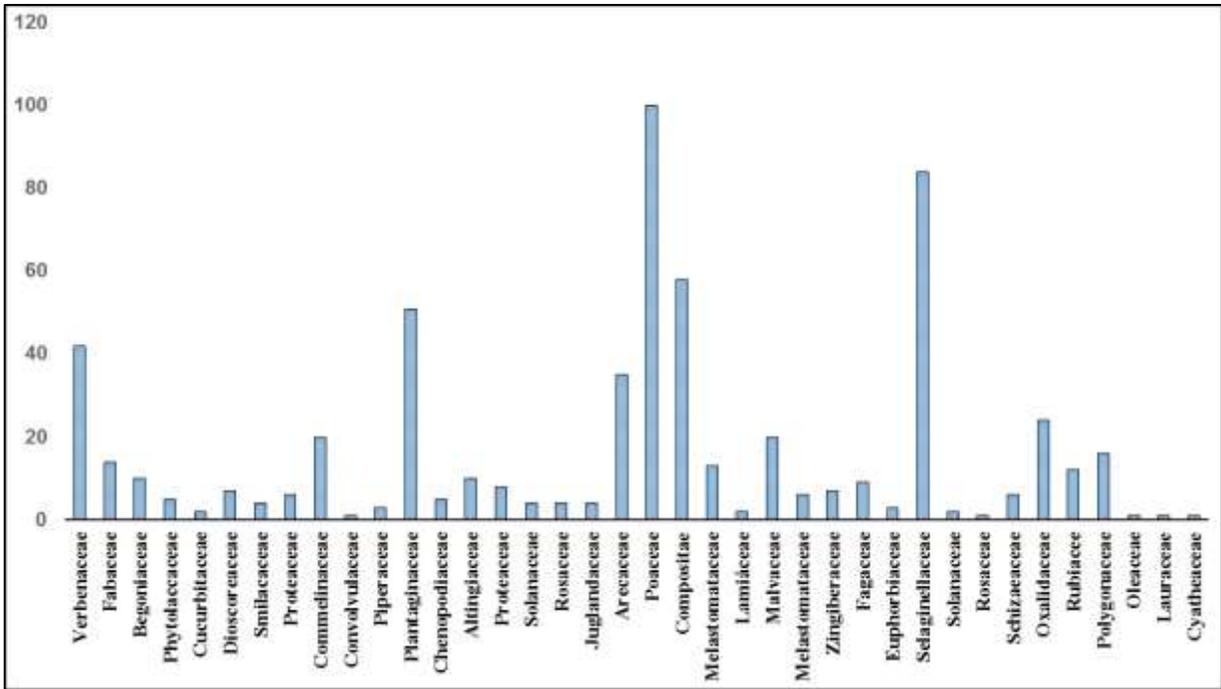


Figura 27. Familias vegetales registradas en las tres condiciones de estudio.

