



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

**ESTRUCTURA ARBÓREA Y DIVERSIDAD
DE AVES EN UN BOSQUE CÁLIDO-
HÚMEDO DEL NORTE DE PUEBLA**

ERIKA DANIELA CASTRO RENERO

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2020

La presente tesis titulada: **Estructura arbórea y diversidad de aves en un bosque cálido- húmedo del norte de Puebla** realizada por la alumna: **Erika Daniela Castro Renero** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
CIENCIAS FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. JUAN IGNACIO VALDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR



DR. GREGORIO ÁNGELES PÉREZ

ASESOR



DR. GUSTAVO RAMÍREZ VALVERDE

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2020

ESTRUCTURA ARBÓREA Y DIVERSIDAD DE AVES EN UN BOSQUE CÁLIDO-HÚMEDO DEL NORTE DE PUEBLA

Erika Daniela Castro Renero, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2020

RESUMEN

Los Sistemas Agroforestales (SAF) y Silvopastoriles (SSP) ofrecen alternativas de producción que permiten satisfacer necesidades del ser humano y la conservación de especies. Para analizar la población vegetal y faunística en estos sitios, se estudió la estructura arbórea y las aves encontradas en estos usos de la tierra para compararlos con parches de Vegetación Secundaria (VS) de la zona.

En los tres usos de la tierra (SAF, SSP y VS) se identificaron 44 especies arbóreas de 24 familias. Los índices de Margalef y Shannon no presentaron diferencias significativas entre SAF y VS, pero fueron diferentes estadísticamente con el SSP.

Se registraron 112 especies de aves de 16 órdenes. Las especies migratorias representaron alrededor del 30% de las registradas y el gremio con mayor número de especies fue el insectívoro.

Las Unidades para registro de Aves con radio Variable presentaron diferencias en los índices de Margalef, Fisher y equidad (método DGC) y el índice de Shannon (método de la t modificada de Hutcheson) fue menor ($p < 0.05$) en la VS que en el SAF y SSP.

Un modelo con regresión Poisson mostró la relación de la riqueza de aves con la altura promedio de los árboles y la distribución binomial negativa relacionó la abundancia de aves con la cobertura del dosel, diámetro normal y altura arbórea.

La creación de modelos que permitan inferir la influencia de atributos estructurales arbóreos en la avifauna local es una herramienta necesaria para la toma de decisiones en el manejo del arbolado de estos sistemas de producción.

Palabras clave: Altura y diámetro, densidad y cobertura, riqueza, aves, migratorias, relación, Sistema Agroforestal, Sistema Silvopastoril, Vegetación secundaria

TREE STRUCTURE AND BIRD DIVERSITY IN A SEMI EVERGREEN FOREST IN THE NORTH OF PUEBLA

Erika Daniela Castro Renero, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2020

ABSTRACT

The Agroforestry (AFS) and Silvopastoral (SPS) systems offer production alternatives that allow satisfying human needs and species conservation. To analyze the plant and fauna population in these sites, the tree structure and the birds were studied to compare them with patches of Secondary Vegetation (SV) in the area.

In the three land uses (AFS, SPS and SV) there were identified 44 tree species from 24 families. The Margalef and Shannon indices did not show significant differences between SAF and VS, but they were statistically different to the SSP.

There were recorded 112 species of birds of 16 orders. Migratory species represented around 30% of the birds registered and the guild with the highest number of species was the insectivore.

The Units for recording Birds with Variable radius presented differences in the Margalef, Fisher and equity indices (DGC method) and the Shannon index (Hutcheson's modified t method) was lower ($p < 0.05$) in VS than in the SAF and SSP.

A model with Poisson regression showed the relationship of the richness of birds with the average height of the trees and the negative binomial distribution related the abundance of birds with the canopy cover, normal diameter and tree height.

The creation of models that infer the influence of arboreal structural attributes on the local avifauna is a necessary tool for decision-making in the management of the trees of these production systems.

Key words: Height and diameter, density and cover, richness, birds, migratory, relationship, Agroforestry System, Silvopastoral System, Secondary vegetation

DEDICATORIA

A Vlady, mi compañero de vuelo

A mis dos grandes familias: Castro Renero y Fuentes Mayo cuyo amor, paciencia y apoyo lograron que esto fuera posible

AGRADECIMIENTOS

A la familia Fuentes Mayo por su inmenso apoyo, por los largos días al sol y las noches a la luz de las luciérnagas.

A las familias Fuentes Mayo y Mejía Campos que permitieron llevar a cabo este trabajo en sus hermosas propiedades.

A los Doctores que estuvieron involucrados directa o indirectamente en este trabajo, cuyo conocimiento y guía fueron de gran apoyo.

A los amigos y compañeros del Colegio, por ayudarme a encontrar el mejor camino cuando me encontraba perdida.

Al Sr. Alejandro Palomo, por su conocimiento y gusto por la naturaleza compartidos y que son realmente inspiradores.

Al Colegio de Postgraduados, por el apoyo técnico y financiero

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante mi formación en el posgrado.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
OBJETIVOS.....	2
General	2
Específicos.....	2
Literatura citada	3
CAPÍTULO I. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN TRES USOS DE LA TIERRA EN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA	5
1.1 RESUMEN.....	5
1.2 ABSTRACT	6
1.3 INTRODUCCIÓN.....	7
1.4 OBJETIVOS	8
1.4.1 General	8
1.4.2 Específicos.....	9
1.5 HIPÓTESIS	9
1.6 MATERIALES Y MÉTODOS	9
1.6.1 Composición de especies	10
1.6.2 Curvas de acumulación de especies.....	10
1.6.3 Distribución vertical y horizontal.....	10
1.6.4 Atributos estructurales.....	10
1.6.5 Índice de Valor de Importancia e Índice de Valor Forestal Relativos	11
1.6.6 Índices de riqueza, diversidad y semejanza.....	11
1.7 RESULTADOS	13
1.7.1 Composición de especies	13
1.7.2 Curvas de acumulación de especies.....	13
1.7.3 Distribución vertical y horizontal.....	14

1.7.4	Atributos estructurales.....	18
1.7.5	Índice de Valor de Importancia e Índice de Valor Forestal Relativos	20
1.7.6	Índices de riqueza, diversidad y semejanza	24
1.8	DISCUSIÓN.....	25
1.8.1	Composición de especies	26
1.8.2	Distribución vertical y horizontal	27
1.8.3	Atributos estructurales.....	28
1.8.4	Índice de Valor de Importancia e Índice de Valor Forestal Relativos	29
1.8.5	Índices de riqueza, diversidad y semejanza	30
1.9	CONCLUSIONES.....	31
1.10	LITERATURA CITADA	32
CAPÍTULO II. COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE AVES EN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA		38
2.1	RESUMEN.....	38
2.2	ABSTRACT	39
2.3	INTRODUCCIÓN.....	40
2.4	OBJETIVOS	41
2.4.1	General	41
2.4.2	Específicos.....	41
2.5	HIPÓTESIS	41
2.6	MATERIALES Y MÉTODOS	42
2.6.1	Composición de especies	46
2.6.2	Curvas de acumulación de especies.....	46
2.6.3	Aves migratorias y residentes	47
2.6.4	Gremios tróficos	47
2.6.5	Especies exclusivas y compartidas.....	47
2.6.6	Índices de riqueza, diversidad y semejanza	47
2.7	RESULTADOS	49
2.7.1	Curvas de acumulación de especies.....	49
2.7.2	Composición de especies	51
2.7.3	Migratorias y residentes	51

2.7.4	Gremios tróficos	52
2.7.5	Especies exclusivas y compartidas	55
2.7.6	Índices de riqueza, diversidad y semejanza	56
2.8	DISCUSIÓN.....	66
2.8.1	Composición de especies	66
2.8.2	Aves migratorias y residentes	67
2.8.3	Gremios tróficos	68
2.8.4	Especies exclusivas y compartidas	68
2.8.5	Índices de riqueza, diversidad y semejanza	70
2.9	CONCLUSIONES.....	71
2.10	LITERATURA CITADA	73
CAPÍTULO III. RELACIÓN DE ESTRUCTURA ARBÓREA CON RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE AVES EN TRES USOS DE LA TIERRA EN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA		79
3.1	RESUMEN.....	79
3.2	ABSTRACT	80
3.3	INTRODUCCIÓN.....	81
3.4	OBJETIVOS	82
3.4.1	General	82
3.4.2	Específicos	82
3.5	HIPÓTESIS	82
3.6	MATERIALES Y MÉTODOS	82
3.7	RESULTADOS	85
3.8	DISCUSIÓN.....	93
3.9	CONCLUSIONES.....	94
3.10	LITERATURA CITADA	96
CONCLUSIONES GENERALES		99
ANEXOS		101
1.	Familias y especies arbóreas y sus abundancias por uso de la tierra	101
2.	Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) en los tres usos de la tierra..	103
3.	Índice de Valor Forestal Relativo (IVF R) en los tres usos de la tierra	106

4.	Cálculos de áreas muestreadas para registro de aves.....	109
5.	Familias y especies de aves y sus abundancias por uso de la tierra	111
6.	Especies de aves exclusivas por uso de la tierra	117
7.	Especies de aves compartidas entre usos de la tierra	119
8.	Aves registradas para su relación con estructura arbórea en los tres usos de la tierra	129

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Atributos estructurales en vegetación arbórea de tres usos de la tierra por unidad de muestreo	18
Cuadro 1.2. Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) e Índice de Valor Forestal relativo (IVF R) en Sistema Agroforestal	21
Cuadro 1.3. Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) e Índice de Valor Forestal relativo (IVF R) en Sistema Silvopastoril	22
Cuadro 1.4. Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) e Índice de Valor Forestal relativo (IVF R) en vegetación secundaria.....	23
Cuadro 1.5. Índices de riqueza y diversidad por uso de la tierra.....	24
Cuadro 1.6. Especies compartidas por uso de la tierra.....	24
Cuadro 1.7. Especies exclusivas por uso de la tierra.....	25
Cuadro 2.1. Áreas muestreadas por uso de la tierra.....	42
Cuadro 2.2. Índices de riqueza y diversidad de especies a calcular	48
Cuadro 2.3. Índices de riqueza y diversidad en unidades con radio fijo.....	56
Cuadro 2.4. Índices de riqueza y diversidad en unidades con radio variable (UAV)	58
Cuadro 2.5. Índices de riqueza y diversidad en franjas con ancho y largo variable	60
Cuadro 2.6. Índices de riqueza y diversidad en el total de áreas muestreadas	62
Cuadro 2.7. Valores de p correspondientes a la comparación de índices de diversidad de Shannon por uso de la tierra y área muestreada	64
Cuadro 2.8. Coeficiente de Sorensen por uso de la tierra y área muestreada.....	65
Cuadro 3.1. Variables de estructura arbórea, riqueza y abundancia de aves	83
Cuadro 3.2. Información de los gremios insectívoro y omnívoro considerada para los análisis.....	84
<i>Cuadro 3.3. Pruebas de razón de verosimilitud del modelo de riqueza</i>	<i>86</i>
<i>Cuadro 3.4. Efectos fijos de la regresión Poisson.....</i>	<i>86</i>
Cuadro 3.5. Pruebas de razón de verosimilitud del modelo de abundancia.....	89
<i>Cuadro 3.6. Efectos fijos de la binomial negativa.....</i>	<i>90</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Curvas de especies-área y sus estimadores por uso de la tierra.....	14
Figura 1.2. Distribución vertical (altura total) de la vegetación arbórea por uso de la tierra	14
Figura 1.3. Individuos por estrato vertical (altura total) de la vegetación arbórea	15
Figura 1.4. Distribución horizontal (cobertura de copa en m ²) de la vegetación arbórea por uso de la tierra	16
Figura 1.5. Distribución horizontal por categoría de cobertura de copa y uso de la tierra	16
Figura 1.6. Distribución horizontal (diámetro normal) de la vegetación arbórea por uso de la tierra.....	17
Figura 1.7. Distribución diamétrica por uso de la tierra	17
Figura 1.8. Atributo estructural (densidad) que presentó diferencias significativas entre usos de la tierra.....	19
Figura 1.9. Atributos estructurales que no presentaron diferencias significativas entre usos de la tierra. a) Área basal, b) Cobertura de copa promedio, c) Altura, d) Diámetro normal	20
Figura 2.1. Representación de las áreas muestreadas en Sistema Agroforestal	43
Figura 2.2. Representación de las áreas muestreadas en Vegetación Secundaria	43
Figura 2.3. Representación de las áreas muestreadas en Sistema Silvopastoril	44
Figura 2.4. Imagen satelital del Sistema Agroforestal	45
Figura 2.5. Imagen satelital del Sistema Silvopastoril y la Vegetación Secundaria.....	46
Figura 2.6. Curvas de acumulación de especies Vs. áreas en las unidades con radio fijo.....	49
Figura 2.7. Curvas de acumulación de especies Vs. áreas de unidades con radio variable.....	49
Figura 2.8. Curvas de acumulación de especies Vs. áreas de franjas con ancho y largo variable.....	50
Figura 2.9. Curvas de acumulación de especies Vs. áreas totales muestreadas	50
Figura 2.10. Porcentaje de aves residentes y migratorias por área muestreada	52
Figura 2.11. Número de especies por gremio áreas en unidades con radio fijo.....	53

Figura 2.12. Número de especies por gremio en unidades con radio variable.....	53
Figura 2.13. Número de especies por gremio en áreas de franjas con ancho y largo variable.....	54
Figura 2.14. Número de especies por gremio del área total muestreada.....	54
Figura 2.15. Especies compartidas por pares y en los tres usos de la tierra	55
Figura 2.16. Intervalos de índices de riqueza y diversidad en unidades con radio fijo	57
Figura 2.17. Intervalos de índices de riqueza y diversidad en unidades con radio variable.....	59
Figura 2.18. Intervalos de índices de riqueza y diversidad en franjas con ancho y largo variable.....	61
Figura 2.19. Intervalos de los índices de riqueza y diversidad en el total de área muestreada	63
Figura 3.1. Número de especies obtenidas por a) Temporada, b) Gremio trófico, c) Residente o Migratorio y d) Gregario o Solitario en los tres usos de la tierra.	87
Figura 3.2. Número de especies predichas por a) Temporada, b) Gremio trófico, c) Residente o Migratorio y d) Gregario o Solitario en los tres usos de la tierra.	88
Figura 3.3. Número de individuos obtenidos por a) Temporada, b) Gremio trófico, c) Residente o Migratorio y d) Gregario o Solitario en los tres usos de la tierra.	91
Figura 3.4. Número de individuos predichos por a) Temporada, b) Gremio trófico, c) Residente o Migratorio y d) Gregario o Solitario en los tres usos de la tierra.	92

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los bosques cálidos húmedos también llamados selvas húmedas o bosques tropicales son los ecosistemas terrestres con mayores valores de riqueza de especies (Challenger y Soberón 2008; CONAFOR y Colegio de Postgraduados 2014); sin embargo, se encuentran entre los más perturbados ya que su cobertura vegetal original abarcaba casi 10 millones de ha, la cual disminuyó a 1.3 millones de ha en el 2017 debido al excesivo usos de los recursos naturales por parte del ser humano, registrando las tasas más altas de deforestación para México, Centroamérica y el Caribe (Cerezo *et al.* 2009, Llano y Fernández 2017).

La vegetación primaria ha sido sustituida por pequeñas casas con huertos de traspatio, monocultivos, áreas de uso agropecuario y parches de vegetación secundaria (Estrada y Coates 2003, Cerezo *et al.* 2009, Alvarado *et al.* 2017). Con ello, las especies más sensibles a los disturbios se han visto negativamente afectadas; algunas al grado de su extinción (Ugalde *et al.* 2012, Challenger 2014).

Debido a la necesidad de proporcionar seguridad alimentaria y al mismo tiempo, conservar los ecosistemas, se han establecido sistemas que buscan disminuir el impacto generado por las actividades humanas (Alvarado *et al.* 2017), tal es el caso de los sistemas agroforestales y silvopastoriles que permiten a los propietarios obtener alternativas de producción para satisfacer sus necesidades económicas y sociales, así como la conservación de especies asociadas (Harvey *et al.* 2011, García *et al.* 2015).

Debido a la sensibilidad de algunas especies a los cambios en su hábitat natural, se ha tomado a las aves como indicador de su calidad ya que han demostrado una relación con la estructura y composición de la vegetación existente (Bojorges y López 2006, Ugalde *et al.* 2009). Por otra parte, las perturbaciones promueven la vegetación secundaria que, a su vez, provee de recursos alimenticios a algunas especies de aves y en algunas zonas, los hábitats modificados presentan una riqueza igual o similar a los hábitats naturales, por lo que la diversidad de ornitofauna está relacionada con la

diversidad del paisaje. (Bojorges y López 2005, Ramírez 2010, Ugalde *et al.* 2010, Olvera *et al.* 2020).

Con el objetivo de evaluar la viabilidad de los sistemas productivos como reservorios para la fauna, se han generado modelos a escala de paisaje para diversos grupos de aves en los que se consideran la conectividad de los parches de producción y de la vegetación natural, atributos estructurales, tamaño de la zona de borde, dinámicas poblacionales de las aves, entre otros (González *et al.* 2012, Philpott y Bichier 2012, Godoi *et al.* 2017).

Se ha demostrado que los fragmentos pequeños de vegetación son importantes para la conservación de especies; sin embargo, deben estar asociados a parches fuente o suelos en regeneración (Leyequién *et al.* 2010, Chang *et al.* 2013, Ramírez y Pérez 2018, González *et al.* 2019).

Al considerar a las aves como indicadoras de calidad del ecosistema, es necesario conocer los atributos estructurales arbóreos que influyen su riqueza y abundancia con la finalidad de inferir las condiciones del arbolado y las estrategias para el manejo del mismo.

OBJETIVOS

General

Analizar y comparar la estructura arbórea y diversidad de aves en tres usos de la tierra en Palmagtitan, Sierra Norte de Puebla

Específicos

- Determinar y comparar la estructura y diversidad de árboles en tres usos de la tierra en Palmagtitan, Sierra Norte de Puebla
- Describir y contrastar la composición y diversidad de aves en tres usos de la tierra en Palmagtitan, Sierra Norte de Puebla
- Determinar los atributos estructurales arbóreos que influyen en la riqueza y abundancia de aves en los tres usos de la tierra

Literatura citada

- Alvarado F., Escobar F., Williams D. R., Arroyo-Rodríguez V. y Escobar-Hernández F. 2017. The role of livestock intensification and landscape structure in maintaining tropical biodiversity. *Journal of Applied Ecology*; 185-194
- Bojorges Baños J. C. y López-Mata L. 2005. Riqueza y diversidad de especies de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*; 21 (1): 1 -20
- Bojorges Baños J. C. y López Mata L. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad 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
- Cerezo A., Robbins C. S. y Dowell B. 2009. Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical*; 57 (1-2): 401-419
- Challenger, A. 2014. Paisajes naturales y humanos de México. En *Ecología y manejo de fauna silvestre en México*. Biblioteca básica de agricultura, Colegio de Postgraduados, pp.41- 71
- Challenger A. y Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres. En *Capital natural de México; Volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, pp. 87-108.
- Chang X., Quan R., Wang L. 2013. Bird conservation in extremely small tropical rainforest patches in southwest China. *Biological Conservation*; 158: 188- 195
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Colegio de Postgraduados (COLPOS). 2014. Bosque cálido húmedo. En *Foresta mexicana*, pp.196- 235
- Estrada, A. y Coates-Estrada R. 2003. Las selvas del trópico húmedo. En *Las selvas tropicales de México. Recurso poderoso, pero vulnerable*. México: FCE, SEP, CONACyT 149 p.
- García Mayoral L. E., Valdez Hernández J. I., Luna Cavazos M. y López Morgado R. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques*; 21 (3): 69- 82
- Godoi M. N., Laps R. R., Ribeiro D B., Aoki C. y De Souza F. L. 2017. Bird species richness, composition and abundance in pastures are affected by vegetation structure and distance from natural hábitats: a single tree in pastures matters. *Emu- Austral Ornithology*; 118 (2): 201- 211
- González Martín del Campo F., Navarrete Gutiérrez D. A., Enríquez P. L., Gordillo Pérez M. G. 2019. Diversidad de aves en sitios con distintos usos de suelo en Nuevo Conhuas, Calakmul, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*; 35: 1- 18
- González Valdivia N., Ochoa Gaona S., Ferguson Bruce G., Pozo C., Kampichler C. y Pérez Hernández I. 2012. Análisis comparativo de la estructura, diversidad y composición de comunidades arbóreas de un paisaje agropecuario en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 83: 83-99

- Harvey C. A., Villanueva C., Esquivel H., Gómez R., Ibrahim M., Lopez M., Martinez J. Muñoz D., Restrepo C., Sáenz J. C., Villacís J. y Sinclair F. L. 2011. Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. *Forest Ecology and Management*; 261: 1664-1674
- Leyequién E., De Boer W. F. y Toledo V. M. 2010. Bird Community in a Shaded Coffee Agroecological Matrix in Puebla, Mexico: The Effects of Landscape Heterogeneity at Multiple Spatial Scales. *Biotropica*; 44 (2): 236- 245
- Llano M. y Fernández H. (comps.). 2017. *Análisis y propuestas para la conservación de la biodiversidad en México 1995-2017*. Ciudad de México, 120 pp.
- Olvera Vital A., Rebón Gallardo F., Navarro-Sigüenza A. G. 2020. Diversidad de aves y recambio taxonómico en los diferentes hábitats del municipio de Misantla, Veracruz, México: una comparación de especies a través del tiempo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 91: 1-21
- Philpott S. M. y Bichier P. 2012. Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*; 149: 171- 180
- Ramírez Albores J. E. 2010. 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. y Pérez Suárez M. 2018. Tropical forest remnants as shelters of avian diversity within a tourism development matrix in Yucatan Peninsula, Mexico. *Revista de Biología Tropical*; 66 (2): 799- 813
- Ugalde Lezama S., Alcántara Carbajal J. L., Valdez Hernández, J. I., Ramírez Valverde, G., Velázquez Mendoza J. y Tarango Arámbula L. A. 2010. Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación. *Agrociencia*; 44 (2): 159-169
- Ugalde Lezama S., Alcántara Carbajal J. L., Tarango Arámbula L. A., Ramírez Valverde G., Mendoza Martínez G. D. 2012. Fisonomía vegetal y abundancia de aves en un bosque templado con dos niveles de perturbación en el Eje Neovolcánico Transversal. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 133- 143
- 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.

CAPÍTULO I. ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD ARBÓREA EN TRES USOS DE LA TIERRA EN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA

1.1 RESUMEN

Los Sistemas Agroforestales (SAF) y Silvopastoriles (SSP) han sido una alternativa de producción que proporciona seguridad alimentaria y permite la conservación de especies. En este trabajo se analizó y comparó la composición, riqueza, diversidad y estructura arbórea de estos sistemas con parches de Vegetación Secundaria (VS) de la zona.

Se encontraron 44 especies pertenecientes a 24 familias, siendo las familias Moraceae (8.8%), Rutaceae (8.8%), Euphorbiaceae (6.6) y Fabaceae (6.6%) las que estuvieron mejor representadas.

En el SAF se registraron 22 especies pertenecientes a 16 familias; 123 individuos de 14 taxa agrupados en 11 familias en el SSP y 461 árboles de 24 especies en 17 familias, siendo la Euphorbiaceae la que presentó más individuos registrados en la VS.

Sólo la densidad arbórea presentó diferencias significativas entre los tres usos de la tierra. El coeficiente de Sorensen mostró una semejanza en la composición florística de 16.67% entre SAF y SSP, 38.30% con VS; así como 26.32% entre SSP y VS.

Los índices de riqueza de Margalef y de diversidad de Shannon no presentaron diferencias significativas entre SAF y VS; sin embargo, fueron diferentes con respecto a SSP. Caso contrario al índice alpha de Fisher y equidad que no tuvieron diferencias estadísticas entre los tres usos de la tierra.

Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para mejorar el manejo del arbolado que permita la incrementar la producción, incluyendo la promoción de especies nativas para la conservación de parches remanentes de los bosques cálido- húmedos.

Palabras clave: Altura y diámetro, densidad y cobertura, Sistema Agroforestal, Sistema Silvopastoril, Vegetación secundaria, índices Margalef y Shannon

CHAPTER I. STRUCTURE AND TREE DIVERSITY IN THREE LAND USES IN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA

1.2 ABSTRACT

Agroforestry (AFS) and Silvopastoral (SPS) Systems are a production alternative that provides food security and allows the conservation of species. In this investigation, the composition, richness, diversity and tree structure of these systems were analyzed and compared with patches of Secondary Vegetation (SV).

There were found 44 species belonging to 24 families, being the Moraceae (8.8%), Rutaceae (8.8%), Euphorbiaceae (6.6) and Fabaceae (6.6%) the best represented families.

In the AFS, 22 species from 16 families were registered; 123 individuals of 14 *taxa* grouped in 11 families in the SSP and 461 trees of 24 species in 17 families, being the Euphorbiaceae which presented the most individuals registered in the SV.

Only the tree density showed significant differences between the three land uses. The Sorensen coefficient showed a similarity in the floristic composition of 16.67% between AFS and SPS, 38.30% with SV; as well as 26.32% between SPS and SV.

The Margalef richness and Shannon diversity indices did not show significant differences between AFS and SV; however, they were different to SPS. Contrary to Fisher's alpha index and equity that did not have statistical differences between the three land uses.

The results can be used to improve tree management to increase production, including the promotion of native species for the conservation of remaining patches of tropical forests.

Keywords: Height and diameter, density and cover, Agroforestry System, Silvopastoral System, Secondary vegetation, Margalef and Shannon indices

1.3 INTRODUCCIÓN

Los bosques cálidos húmedos también llamados selvas húmedas o bosques tropicales cuentan con un promedio de precipitación anual superior a los 2,000 mm y una temperatura promedio oscilante entre los 27 y 29 °C (CONAFOR y Colegio de Postgraduados 2014). Son los ecosistemas terrestres con mayores valores de riqueza de especies (Challenger y Soberón 2008; CONAFOR y Colegio de Postgraduados 2014); sin embargo, se encuentran entre los más perturbados ya que su cobertura vegetal original abarcaba casi 10 millones de ha, la cual disminuyó a 1.3 millones de ha en el 2017 debido al excesivo usos de los recursos naturales por parte del ser humano, registrando las tasas más altas de deforestación para México, Centroamérica y el Caribe (Cerezo *et al.* 2009, Llano y Fernández 2017).

Algunos remanentes de este tipo de vegetación incluyen a *Alchornea latifolia*, *Ampelocera hottlei*, *Apeiba tibourbou*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Calophyllum brasiliense*, *Cecropia obtusifolia*, *Ceiba pentandra*, *Cojoba arbórea*, *Cymbopetalum baillonii*, *Erblichia odorata*, entre otras (Ibarra y Cornejo 2010; CONAFOR y Colegio de Postgraduados 2014). Sin embargo, la vegetación primaria ha sido sustituida por pequeñas casas con huertos de traspatio, monocultivos, áreas de uso agropecuario y parches de vegetación secundaria (Estrada y Coates 2003, Cerezo *et al.* 2009, Alvarado *et al.* 2017). Con ello, las especies más sensibles a los disturbios se han visto negativamente afectadas; algunas al grado de su extinción (Ugalde *et al.* 2012, Challenger 2014).

Actualmente, en los bosques cálido-húmedos “se suelen mantener a una o dos cabezas de ganado por ha en tierras que antes sostenían el ecosistema más diverso del planeta” (Challenger 2014); aunque es importante destacar que los cercos vivos utilizados como linderos en los potreros permiten la conectividad con el paisaje al proveer refugio y alimento para la fauna silvestre (Villanueva *et al.* 2008). La agricultura ha ocasionado de igual forma al reemplazo de la vegetación natural, siendo el café uno de los productos más importantes debido a las cantidades que se exportan y el valor económico que éste representa (Martínez *et al.* 2007).