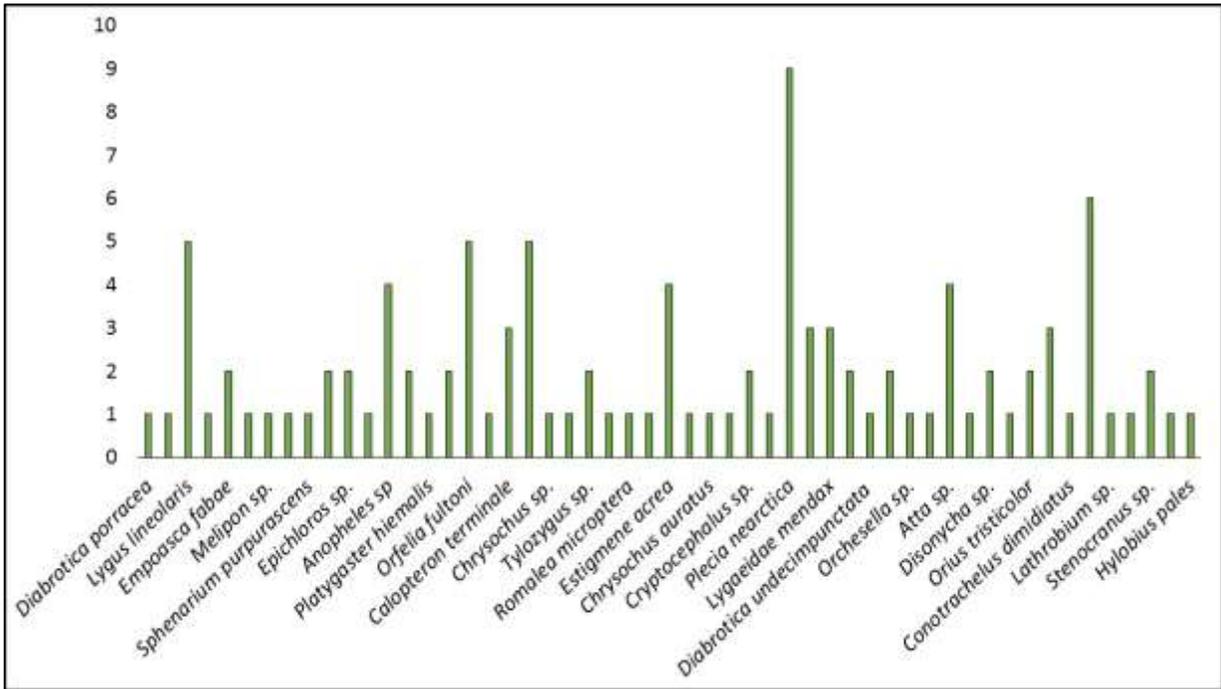


Figura 28. Especies de insectos registrados mediante corte y sacudida en las tres condiciones.

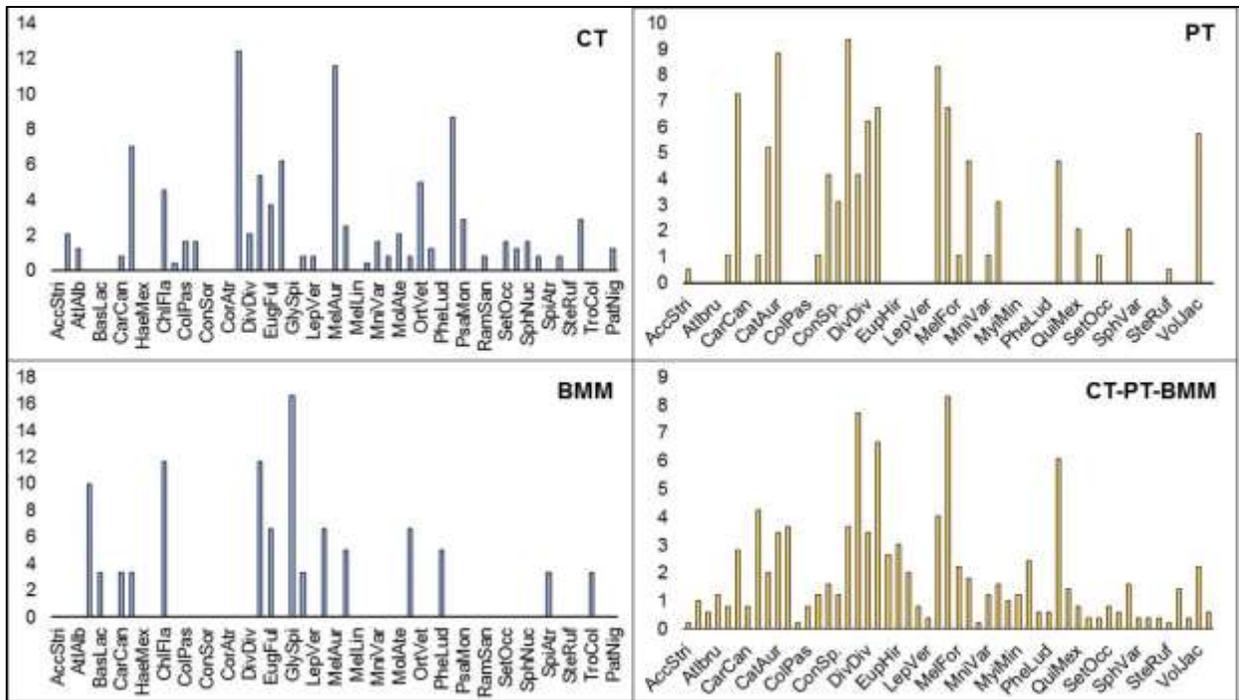


Figura 29. Frecuencia de observación de las aves registradas en las condiciones evaluadas.