Debido a la necesidad de proporcionar seguridad alimentaria y al mismo tiempo, conservar los ecosistemas, se han establecido sistemas que buscan disminuir el impacto generado por las actividades humanas (Alvarado *et al.* 2017), tal es el caso de los sistemas agroforestales y silvopastoriles que permiten a los propietarios obtener alternativas de producción para satisfacer sus necesidades económicas y sociales, así como la conservación de especies asociadas (Harvey *et al.* 2011, García *et al.* 2015).

Se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre la influencia en la biodiversidad de un sistema agroforestal de cafetal bajo sombra (Guido *et al.* 2008, García *et al.* 2015, Zapata 2019) en los cuales se ha demostrado que los sistemas rusticanos son los mejores para este fin y que el número de especies arbóreas es clave para la biodiversidad en cafetales debido a que soportan una riqueza importante de epífitas y proveen de alimento a la fauna silvestre. Sin embargo, la crisis cafetalera ha provocado que los cafecultores empleen plantas híbridas y fertilizantes químicos con la finalidad de obtener mejores ganancias, dejando de un lado la conservación de especies (Martínez *et al.* 2007, Guido *et al.* 2008).

Por otra parte, Villanueva *et al.* (2008) y Harvey *et al.* (2011) han reportado que los árboles de los sistemas silvopastoriles con cercos vivos y árboles focalizados proveen alimento y sombra al ganado, así como una barrera natural contra fuego y viento. Al mismo tiempo, son una fuente de aprovechamiento de madera para los ganaderos y permiten la conectividad entre paisajes para la fauna silvestre.

Por lo anterior, es necesario analizar la composición y estructura arbórea en sistemas de producción para mejorar su rendimiento y en lo posible, promover especies remanentes de la vegetación original de la zona que permitan la conservación de especies asociadas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Determinar la estructura y diversidad de árboles en tres usos de la tierra en Palmagtitan, Sierra Norte de Puebla

1.4.2 Específicos

- Determinar la estructura y composición de la vegetación arbórea en tres usos de la tierra
- Obtener índices de riqueza y diversidad arbórea en los tres usos de la tierra
- Comparar la estructura y composición de especies, así como la riqueza y diversidad de árboles en los tres usos de la tierra

1.5 HIPÓTESIS

- Las familias Burseraceae y Fabaceae son las más abundantes y con los mayores valores de importancia estructural en los tres usos de la tierra
- Los índices de riqueza y diversidad arbórea son mayores en la vegetación secundaria
- La estructura, composición, riqueza y diversidad arbórea son diferentes en al menos un uso de la tierra

1.6 MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la comunidad de Palmagtitan (20°00'56.0016" N, 97° 20'12.0012"W), perteneciente al municipio de Hueytamalco, enclavado en la Sierra Nororiental de Puebla, a una altitud de entre 450 y 550 msnm (Ramírez *et al.*, 2015). De acuerdo con la clasificación de García (2004), la zona cuenta con clima Af (m); es decir, caliente y húmedo con lluvias todo el año en el cual la precipitación de los tres meses más secos no rebasa el 18% del total anual, temperatura media anual de 21.5 °C, y precipitación total anual de 2,683.6 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2010).

Se eligieron tres usos de la tierra en las cuales se establecieron 11 unidades de muestreo (UM) de 17.85 m de radio (1,000 m²), distribuidas de la siguiente manera: tres en Sistema Agroforestal de cafetal diversificado (SAF), seis en Sistema Silvopastoril (SSP) de potreros con cercos vivos y árboles focalizados para ganado y dos en vegetación secundaria (VS) con más de 20 años de abandono.

1.6.1 Composición de especies

Dentro de la UM se midió el diámetro normal (a 1.30 m del suelo), así como altura total (h) con clinómetro Häglöf HEC2, diámetros menor y mayor de copa de todos los individuos con diámetro normal (DN) ≥ 2.5 cm (Ortega *et al.* 2017, Beltrán *et al.* 2018). Se registró el nombre común de algunas especies con la ayuda de pobladores, se identificaron *in situ* algunas especies con guías de campo de la zona (Ibarra 2007, Vázquez *et al.* 2010, Cornejo e Ibarra 2014) y se colectó material para su identificación en el herbario CHAPA del Colegio de Postgraduados (Villavicencio y Valdez 2003, López y Valdez 2011, Vázquez *et al.* 2011). La nomenclatura taxonómica empleada se consultó en el sitio Tropicos del Missouri Botanical Garden (<http://www.tropicos.org>).

1.6.2 Curvas de acumulación de especies

Se generaron curvas de acumulación especies- área para los tres usos de la tierra; así como sus estimadores no paramétricos (ACE, Chao 1, Jackknife 1 y Bootstrap) mediante 100 aleatorizaciones con reemplazo por medio del programa EstimateS ver.9.1.0. Posteriormente, se eligió el estimador que obtuvo el porcentaje más elevado con respecto a la riqueza obtenida y se graficaron ambos valores (Colwell 2013, Beltrán *et al.* 2018).

1.6.3 Distribución vertical y horizontal

La distribución vertical y horizontal fue determinada por las inflexiones de curvas generadas por el número de individuos y altura, DN y cobertura de copa (Vázquez *et al.* 2011, López *et al.* 2012, Sánchez *et al.* 2017), de las cuales se generaron tres categorías para cada atributo analizado.

1.6.4 Atributos estructurales

Las variables estructurales presentaron una distribución normal, lo cual permitió su análisis con métodos más robustos, como el de comparaciones múltiples DGC, el cual evita el traslape de información debido a su método de agrupación, facilitando la comparación de medias e interpretación de los resultados (Di Renzo *et al.* 2002,

Magurran 2004). Dicho procedimiento se llevó a cabo con el programa estadístico InfoStat ver.2017 (Di Renzo *et al.* 2017).

1.6.5 Índice de Valor de Importancia e Índice de Valor Forestal Relativos

Con la finalidad de jerarquizar por importancia ecológica las especies, se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) y el Índice de Valor Forestal (IVF) para priorizar los árboles considerando su densidad, dominancia, frecuencia, DN, altura total y cobertura de copa (Curtis y McIntosh 1951, Corella *et al.* 2001, Villavicencio y Valdez 2003).

$$IVI = Dr + Domr + Fr$$

$$IVF = DNr + Ar + Cr$$

Donde:

Dr= Densidad relativa

DNr= Diámetro normal relativo

Domr= Dominancia relativa

Ar= Altura total relativa

Fr= Frecuencia relativa

Cr= Cobertura de copa relativa

1.6.6 Índices de riqueza, diversidad y semejanza

Por medio del programa Past (Hammer *et al.* 2001) se calculó el índice de riqueza de Margalef (D_M), que es la relación total de especies y de individuos observados (Magdaleno *et al.* 2005).

$$D_M = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

Donde:

S= Número de especies

N= Número total de individuos de todas las especies

Para conocer la heterogeneidad de especies en cada UM, se calculó el índice de diversidad de Shannon (H') el cual aumenta a medida que se incrementa la riqueza y los individuos se distribuyen más homogéneamente (Shannon 1948, Somarriba 1999, Ruiz *et al.* 2015).

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

Donde:

S= Número de especies

P_i= Proporción de individuos de la especie i

De igual forma, se obtuvo la equidad (E) que es la proporción de la diversidad observada respecto a la máxima esperada (Carreón y Valdez 2014, Ortega *et al.* 2017).

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde:

H'= Índice de Shannon

S= Número total de especies

Por último, se calculó el índice alfa de Fisher (S) cuyo modelo de abundancia representa la diversidad en función del número de individuos y de especies (López *et al.* 2012, Sánchez *et al.* 2017).

$$S = \alpha \ln [1 + (N/\alpha)]$$

Donde:

S= Número total de especies

α= Índice alfa de Fisher

N= Número de individuos en la muestra

La semejanza florística entre las UM se analizó con el coeficiente de Sorensen (IS) que se basa en la relación presencia- ausencia entre el número de especies para dos sistemas (Zarco *et al.* 2010, Ruiz *et al.* 2015).

$$IS = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

Donde:

A= Número de especies de la comunidad A

B= Número de especies de la comunidad B

C= Número de especies compartidas por las comunidades A y B

Al igual que para los atributos estructurales, los índices de riqueza y diversidad presentaron distribución normal, por lo que se utilizó la prueba DGC con InfoStat ver.2017 (Di Renzo *et al.* 2002, Magurran 2004, Di Renzo *et al.* 2017) para su comparación.

1.7 RESULTADOS

1.7.1 Composición de especies

En los tres usos de la tierra se registraron 34 especies nativas, 10 exóticas y una sin determinar dentro de las cuales, una se encuentra catalogada como vulnerable por la IUCN (2020) y sujeta a protección especial (*Cedrela odorata* L.) por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat 2010). Se obtuvo un total de 44 especies pertenecientes a 24 familias (Anexo 1), siendo las familias Moraceae (8.8%), Rutaceae (8.8%), Euphorbiaceae (6.6) y Fabaceae (6.6%) las que estuvieron mejor representadas.

En las UM de SAF se registraron 187 individuos de 22 especies pertenecientes a 16 familias, en el SSP se encontraron 123 árboles de 14 taxa agrupados en 11 familias y la VS registró la mayor abundancia con 461 árboles de 24 especies y 17 familias, siendo la Euphorbiaceae la que presentó más individuos registrados.

1.7.2 Curvas de acumulación de especies

La Figura 1.1 muestra las curvas de acumulación de especies por uso de la tierra; así como el estimador Chao 1 con el cual SAF tuvo un 89.32%, SSP 97.42% y VS 98.52% de ajuste.

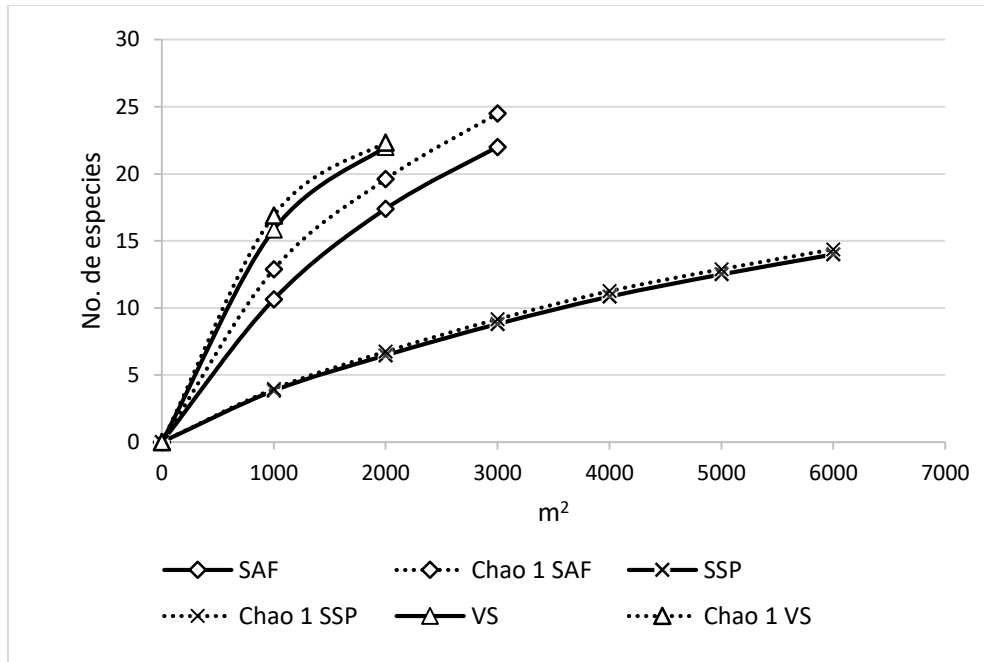


Figura 1.1. Curvas de especies-área y sus estimadores por uso de la tierra (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

1.7.3 Distribución vertical y horizontal

La Figura 1.2 muestra las alturas máximas registradas por uso de la tierra y la tendencia en a concentrar la mayoría de los individuos en alturas menores a 11 m.

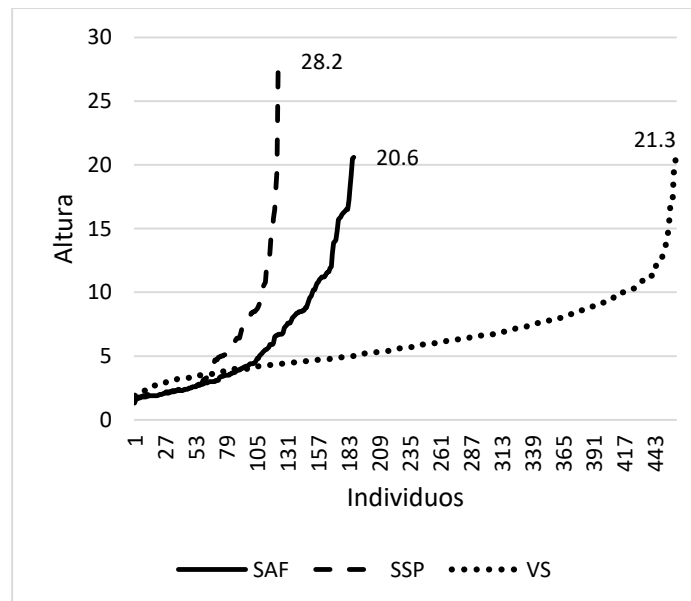


Figura 1.2. Distribución vertical (altura total) de la vegetación arbórea por uso de la tierra (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

En el SAF, el estrato inferior (1.3 - 5 m) conformado por 107 individuos estuvo dominado por *Coffea arabica* L. y *Citrus tangerina* Yu. Tanaka, el intermedio (5.1 – 11.3 m) con 56 árboles por *Heliocarpus appendiculatus* Turcz. y el superior (≥ 11.4 m) con 24 individuos por *C. odorata*.

En el caso de SSP, los tres estratos estuvieron representados por *B. simaruba* con más del 60% de individuos de la población.

En la VS se identificó a *Alchornea latifolia* Sw. como dominante en los tres estratos, acompañada de *Conostegia xalapensis* (Bonpl.) D. Don al igual que *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth en el inferior y *Cinnamomum verum* J. Presl en el intermedio.

En la Figura 1.3 se observa la distribución de individuos por estratos de altura y por uso de la tierra.

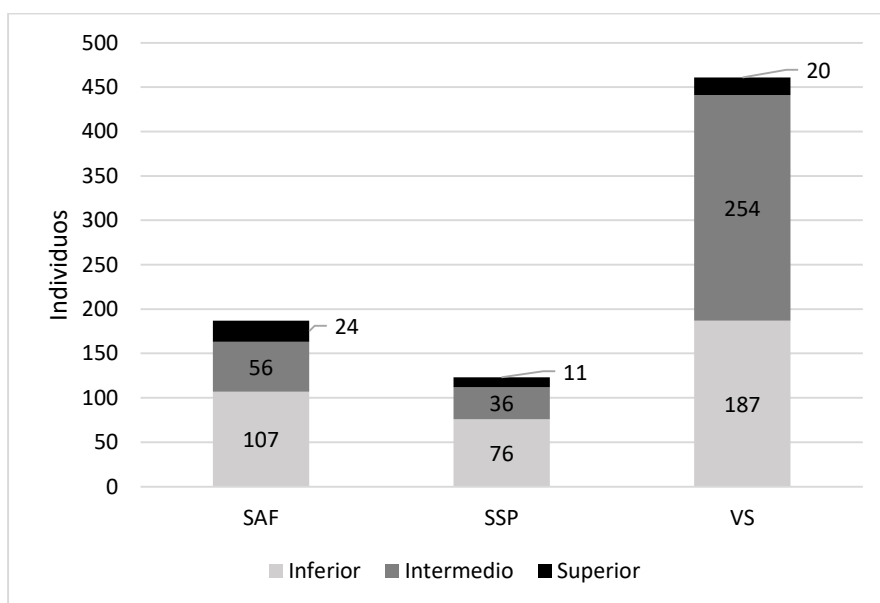


Figura 1.3. Individuos por estrato vertical (altura total) de la vegetación arbórea (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria Inferior: 1.3- 5 m, Intermedia: 5.1- 11.3 m, Superior: ≥ 11.4 m)

En la Figura 1.4 se muestra las coberturas de copa máximas registradas por uso de la tierra; así como la concentración de la mayor parte de los individuos en coberturas menores a 200 m².

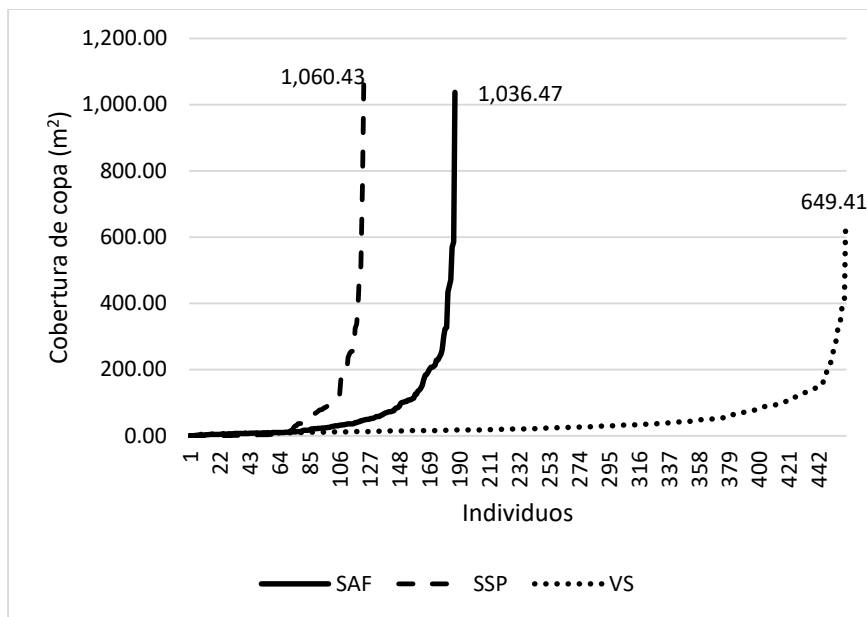


Figura 1.4. Distribución horizontal (cobertura de copa en m²) de la vegetación arbórea por uso de la tierra
(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

La distribución horizontal de cobertura de copa se muestra en la Figura 1.5 organizada en tres categorías: Inferior (0- 200 m²), intermedia (201- 400 m²) y superior (≥401 m²). Nuevamente, la mayor parte de los datos calculados se encuentran en la categoría de menor área.

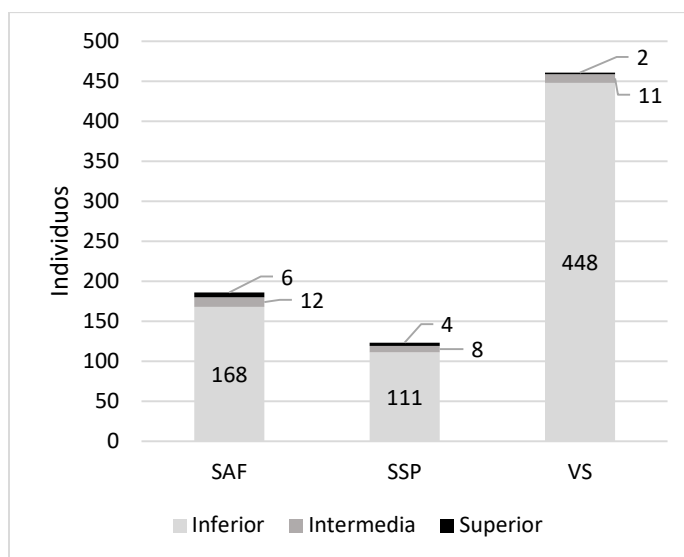


Figura 1.5. Distribución horizontal por categoría de cobertura de copa y uso de la tierra
(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria
Inferior: 0- 200 m², Intermedia: 201- 400 m², Superior: ≥401 m²)

La Figura 1.6 muestra concentración de los individuos con diámetros normales menores a 20 cm en el caso de la VS y menores a 30 cm para el SAF y el SSP.

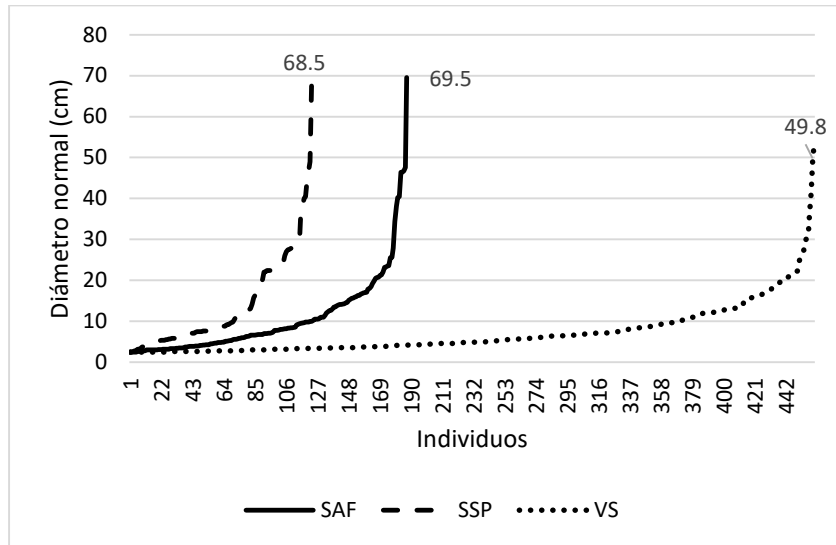


Figura 1.6. Distribución horizontal (diámetro normal) de la vegetación arbórea por uso de la tierra
(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

De igual forma, se realizaron tres categorías diamétricas: Inferior (2.5- 8 cm), Intermedia (8.1- 20 cm) y Superior (≥ 20.1 cm). Los tres usos de la tierra concentraron sus individuos en la categoría inferior (Figura 1.7), representando el 35, 45 y 72% de todos los árboles registrados para el SAF, SSP y VS, respectivamente. Cabe destacar que el SSP presentó casi el mismo número de individuos en las categorías intermedia y superior.

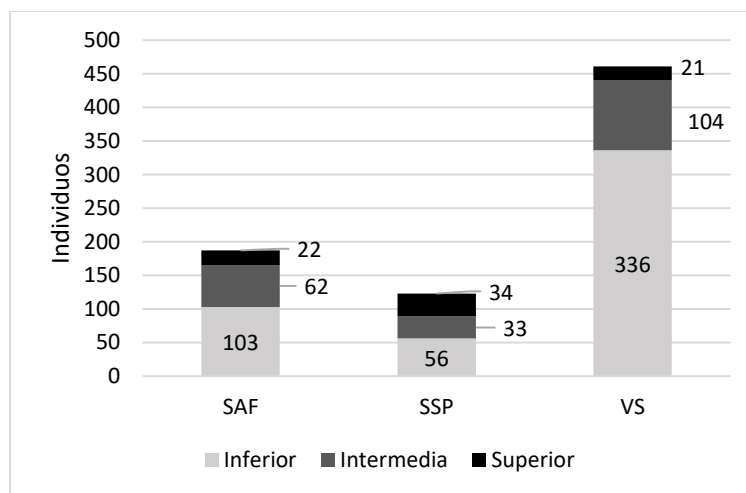


Figura 1.7. Distribución diamétrica por uso de la tierra
(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria
Inferior: 2.5- 8 cm, Intermedia: 8.1- 20 cm, Superior: ≥ 20.1 cm)

1.7.4 Atributos estructurales

La prueba DGC demostró que la densidad presenta diferencias significativas entre SAF y SSP con una media de 145.97 y 68.27 ind. ha⁻¹ respectivamente. Por otro lado, la VS presentó diferencias estadísticas al par mencionado previamente con un nivel de confianza al 95% y una media de 767.57 ind. ha⁻¹.

Como se muestra en el Cuadro 1.1, los atributos estructurales (cobertura del dosel, AB, h y DN) no presentaron diferencias significativas entre los tres usos de la tierra, donde los promedios seguidos por letras diferentes dentro de las columnas indican diferencias significativas un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

A pesar de no presentar diferencias estadísticas, el AB del SSP representa una tercera parte y el SAF dos terceras partes de la VS. Contrario a esto, SAF presenta mayor cobertura promedio (casi el doble que VS) y el SSP elevado DN promedio.

Cuadro 1.1. Atributos estructurales en vegetación arbórea de tres usos de la tierra por unidad de muestreo

Uso de la tierra	Densidad (ind.ha ⁻¹)	Área basal (m ² .ha ⁻¹)	Cobertura promedio (m ² .ind ⁻¹)	Altura total promedio (m)	DN promedio (cm)
Sistema Agroforestal					
UM 1	203.13	3.13	63.05	6.59	11.17
UM 2	186.48	5.81	116.43	8.19	14.37
UM 3	233.10	1.40	34.11	3.77	7.00
Promedio	145.97^b	3.45^a	71.20^a	6.18^a	10.85^a
Sistema Silvopastoril					
UM 1	109.89	5.66	124.64	7.24	20.16
UM 2	69.93	1.82	74.02	6.41	15.49
UM 3	79.92	0.44	1.25	2.28	7.82
UM 4	63.27	0.57	47.08	4.16	8.88
UM 5	26.64	0.11	101.54	3.64	6.54
UM 6	59.94	2.09	20.72	6.34	17.77
Promedio	68.27^a	1.78^a	61.54^a	5.01^a	12.78^a
Vegetación Secundaria					
UM 1	532.80	5.72	50.85	6.45	8.40
UM 2	1,002.33	5.34	37.00	6.13	6.56
Promedio	767.57^c	5.53^a	43.93^a	6.29^a	7.48^a

UM= Unidad de muestreo

*Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha = 0.05$

En el gráfico de densidad estructurales (Figura 1.8) se aprecia que ninguno de los valores se traslapa entre los usos de la tierra y, por lo tanto, presentó diferencias estadísticas significativas.

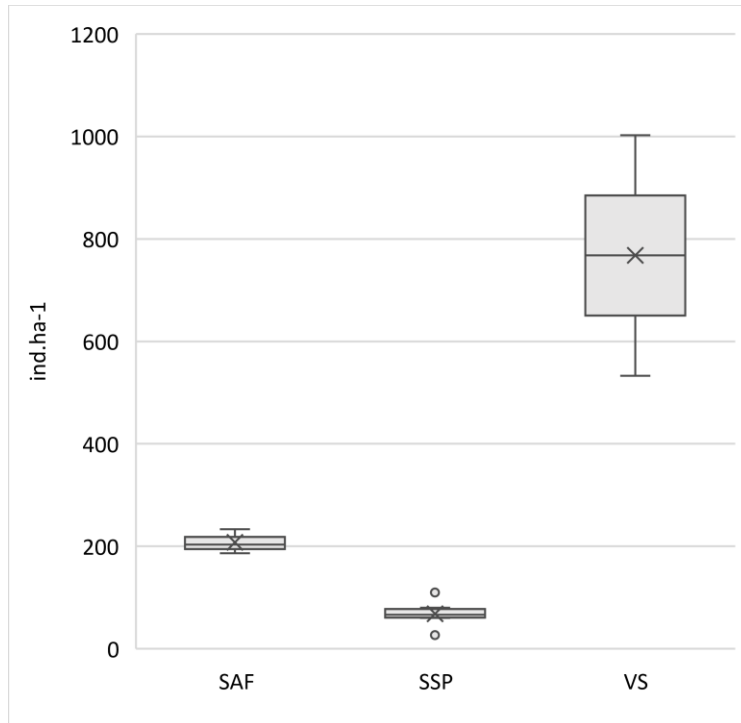


Figura 1.8. Atributo estructural (densidad) que presentó diferencias significativas entre usos de la tierra
(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Los atributos estructurales de AB, cobertura de copa promedio, altura y DN no presentaron diferencias estadísticas como se muestra en los datos del Cuadro 1.1 y la convergencia de sus intervalos en la Figura 1.9.