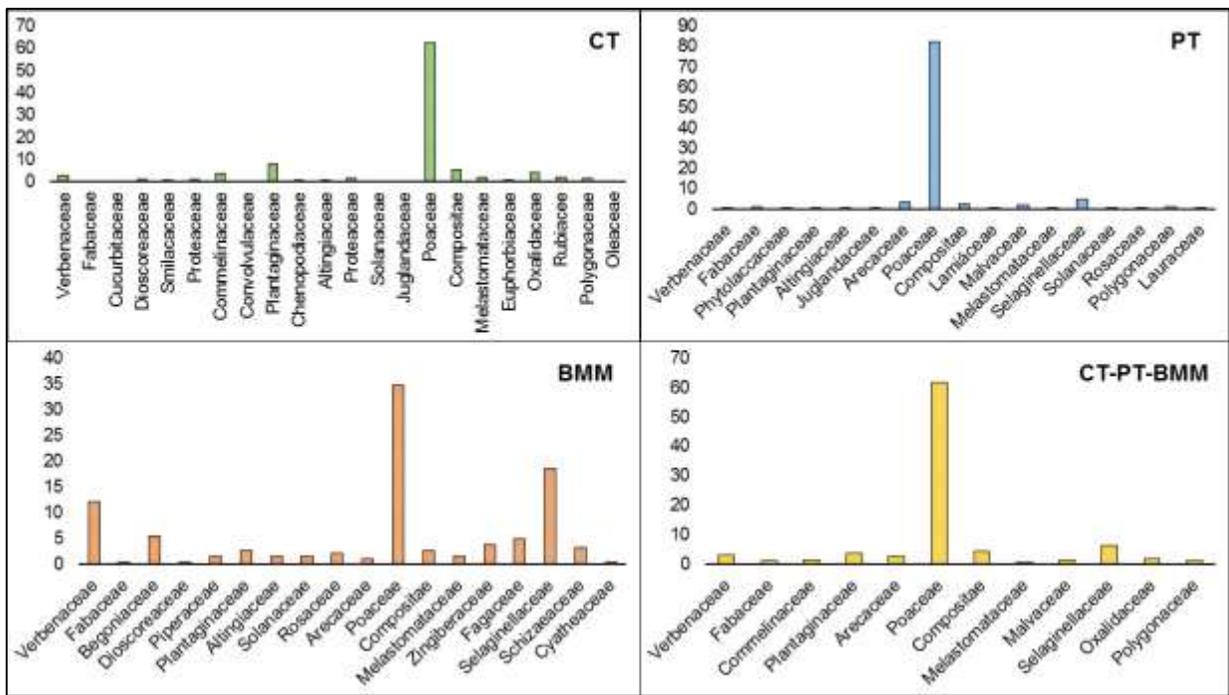


Figura 30. Frecuencia de observación de las familias de vegetación registradas.

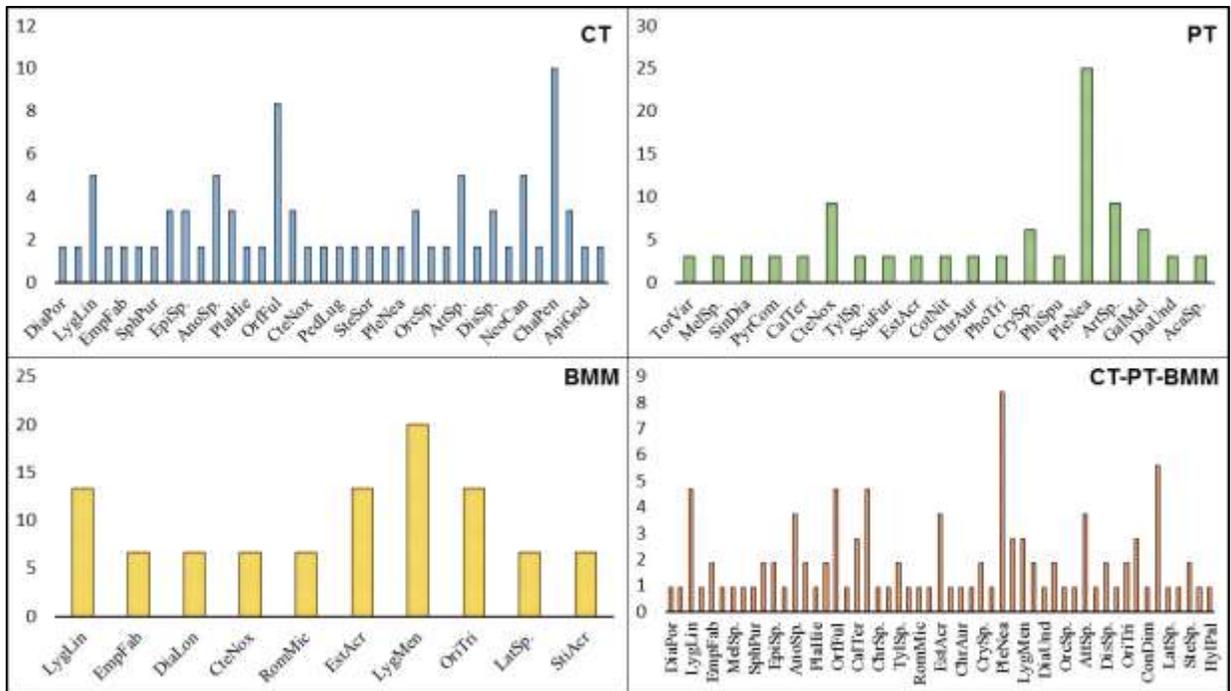


Figura 31. Frecuencia de observación de las especies de insectos registrados.