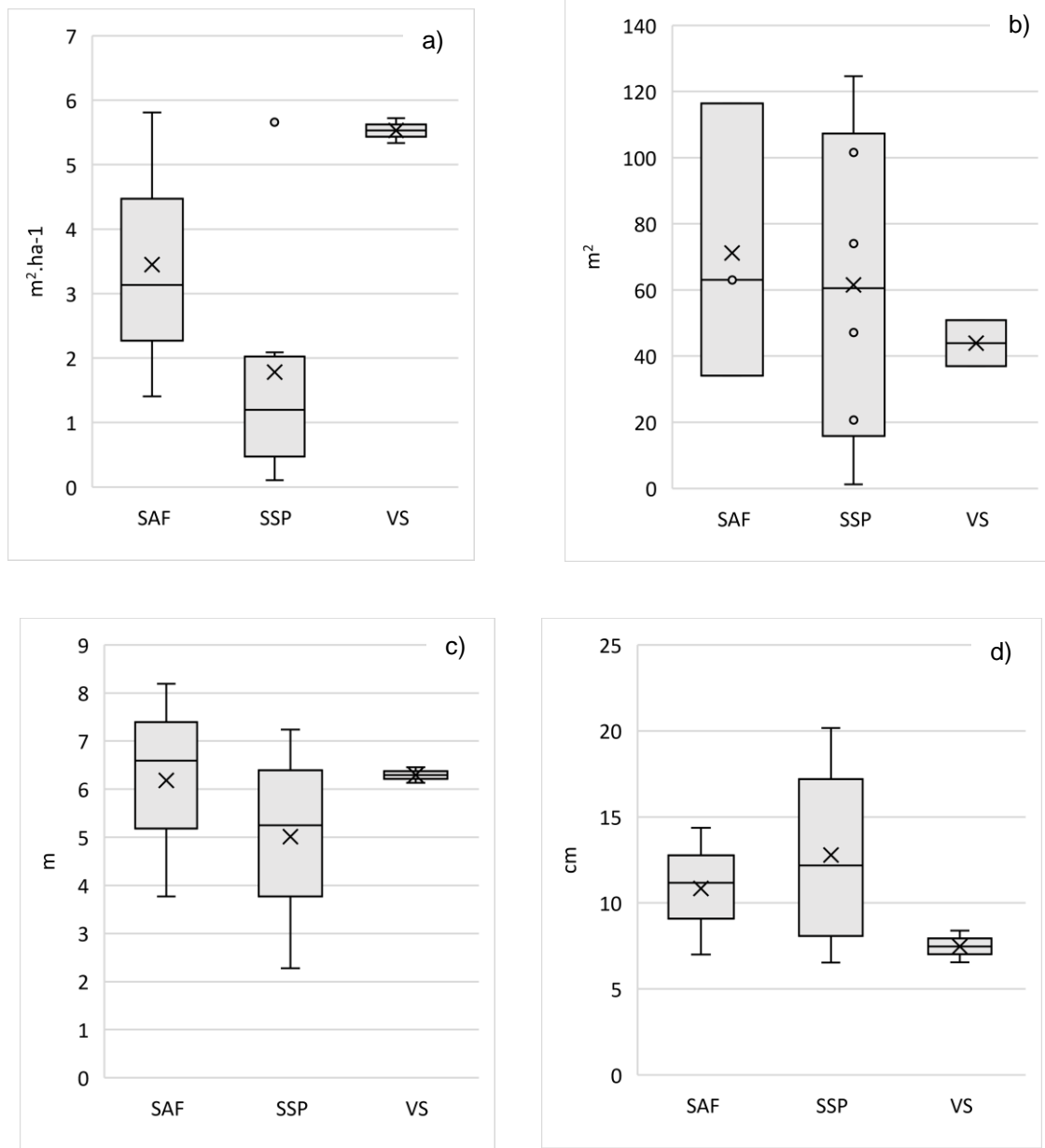


Figura 1.9. Atributos estructurales que no presentaron diferencias significativas entre usos de la tierra. a) Área basal, b) Cobertura de copa promedio, c) Altura, d) Diámetro normal (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

1.7.5 Índice de Valor de Importancia e Índice de Valor Forestal Relativos

Como es de esperar, en el SAF, *C. arabica*. presentó un Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) alto, pero al no ser una especie destacada por su aprovechamiento maderable, su Índice de Valor Forestal Relativo (IVF R) es bajo (Cuadro 1.2). *C. odorata*

y *H. appendiculatus* tuvieron valores similares, de IVI R en el cual *Nectandra globosa* (Aubl) Mez también presentó valores destacados.

Cuadro 1.2. Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) e Índice de Valor Forestal relativo (IVF R) en Sistema Agroforestal

No.	Especie	Índice de Valor de Importancia Relativo	Índice de Valor Forestal Relativo
1	<i>Cedrela odorata</i> L.	12.51	14.10
2	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	12.22	18.38
3	<i>Coffea arabica</i> L.	12.19	6.34
4	<i>Inga vera</i> Kunth	10.94	8.33
5	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	8.23	10.83
6	<i>Musa</i> sp. Juss.	7.35	5.97
7	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	6.88	11.08
8	<i>Citrus tangerina</i> Yu. Tanaka	6.64	6.50
9	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult	4.10	4.49
10	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	3.60	3.84
11	<i>Citrus aurantium</i> L.	2.16	0.91
12	<i>Cyathea divergens</i> Kunze	1.98	1.15
13	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	1.75	1.63
14	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner	1.50	0.38
15	<i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	1.28	1.53
16	<i>Jatropha curcas</i> L.	1.16	0.71
17	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	1.09	1.20
18	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	0.96	0.61
19	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	0.96	0.52
20	<i>Cestrum glanduliferum</i> Kerber ex Francey	0.89	0.65
21	<i>Solanum schlechtendalianum</i> Walp.	0.81	0.42
22	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	0.79	0.42
	TOTAL	100.00	100.00

En el SSP los índices calculados para *B. simaruba* (Cuadro 1.3) fueron los mayores seguida por *Ficus citrifolia* Mill, *C. odorata* y *G. sepium*. Algo importante a mencionar es que tanto IVI R como IVF R tuvieron el mismo orden descendente de sus valores en relación con las especies.

Cuadro 1.3. Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) e Índice de Valor Forestal relativo (IVF R) en Sistema Silvopastoril

No.	Especie	Índice de Valor de Importancia Relativo	Índice de Valor Forestal Relativo
1	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	53.44	55.90
2	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	9.61	10.27
3	<i>Cedrela odorata</i> L.	7.92	10.25
4	<i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	7.61	7.82
5	<i>Croton draco</i> Schltld. & Cham.	4.17	2.80
6	<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	3.30	1.20
7	<i>Ficus pertusa</i> L. f.	2.33	4.22
8	<i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	2.24	2.36
9	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	1.84	1.69
10	<i>Annona muricata</i>	1.78	1.42
11	<i>Swietenia macrophylla</i> King	1.74	1.01
12	<i>Citrus tangerina</i> Yu. Tanaka	1.43	0.36
13	<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	1.43	0.45
14	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	1.15	0.25
	TOTAL	100.00	100.00

En la VS *A. latifolia* fue la especie dominante con IVI R e IVF R más altos (Cuadro 1.4), seguida por *C. xalapensis* y *B. crassifolia* con quienes comparte el estrato inferior de altura; sin embargo, *P. dioica* presentó el mayor IVF R que éstos últimos, debido probablemente a su gran cobertura de copa. Los atributos que se estimaron para estos índices pueden consultarse por uso de la tierra en los Anexos 2 y 3.

Cuadro 1.4. Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) e Índice de Valor Forestal relativo (IVF R) en vegetación secundaria

No.	Especie	Índice de Valor de Importancia Relativo	Índice de Valor Forestal Relativo
1	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	30.50	42.13
2	<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don	7.13	5.94
3	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	6.99	7.37
4	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	6.87	9.09
5	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult	6.22	6.21
6	<i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	5.21	5.56
7	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	5.20	4.40
8	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	5.05	4.45
9	<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	3.89	1.85
10	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	3.61	2.07
11	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	3.48	2.93
12	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	2.37	1.39
13	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	1.97	1.10
14	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	1.87	0.62
15	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	1.53	0.82
16	<i>Croton draco</i> Schlttdl. & Cham.	1.39	0.73
17	<i>Piper aduncum</i> L.	1.22	0.86
18	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	1.15	0.33
19	<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	1.05	0.86
20	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez	0.84	0.47
21	<i>Psidium guajava</i> L.	0.77	0.50
22	<i>Guatteria amplifolia</i> Triana & Planch.	0.57	0.14
23	<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> Donn. Sm.	0.56	0.09
24	<i>Ficus</i> sp.	0.55	0.09
	TOTAL	100.00	100.00

1.7.6 Índices de riqueza, diversidad y semejanza

De acuerdo a la prueba DGC, el índice de riqueza de Margalef (DM) y de diversidad de Shannon (H') no presentaron diferencias significativas entre SAF y VS; sin embargo, fueron desiguales para SSP con un nivel de significancia de alpha de 0.05 (Cuadro 1.5). Caso contrario al índice alpha de Fisher (S) y equidad (E) que no tuvieron diferencias estadísticas entre los tres usos de la tierra.

Cuadro 1.5. Índices de riqueza y diversidad por uso de la tierra

Uso de la tierra	No. de especies	Margalef	Shannon	Equidad	α de Fisher
Sistema Agroforestal	22	4.014 ^b	2.535 ^b	0.5732 ^a	6.476 ^a
Sistema Silvopastoril	14	2.701 ^a	1.507 ^a	0.3223 ^a	4.068 ^a
Vegetación Secundaria	24	3.750 ^b	2.277 ^b	0.4060 ^a	5.378 ^a

*Letras diferentes indican diferencias significativas con un alpha= 0.05

Con un nivel de significancia de alpha= 0.05, el coeficiente de Sorensen mostró una semejanza en la composición florística de 16.67% entre SAF y SSP, 38.30% con VS; así como 25.64% entre SSP y VS. En el Cuadro 1.6 se presentan las especies compartidas por pares.

Cuadro 1.6. Especies compartidas por uso de la tierra

Sistema Agroforestal – Sistema Silvopastoril	Sistema Agroforestal – Vegetación Secundaria	Sistema Silvopastoril - Vegetación Secundaria
1. <i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb	1. <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	1. <i>Tabernaemontana alba</i> Mill.
2. <i>Cedrela odorata</i> L.	2. <i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	2. <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.
3. <i>Citrus tangerina</i> Yu. Tanaka	3. <i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz	3. <i>Croton draco</i> Schltldl. & Cham.
4. <i>Tapirira mexicana</i> Marchand	4. <i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb	4. <i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb
	5. <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	5. <i>Ficus citrifolia</i> Mill..
	6. <i>Ardisia compressa</i> Kunth	
	7. <i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	
	8. <i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult	

En el cuadro 1.7 se indican las especies arbóreas que estuvieron presentes en un solo uso de la tierra.

Cuadro 1.7. Especies exclusivas por uso de la tierra

Sistema Agroforestal	Sistema Silvopastoril	Vegetación Secundaria
1. <i>Cyathea divergens</i> Kunze	1. <i>Annona muricata</i> L.	1. <i>Guatteria amplifolia</i> Triana & Planch.
2. <i>Jatropha curcas</i> L.	2. <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	2. <i>Alchornea latifolia</i> Sw.
3. <i>Inga vera</i> Kunth	3. <i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud	3. <i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby
4. <i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	4. <i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	4. <i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.
5. <i>Musa</i> sp. Juss.	5. <i>Ficus pertusa</i> L. f.	5. <i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don
6. <i>Coffea arabica</i> L.	6. <i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	6. <i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> Donn. Sm.
7. <i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner		7. <i>Psidium guajava</i> L.
8. <i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez		8. <i>Piper aduncum</i> L.
		9. <i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez
		10. <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth
		11. <i>Ficus</i> sp.

1.8 DISCUSIÓN

Contrario a lo esperado, las familias Burseraceae y Fabaceae no fueron las más abundantes ni con mayores valores de importancia estructural; sino que éstas variaron de acuerdo al uso de la tierra. Por ejemplo, en el SAF las familias Rubiaceae y Rutaceae fueron las más abundantes; sin embargo, la Meliaceae y Malvaceae tuvieron los mayores valores de importancia estructural. Esto puede deberse a que la mayor producción de esta área es de cítricos y café bajo sombra de *C. odorata* y *H. appendiculatus*, principalmente.

En el caso del SSP, las familias Burseraceae y Moraceae presentaron un mayor número de individuos e importancia estructural debido a que *Bursera simaruba* (L.) Sarg. y *Ficus* sp. son los principales árboles que se encuentran como cerco vivo por la facilidad de establecimiento, mantenimiento; y en algunos casos, proveen sombra al ganado.

Las familias Euphorbiaceae y Melastomataceae fueron más abundantes e importantes (estructuralmente hablando) para la VS lo cual coincide con el estado de sucesión vegetal en el que se encuentra el área.

1.8.1 Composición de especies

Al norte y sureste de Puebla se encuentran remanentes de selva perennifolia, ocupando 50,131 ha, lo que corresponde al 1.48% de la superficie del Estado donde es frecuente encontrar *Cestrum* sp en el estrato inferior a 2 m. En el estrato de 4 a 6 m se presenta *Trema micrantha*. En el mismo sentido, *Heliocarpus appendiculatus* y *Cecropia obtusifolia* se ubican en los 10 m y finalmente, *Bursera simaruba* se encuentra a los 15 m de altura. Esta vegetación secundaria arbórea y arbustiva es resultado de las prácticas agrícolas de roza-tumba-quema, la ganadería extensiva, así como la tala selectiva para el establecimiento de cafetales bajo sombra (CONABIO 2011).

De las 44 especies encontradas en el SAF, se encuentran elementos típicos de estos ecosistemas como *Tapirira mexicana* Marchand, *Trema micrantha* (L.) Blume y *C. odorata* que proveen nutrientes a la tierra, alimento para la fauna y tienen importancia económica, social y cultural para la zona por sus atributos maderables, medicinales y su uso en la construcción (Martínez *et al.* 2007, Guido *et al.* 2008, Zapata 2019). Sin embargo, Villavicencio y Valdez (2003), así como García *et al.* (2015) reportaron 62 y 61 especies, respectivamente en SAF ubicados en Veracruz y Martínez *et al.* (2007), mencionan que en un cafetal de la Sierra Norte de Puebla se pueden llegar a encontrar hasta 102 especies arbóreas.

Similar a lo encontrado en este estudio, González *et al.* (2012) obtuvieron 18 especies en potreros con 653 árboles dispersos registrados. Por el contrario, en la Sierra de Tabasco Martínez *et al.* (2013) registraron la dominancia de *C. odorata* y *Swietenia macrophylla* King, contrario a la encontrada por *B. simaruba* en el SSP la cual representó más del 62% de los individuos totales. Dicha diferencia se puede deber a la preferencia de manejo de los productores y el objetivo perseguido con el establecimiento de estos árboles ya sea maderable, para su uso como leña o simplemente delimitación de potreros (Martínez *et al.* 2013).

Los 461 individuos pertenecientes a 24 especies obtenidos en la VS son similares a las 30 especies encontrados por Basáñez *et al.* (2008) en Veracruz y las 34 de Zamora *et al.* (2017) en Campeche. En contraste, García *et al.* (2015) reportan 65 especies en la Sierra Atoyac y Granados *et al.* (2017) 92 para Hidalgo.

Por los resultados obtenidos del estimador Chao 1, se puede inferir que la riqueza encontrada es la representativa de los tres usos de la tierra y que la VS puede funcionar como parche fuente para la regeneración natural de la vegetación (Basáñez *et al.* 2008, Zamora *et al.* 2017).

1.8.2 Distribución vertical y horizontal

Algo importante a destacar, es que las familias encontradas en el estrato inferior son las que presentaron más individuos en el SAF y que las identificadas tanto en el intermedio como en el superior, obtuvieron los mayores valores de importancia estructural lo cual nos permite visualizar el manejo de la vegetación por estratos que se realiza en este sitio de cafetal bajo sombra.

Por el contrario, en el SSP los tres estratos estuvieron dominados por *B. simaruba*, lo cual es coherente con el manejo que se implementa en los potreros donde es la principal especie utilizada como cerco vivo.

La presencia de *A. latifolia* como dominante en los tres estratos, al igual que la existencia de *C. xalapensis* refuerza la hipótesis del estado de regeneración de este uso de la tierra. Sin embargo, la abundancia de *C. verum* en el estrato intermedio nos indica la historia de manejo del terreno.

Tanto el SAF como VS presentan un proceso natural de sucesión de las comunidades arbóreas al concentrarse la mayoría de individuos en las categorías más pequeñas, como se ha reportado para otras selvas medianas subperennifolias en Campeche (Zamora *et al.* 2017), Quintana Roo (Carreón y Valdez 2014) y Veracruz (Godínez y López 2002).

La distribución diamétrica del SSP concuerda con la descrita por Martínez *et al.* (2013) y Harvey *et al.* (2011) en la que mencionan que los árboles adultos se dejan a densidades

mínimas para proporcionar sombra al ganado y porque no se consideran competitivos para la producción de pastura que se puede verificar con las gráficas correspondientes a la distribución de alturas y coberturas. Por otra parte, es importante mencionar que la mayoría de los individuos se establecieron de acuerdo a las necesidades de los propietarios (observaciones personales), lo cual podría influir también en estos resultados.

1.8.3 Atributos estructurales

En el SAF se estimaron 146 árboles.ha⁻¹, similar a lo encontrado por Zapata (2019) que calculó una densidad de 121 árboles y contrario a García *et al.* (2015) quienes registraron 528 individuos con altura promedio de 8.52 m.

Lo anterior, aunado a que el SAF en Palmagtitan presenta un menor DN promedio al reportado en Colombia (Zapata 2019) y Veracruz (García *et al.* 2015), puede interpretarse como un cafetal con menos tiempo de establecimiento debido a las características del arbolado.

El SSP presentó una densidad mayor (68.27 individuos.ha⁻¹) a la estimada por Harvey *et al.* (2011) y Martínez *et al.* (2013) con 7.97 y 48 árboles.ha⁻¹, respectivamente. Por el contrario, las coberturas de copa, altura y DN son menores, lo cual permite inferir que se trata de árboles con menos tiempo de establecimiento.

Debido a que el principal objetivo de este uso de la tierra es la obtención de alimento para el ganado, esto no es recomendable ya que reduce el área de pastura y provee de sombra al mismo lo cual limita su crecimiento (Harvey *et al.* 2011).

La VS presentó valores menores de densidad y AB a los registrados por Sánchez *et al.* (2017) y García *et al.* (2015) en una zona arqueológica de Chiapas y la Sierra de Atoyac, Veracruz, respectivamente. Lo anterior puede deberse al aprovechamiento esporádico de algunos árboles como leña y de los frutos de *P. dioica*, así como de la corteza de *C. verum* con fines comerciales.

Se rechaza la hipótesis nula que indica igualdad de composición y estructura arbórea dado que la densidad presentó diferencias entre la VS y SAF con SSP. De igual forma, las especies arbóreas fueron diferentes entre los tres usos de la tierra.

1.8.4 Índice de Valor de Importancia e Índice de Valor Forestal Relativos

La presencia de *C. odorata* con elevado IVI R corresponde a lo encontrado por García *et al.* (2015) como por Villavicencio y Valdez (2003); sin embargo, en este estudio se encontró otra especie característica de vegetación secundaria (*H. appendiculatus*) con valores similares, al igual que el género *Inga* el cual es usado frecuentemente para sombrear cafetales (Sánchez *et al.* 2017).

Nahed-Toral *et al.* (2013) reportan a *B. simaruba*, *C. odorata* y *G. sepium* como frecuentes en los cercos vivos de SSP. En este estudio, predomina *B. simaruba* con sus valores de IVI R e IVF R (Cuadro 1.3). Esto puede deberse a que es la principal especie utilizada como cerco vivo debido a su eficacia de reproducción asexual, establecimiento y baja cobertura del dosel (Jiménez *et al.* 2008).

En el Cuadro 1.4 se observa que *A. latifolia* tiene los mayores valores de IVI e IVF, seguida por *C. xalapensis* y *B. crassifolia*, que son especies típicas de un bosque cálido-húmedo que se encuentra en regeneración (Villavicencio y Valdez 2003, Hernández-Ladón de Guevara *et al.* 2012, García *et al.* 2015). Así mismo, la presencia y altos números de *P. dioica* se puede deducir de la historia del sitio que solía ser un espacio para su aprovechamiento, actividad que hoy en día, se realiza anualmente.

La diferencia de las especies entre los usos de la tierra que presentaron los mayores IVI R e IVF R nos da un claro ejemplo del manejo que se realiza en cada uno de ellos, así como el objetivo que se persigue en dichas áreas. El mantener especies nativas bajo manejo como es el caso del SAF, permite la regeneración natural de zonas aledañas por dispersión de semillas; por el contrario, la promoción de árboles como *B. simaruba* en el SSP podría tener implicaciones en el establecimiento de dicha vegetación, ya que ésta comienza a colonizar nuevos espacios de acuerdo a lo encontrado en la VS (Carreón y Valdez 2014, Alvarado *et al.* 2017, Ochoa *et al.* 2019).

1.8.5 Índices de riqueza, diversidad y semejanza

Los índices de diversidad de Shannon y alpha de Fisher para SAF de cafetal diversificado son menores al calculado para la comunidad de San Miguel, Veracruz ($H' = 3.17$; Villavicencio y Valdez 2003), pero mayor a los de la Sierra de Atoyac, Veracruz ($H' = 2.47$; $S = 8.98$; García *et al.* 2015) y Cundinamarca, Colombia ($H' = 1.05$; Zapata 2019). En contraparte, la Equidad fue menor que en San Miguel (Villavicencio y Valdez 2003), al igual que en la Sierra de Atoyac (García *et al.* 2015) lo cual puede indicar la abundancia de individuos de una sola especie.

En SSP de Costa Rica (Bonilla 2019) y Tenosique, Tabasco (González *et al.* 2012, Martínez *et al.* 2013) se estimaron índices de Shannon mayores a los calculados en este trabajo. No obstante, en el mismo estudio Martínez *et al.* (2013) reportaron un índice de $H' = 1.37$ para el municipio de Tlacotalpa, similar al calculado para el sitio en Palmagtitán ($H' = 1.507$), el cual se puede presumir que es debido a la notable dominancia de una sola especie (*B. simaruba*).

Para la VS el índice de diversidad de Shannon calculado es similar al obtenido en Hampolol, Campeche ($H' = 2.28$; Gutiérrez *et al.* 2013) y menor al reportado para Vega de Alatorre, Veracruz (Godínez y López 2002), el ejido Andrés, Quintana Roo (Carreón y Valdez 2014) y Huautla, Hidalgo (Granados *et al.* 2017) lo cual demuestra que la vegetación arbórea es más diversa en otros sitios que cuentan con características climáticas semejantes.

Se evidenció que el SSP presenta diferencias en riqueza y diversidad en comparación con el SAF y VS, por lo que no se rechaza la hipótesis de asemejanza en al menos un uso de la tierra. Por otro lado, el SAF presentó los índices de riqueza y diversidad más elevados de los tres usos de la tierra, motivo por el cual, se rechaza la hipótesis que indicaba que esta característica correspondería a la VS.

Si se toma como referencia a la VS, su falta de diferencia estadística con el SAF sugiere que la conservación de especies arbóreas características de este ecosistema presenta una oportunidad para disminuir el impacto negativo del aprovechamiento agrícola sobre los árboles y la diversidad asociada a ellos como epífitas, helechos, hongos, fauna, etc.

1.9 CONCLUSIONES

La historia y manejo actual de los tres usos de la tierra son esenciales para comprender su composición arbórea, atributos estructurales, riqueza y diversidad de especies y, por *ende*, las diferencias que se pueden presentar.

Las familias arbóreas que se encontraron en cada uso de la tierra correspondieron al aprovechamiento que se lleva a cabo en cada una de las áreas y las más representativas también fueron acorde al propósito de cada terreno. Contrario a lo estipulado, las familias más abundantes y de mayor importancia estructural no fueron Burseraceae y Fabaceae, por lo que se rechaza la hipótesis inicial.

Es importante destacar que, a pesar de tener distintos objetivos de producción, se presentaron menos diferencias estadísticas a las esperadas; tanto en atributos estructurales como en riqueza y diversidad de especies. Sin embargo, debido a que la VS y el SSP presentaron asemejanzas en su densidad e índices de riqueza y diversidad, respectivamente, no se rechaza la hipótesis que enuncia la diferencia de estos valores en al menos un uso de la tierra.

Se rechaza la hipótesis que establece mayores índices de riqueza y diversidad en al VS dado que éstos se obtuvieron en el SAF, lo cual puede explicarse por la promoción de las mismas con el manejo selectivo empleado en el cafetal bajo sombra.

La ecología del paisaje cada vez tiene mayor importancia en el estudio de las interacciones y la conservación de especies, por lo cual es fundamental llevar a cabo investigaciones en pequeñas parcelas y evaluar su probable conectividad con parches fuente.

Los sistemas agroforestales y silvopastoriles permiten la conservación de especies y la conexión de parches de vegetación, así como la obtención de bienes y servicios para el ser humano que son indispensables para su subsistencia.

1.10 LITERATURA CITADA

- Alvarado F., Escobar F., Williams D. R., Arroyo Rodríguez V. y Escobar Hernández F. 2017. The role of livestock intensification and landscape structure in maintaining tropical biodiversity. *Journal of Applied Ecology*; 185-194
- Basáñez A. J, Alanís J. L. y Badillo E. 2008. Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido “El Remolino”, Papantla, Veracruz. *Avances en investigación agropecuaria*; 12 (2): 3- 21
- Beltrán Rodríguez L., Valdez Hernández J. I., Luna Cavazos M., Romero Manzanares A., Pineda Herrera E., Maldonado Almanza B., Borja de la Rosa M. A. y Blancas Vázquez J. 2018. Estructura y diversidad arbórea de bosques tropicales caducifolios secundarios en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 89: 108- 122
- Bonilla Villalobos V. 2019. Variación en composición y estructura de la vegetación leñosa de un bosque húmedo premontano transición seca, debido a la actividad agrícola y ganadera. *UNED Research Journal*; 11 (2): 24- 37
- Carreón Santos R. J. y Valdez Hernández J. I. 2014. Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo, Series Ciencias Forestales y del Ambiente*; 20 (1): 119- 130
- Cerezo A., Robbins C. S. y Dowell B. 2009. Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical*; 57 (1-2): 401-419
- Challenger A. y Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres. En *Capital natural de México; Volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, pp. 87-108.
- Challenger, A. 2014. Paisajes naturales y humanos de México. En *Ecología y manejo de fauna silvestre en México*. Biblioteca básica de agricultura, Colegio de Postgraduados, pp.41- 71
- Colwell R. 2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. Recuperado el 17 septiembre, 2019 de: <http://purl.oclc.org/estimates>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Colegio de Postgraduados (COLPOS). 2014. Bosque cálido húmedo. En *Foresta mexicana*, pp.196- 235
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 p.

Corella Justavino F., Valdez Hernández J. I., Cetina Alcalá V. M., González Cossio F. V., Trinidad Santos A. y Aguirre Rivera J. R. 2001. Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Revista Ciencia Forestal en México*; 26 (90): 73- 102

Cornejo Tenorio G. e Ibarra Manríquez G. 2014. Plantas de Las Margaritas. Municipio de Hueytamalco, Puebla, México. Laboratorio de Biogeografía y Conservación, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. 15 pp.

Curtis J. T. y McIntosh R. P. 1951. An upland continuum in the prairie- forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*; 32 (3): 476- 496

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. 2008. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado el 18 enero, 2019 de: <http://www.infostat.com.ar>

Di Renzo J. A., Guzman A. W. y Casanoves F. 2002. A multiple-comparisons method base on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*; 7 (2): 129- 142

Estrada, A. y Coates Estrada R. 2003. Las selvas del trópico húmedo. En *Las selvas tropicales de México. Recurso poderoso, pero vulnerable*. México: FCE, SEP, CONACyT 149 p.

García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 90 pp.