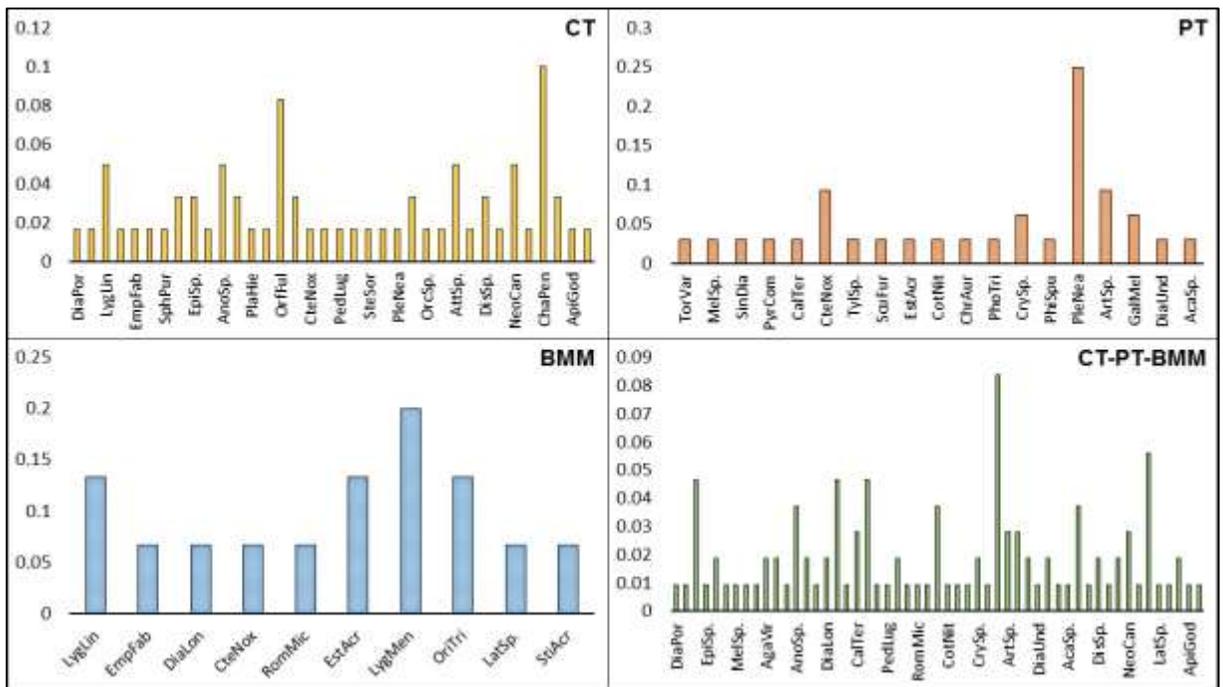


Figura 32. Índice de abundancia relativa de las especies de insectos registrados.