García Mayoral L. E., Valdez Hernández J. I., Luna Cavazos M. y López Morgado R. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques*; 21 (3): 69- 82

Godínez Ibarra O. y López Mata L. 2002. Estructura y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México; Serie Botánica*; 73: 283- 314

González Valdivia N., Ochoa Gaona S., Ferguson Bruce G., Pozo C., Kampichler C. y Pérez-Hernández I. 2012. Análisis comparativo de la estructura, diversidad y composición de comunidades arbóreas de un paisaje agropecuario en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 83: 83-99

Granados Victorino R. L., Sánchez González A., Martínez Cabrera D. y Octavio Aguilar P. 2017. Estructura y composición de tres estadios sucesionales de selva mediana subperennifolia del municipio de Huautla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 88: 122- 135

Guido Granados I., Rodríguez Arias C., Sancho Rodríguez J. 2008. Importancia de la diversificación de los árboles de sombra para la conservación de la fauna en los

ecosistemas cafetaleros en San Isidro de San Ramón, 2003. Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica; 8 (10-11): 74-81

Gutiérrez Báez C., Zamora Crescencio P. y Puc Garrido E. 2013. Estructura y composición florística de la selva mediana subperenifolia de Hampolol, Campeche, México. Foresta Veracruzana 15 (1): 1- 8

Hammer, Ø, D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1):9

Harvey C. A., Villanueva C., Esquivel H., Gómez R., Ibrahim M., Lopez M., Martinez J. Muñoz D., Restrepo C., Sáenz J. C., Villacís J. y Sinclair F. L. 2011. Conservation value of dispersed tree cover threatened by pasture management. Forest Ecology and Management; 261: 1664-1674

Hernández Ladón de Guevara I., Rojas Soto O. R., López Barrera F., Puebla Olivares F. y 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: 89- 100

Ibarra Manríquez G. 2007. Árboles y arbustos comunes de Los Tuxtlas. Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, Veracruz, México. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. 12 pp.

Ibarra Manríquez G. y Cornejo Tenorio G. 2010. Diversidad de frutos de los árboles del bosque tropical perennifolio de México. Acta Botánica (90): 51-104.

IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. <https://www.iucnredlist.org>. Descargada el 30 de abril 2020.

Jiménez Ferrer G., Velasco Pérez R., Uribe Gómez M. y Soto Pinto L. 2008. Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la selva Lacandona, Chiapas, México. Zootecnia Tropical; 26 (3): 333- 337

Llano M. y Fernández H. (comps.). 2017. *Análisis y propuestas para la conservación de la biodiversidad en México 1995-2017*. Ciudad de México, 120 pp.

López Toledo J. F. y Valdez Hernández J. I. 2011. Capítulo 4. Uso de especies arbóreas en una comunidad de la reserva de la biósfera La Sepultura, estado de Chiapas. En *Bosques y Árboles del Trópico Mexicano: Estructura, Crecimiento y Usos*. México. Ed. Universidad de Guadalajara pp. 57-75

López Toledo J. F., Valdez Hernández J. I., Pérez Farrera M. A. y Cetina Alcalá V. M. 2012. Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la Reserva de la biósfera La Sepultura, Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Forestales; 3 (12): 43- 56

Magdaleno Miranda L., García Moya E., Valdez Hernández J. I. y De la Cruz Isidro V. 2005. Evaluación del sistema agroforestal “árboles en terrenos de cultivo” en Vicente Guerrero, Tlaxcala, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*; 28 (3): 203- 212

Magurran A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. 215 pp.

Martínez Encino C., Villanueva López G. y Casanova Lugo F. 2013. Densidad y composición de árboles dispersos en potreros en la Sierra de Tabasco, México. *Agrociencia*; 47: 483- 496

Martínez M. Á., Evangelista V., Basurto F., Mendoza M. y Cruz Rivas A. 2007. Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 78: 15-40

Nahed Toral J., Valdivieso Pérez A., Aguilar Jiménez R., Cámara Cordova J. y Grande Cano D. 2013. Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production. *Journal of Cleaner Production*; 57: 266- 279

Ochoa Franco A. P., Valdez Lazalde J. R., De los Santos Posadas H. M., Hernández Stefanoni J. L., Valdez Hernández J. I. y Ángeles Pérez G. 2019. La densidad, riqueza y composición arbóreas definen parches detectados remotamente en una selva subperennifolia. *Revista de Biología Tropical*; 64 (4) 692- 707

Ortega Baranda V., Valdez Hernández J. I., García Moya E. y Rodríguez Trejo D. A. 2017. Structure and diversity of tree vegetation in three reliefs on the Oaxaca coast. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*; 23 (2): 173- 184

Ramírez González J. J. M, Quijano Hernández S., González Martínez D. y Alarcón Zúñiga B. 2015. Componentes de rendimiento de dos gramíneas tropicales a dos frecuencias de corte, bajo condiciones de trópico húmedo. En *XXVI Reunión Científico-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2014*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 1ª. Ed. p. 330- 339

Ruiz Aquino F., Valdez Hernández J. I., Romero Manzanares A., Manzano Méndez F. y Fuentes López M. E. 2015. Spatial distribution of two oak species and ecological attributes of pine-oak woodlands from Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*; 21 (1): 67-80

Sánchez Gutiérrez F., Valenzuela Gómez J. I. Valdez Hernández J. I. y González González C. A. 2017. Estructura y diversidad de especies arbóreas en el sitio arqueológico “El Mirador”, Selva Lacandona, Chiapas. *Polibotánica*; 44: 79- 94

Sánchez Hernández S., Mendoza Briseño M. A. y García Hernández R. V. 2017. Diversificación de la sombra tradicional de cafetales en Veracruz mediante especies maderables. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*; 8 (40): 7- 17

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010

Servicio Meteorológico Nacional. 2010. Normales climatológicas de la estación Las Margaritas, periodo 1951- 2010. Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 06 mayo, 2020 de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales5110/NORMAL21201.TXT>

Shannon C. E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal; 27: 379- 423 y 623- 656

Somarriba E. 1999. Diversidad de Shannon Wiener. Agroforestería en las Américas; 6 (23): 72- 74

Ugalde Lezama S., Alcántara Carbajal J. L., Tarango Arámbula L. A., Ramírez Valverde G., Mendoza Martínez G. D. 2012. Fisonomía vegetal y abundancia de aves en un bosque templado con dos niveles de perturbación en el Eje Neovolcánico Transversal. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 133- 143

Vázquez Torres M., Armenta Montero S., Campos Jiménez J. y Carvajal Hernández C. I. 2010. Árboles de la región de Los Tuxtlas. 1° ed. Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución. 398 pp.

Vázquez Negrín I., Castillo Acosta O., Valdez Hernández J. I., Zavala Cruz J. y Martínez Sánchez J. L. 2011. Estructura y composición florística de la selva alta perennifolia en el ejido Niños Héroes Tenosique, Tabasco, México. Polibotánica; 32: 41- 61

Villanueva, C., Ibraim, M., Casasola, F. 2008. Valor económico y ecológico de las cercas vivas en fincas y paisajes ganaderos. 1ª ed. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 p.

Villavicencio Enríquez L. y Valdez Hernández J. I. 2003. Análisis de la estructura arbórea del Sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. Agrociencia 37: 413-423

Zamora Crescencio P., Rico Gray V., Barrientos Medina R. C., Puc Garrido E. C., Villegas P., Domínguez Carrasco M. R. y Gutiérrez Báez. 2017. Estructura y composición florística de la selva mediana subperennifolia en Bethania, Campeche, México. Polibotánica; 43: 1-20

Zapata Arango P. C. 2019. Composición y estructura del dosel de sombra en sistemas agroforestales con café en tres municipios de Cundinamarca, Colombia. Ciencia Florestal; 2 (29): 685- 697

Zarco Espinosa V. M., Valdez Hernández J. I. y Ángeles Pérez G., Castillo Acosta O. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo*; 26 (1): 1- 10

CAPÍTULO II. COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE AVES EN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA

2.1 RESUMEN

Las aves proveen servicios ecosistémicos y se han empleado como indicadores su calidad. La fragmentación del hábitat es la principal razón de la extinción de este grupo; por ello que se han empleado los Sistemas Agroforestales (SAF) y Silvopastoriles (SSP) como una alternativa que además de satisfacer las necesidades humanas, proveen de recursos a las aves.

En la comunidad de Palmagtitan se identificaron 112 especies de aves pertenecientes a 16 órdenes y 36 familias. En el SAF estuvieron presentes 72 especies, en el SSP 101 y 63 en la Vegetación Secundaria (VS). La familia Parulidae fue la más frecuente en el SAF, así como en VS y la Tyrannidae en el SSP.

Las aves migratorias representaron alrededor del 30% de las especies registradas. El gremio con mayor número de especies fue el insectívoro, seguido por los omnívoros.

Las Unidades para registro de Aves con radio Variable presentaron diferencias en los índices de Margalef, Fisher y equidad (método de comparaciones múltiples DGC). El índice de Shannon (método de la t modificada de Hutcheson) fue significativamente menor ($p < 0.05$) en la VS que en el SAF y SSP.

Para el total de las áreas muestreadas, el índice de Shannon no presentó diferencias ($p < 0.05$) entre SAF y SSP, pero si para VS.

Las semejanzas en algunos índices de diversidad entre el SAF, SSP y la VS incita a pensar que existe conectividad e intercambio de especies entre estos parches. El estudio de especies indicadoras puede proporcionar mayor información sobre los cambios en el uso de la tierra a lo largo del tiempo.

Palabras clave: Migratorias, gremios tróficos, Sistema Agroforestal, Sistema Silvopastoril, Vegetación secundaria, índice Margalef y Shannon.

CHAPTER II. COMPOSITION AND DIVERSITY OF BIRDS IN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA

2.2 ABSTRACT

Birds provide ecosystem services and have been used as indicators of its quality. Habitat fragmentation is the main reason for the extinction of this group; For this reason, Agroforestry Systems (AFS) and Silvopastoral Systems (SPS) have been used as an alternative that satisfy human needs and provide resources to birds.

In the community of Palmagtitan, 112 species of birds from 16 orders and 36 families were identified. 72 species were in the AFS, in the SPS 101 and 63 in the Secondary Vegetation (SV). The Parulidae family was the most frequent in the ASF, as well as in SV, and Tyrannidae in the SPS.

Migratory birds represented around 30% of the recorded species. The guild with the highest number of species was the insectivore, followed by the omnivores.

The Units for registration of Birds with Variable radius presented differences in the Margalef, Fisher and equity indices (method of multiple comparisons DGC). The Shannon index (Hutcheson's modified t method) was significantly lower ($p < 0.05$) in SV than in AFS and SPS.

For the total of the sampled areas, the Shannon index did not present differences ($p < 0.05$) between AFS and SPS, but it did to SV.

The similarities in some diversity indices between AFS, SPS and SV suggest that there is connectivity and exchange of species between these patches. The study of indicator species can provide more information on changes in land use over time.

Keywords: Migratory birds, trophic guilds, Agroforestry System, Silvopastoral System, Secondary vegetation, Margalef and Shannon indices

2.3 INTRODUCCIÓN

México ocupa el décimo primer lugar en riqueza de aves y el cuarto en endemismo a nivel mundial gracias a su posición geográfica y a su orografía que permiten la existencia de numerosas especies (Navarro *et al.* 2014). La mayor parte de las aves son residentes cuya concentración se localiza entre la colindancia de la Sierra Madre Oriental y la vertiente del golfo. Alrededor del 44% de las aves de México se encuentra en alguna categoría de amenaza conforme a estatutos nacionales e internacionales (Navarro *et al.* 2011, Navarro *et al.* 2014).

Las aves proveen servicios ecosistémicos como controladoras de plagas, polinizadoras y dispersoras de semillas; sin embargo, sus poblaciones se han visto diezgadas algunas al grado de la extinción principalmente por la pérdida y fragmentación de sus hábitats, que, en el caso de los bosques cálido-húmedos, su cobertura vegetal original ha disminuido de 10 a 1.3 millones de ha hasta el 2017 (Ugalde *et al.* 2012, Challenger 2014, Llano y Fernández 2017).

Hoy en día, estas las poblaciones de aves continúan disminuyendo, a pesar de que se han realizado esfuerzos para su conservación, como la delimitación de áreas de importancia para la conservación de las aves (AICA), su inclusión en listados nacionales como la NOM-059-SEMARNAT-2010 y en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), éstos han sido insuficientes (Navarro *et al.* 2014, Ortiz *et al.* 2016).

Debido a la sensibilidad de algunas especies a los cambios en su hábitat natural, se han tomado como punto de referencia ya que han demostrado una relación con la estructura y composición de la vegetación existente; así como una proporcionalidad de su talla en función la extensión del hábitat requerido (Bojorges y López 2006, Ugalde *et al.* 2009). Por otra parte, las perturbaciones promueven la vegetación secundaria que, a su vez, provee de recursos alimenticios a algunas especies y en algunas zonas, los hábitats modificados presentan una riqueza igual o similar a los hábitats naturales, por lo que la diversidad de ornitofauna está relacionada con la diversidad del paisaje. (Bojorges y López 2005, Ramírez 2010, Ugalde *et al.* 2010, Olvera *et al.* 2020).

Debido a que Puebla ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en número de especies de aves, se ha estudiado a este grupo en los bosques mesófilos (Chávez 2019, Caballero *et al.* 2020) y en las zonas áridas (Arizmendi *et al.* 2008); sin embargo en el trabajo de Villarreal *et al.* (2005) sólo se enuncian de manera muy sucinta algunas especies que se pueden encontrar en el área de estudio, por lo cual es importante sentar las bases de los diferentes *taxa* que existen en la zona y su relación con el hábitat modificado de la región.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

Determinar la composición y diversidad de aves en tres usos de la tierra en Palmagtitan, Sierra Norte de Puebla

2.4.2 Específicos

- Describir la composición de especies de aves en un sistema agroforestal, sistema silvopastoril y vegetación secundaria en el área de estudio
- Evaluar el porcentaje de aves migratorias y número de especies de los gremios tróficos en los tres usos de la tierra
- Estimar y comparar los índices de riqueza, diversidad y semejanza de especies de aves en los tres usos de la tierra

2.5 HIPÓTESIS

- Los órdenes Passeriforme y Piciforme son los más abundantes en los tres usos de la tierra
- Las aves migratorias representan el 15% y las frugívoras el 30% del total de las especies en los tres usos de la tierra
- La composición de especies y diversidad de avifauna es diferente en al menos uno de los usos de la tierra

2.6 MATERIALES Y MÉTODOS

El registro de aves se realizó tomando en cuenta el centro de las 11 Unidades de Muestreo (UM) establecidas previamente para la caracterización de la estructura arbórea (ver Capítulo 1, página 9, párrafo 5), con radio de 17.84 m (área de 1,000 m²) y una separación de 100 m entre cada una (Ralph *et al.* 1996, Ramírez 2010, Salas y Mancera 2018).