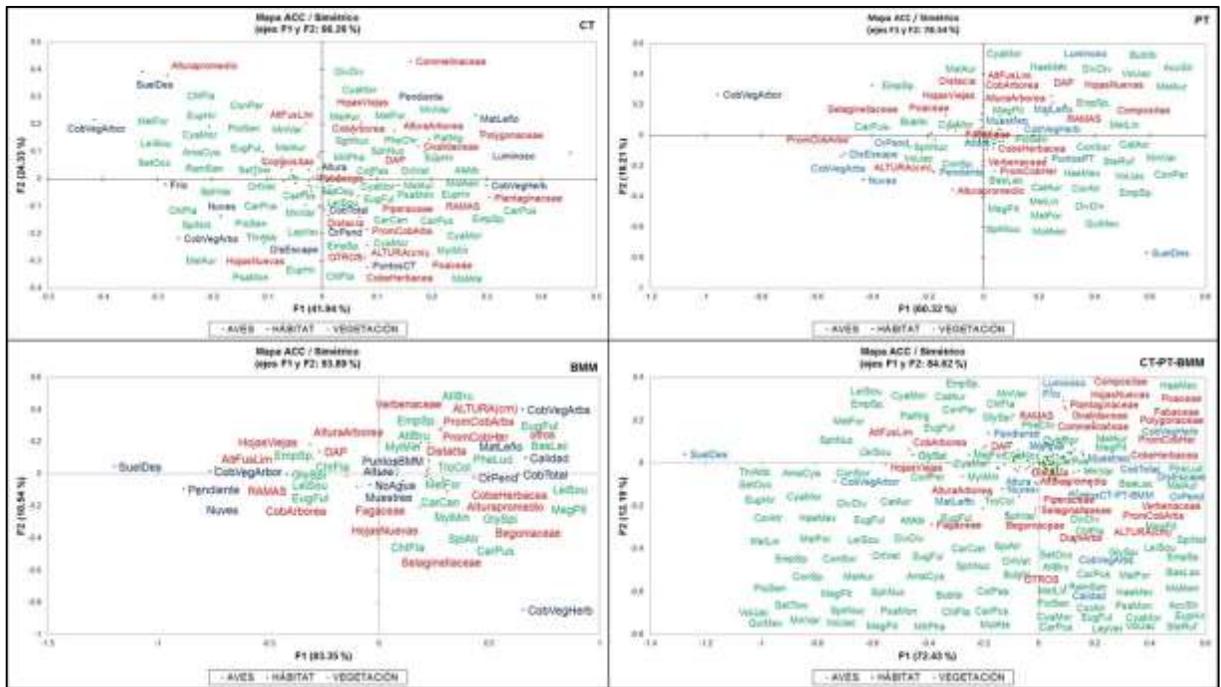


Figura 33. Variables del hábitat y vegetación que determinan la presencia de aves.

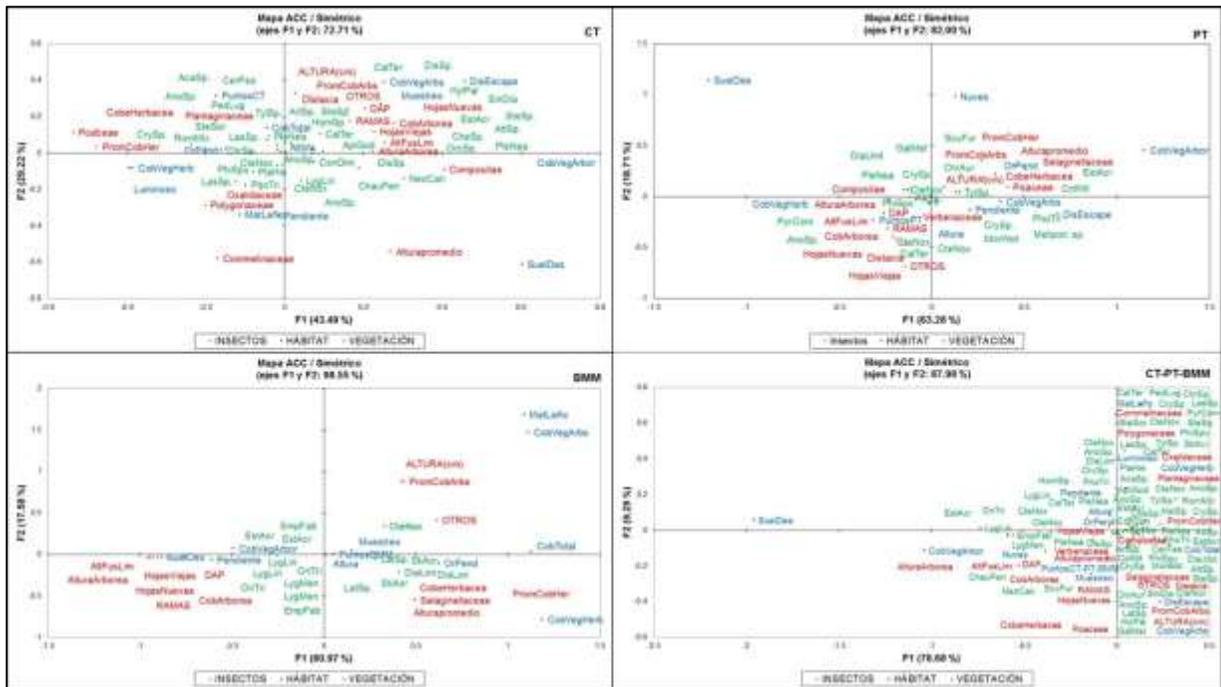


Figura 34. Variables del hábitat y vegetación que determinan la presencia de insectos.