Debido a la topografía, clima del área de estudio y a lo recomendado por Edwards *et al.* (1981), Karr (1981) y González (2011), se implementó una búsqueda intensiva en puntos con radio variable y otra con radio fijo en los que durante diez minutos por UM se registraron todas las aves detectadas, comenzando un minuto después de la llegada del observador para evitar que su presencia alterara los resultados (Reynolds *et al.* 1980, Córdova *et al.* 2009, Ugalde *et al.* 2012). Las aves detectadas se anotaron si fueron percibidas en la “Unidad para registro de Aves con radio Fijo” (UAF) o en la “Unidad para registro de Aves con radio Variable” (UAV) (Hutto *et al.* 1986, Ralph *et al.* 1996).

Se recorrieron “Franjas con ancho y largo Variable” (FAV) que unían las UM como se esquematiza en las Figuras 2.1, 2.2 y 2.3 en los cuales también se registraron las aves observadas (Anderson y Ohmart 1981, Ralph *et al.* 1996). Las vistas satelitales de los tres usos de la tierra se presentan en las Figuras 2.4 y 2.5.

En el Cuadro 2.1 se presentan las áreas cubiertas por tipo de muestreo y en el Anexo 4 se pueden consultar los cálculos de las mismas.

Cuadro 2.1. Áreas muestreadas por uso de la tierra

Uso de la tierra	Unidades para registro de Aves con radio Fijo (m²)	Unidades para registro de Aves con radio Variable (m²)	Franjas con Ancho y largo Variable (m²)	Total (m²)
Sistema Agroforestal	3,000	8,545	16,114	27,659
Sistema Silvopastoril	6,000	46,820	165,656	218,476
Vegetación Secundaria	2,000	1,324	5,550	8,874

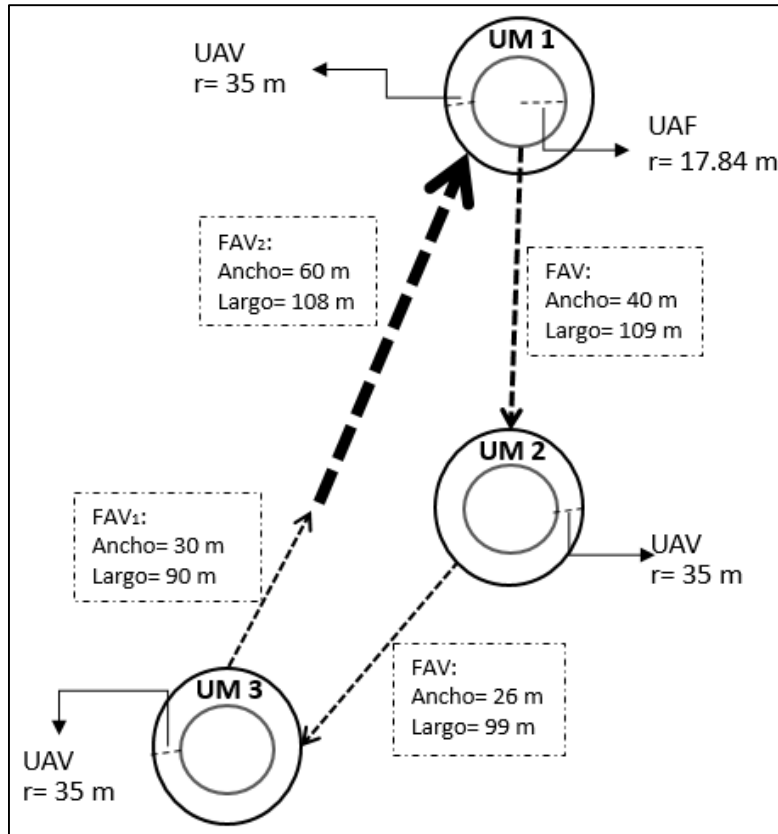


Figura 2.1. Representación de las áreas muestreadas en Sistema Agroforestal (UM: Unidad de Muestreo, UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo, UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable)

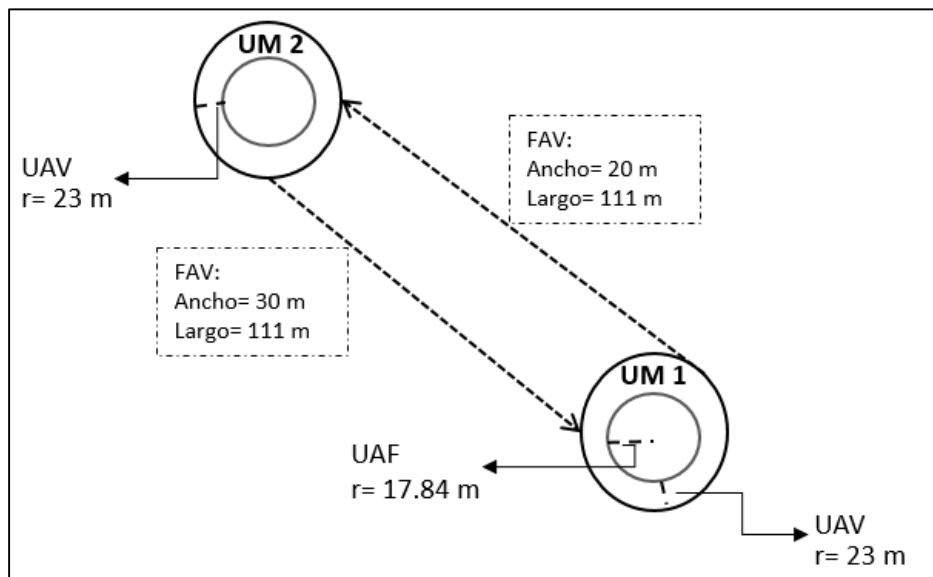


Figura 2.2. Representación de las áreas muestreadas en Vegetación Secundaria (UM: Unidad de Muestreo, UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo, UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable)

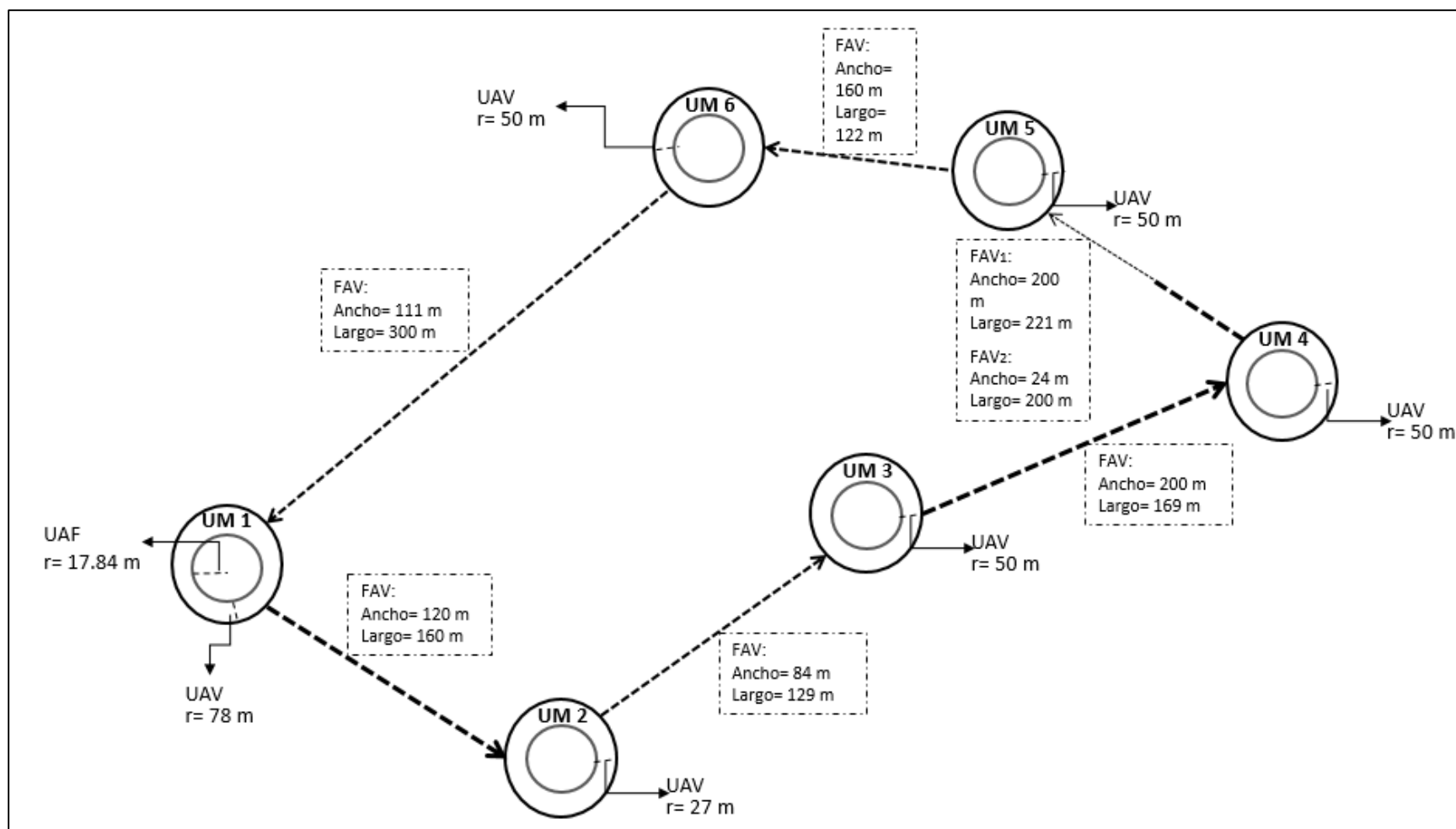


Figura 2.3. Representación de las áreas muestreadas en Sistema Silvopastoril
 (UM: Unidad de Muestreo, UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo,
 UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable)

Cada UAF, UAV y FAV fueron recorridos 25 días, dividiéndose 14 días en los meses de enero a abril y 11 días de septiembre a diciembre de 2019. Los registros se llevaron a cabo en horario diurno (08:30 a 10:30) y vespertino (15:30 a 17:30) conforme a lo sugerido por Robbins (1981), Ralph *et al.* (1996) y Mendoza *et al.* (2017). Para evitar sesgo por la hora-secuencia de puntos en la detección de aves, se visitó en el primer muestreo el punto uno, durante el segundo muestreo el punto dos; y así sucesivamente, de forma que la última UM numerada fue en algún momento, la primera en ser contabilizada (Ugalde *et al.* 2009).



Figura 2.4. Imagen satelital del Sistema Agroforestal

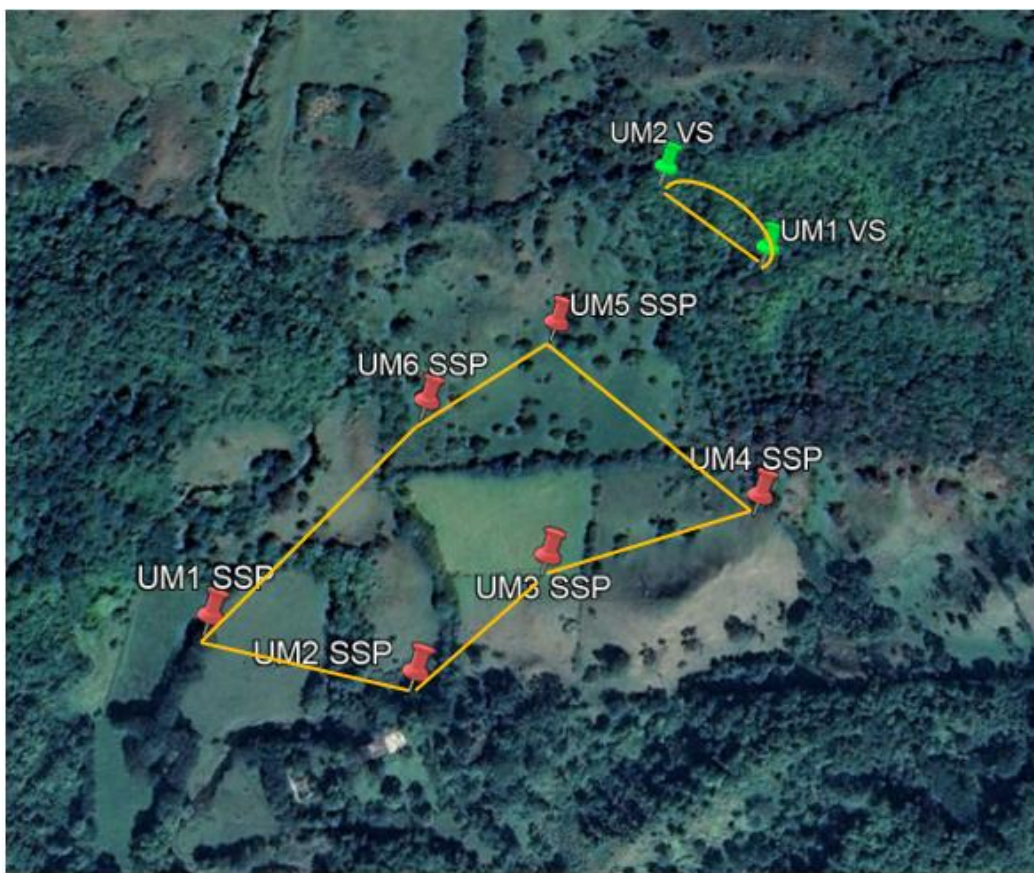


Figura 2.5. Imagen satelital del Sistema Silvopastoril y la Vegetación Secundaria

2.6.1 Composición de especies

Las especies se identificaron mediante observación directa y fotografías que se tomaron con una cámara Canon PowerShot SX 60 HS utilizando las guías de campo de Howell y Webb (1995), Van Perlo (2006) y Sibley (2014). En el mismo sentido, se grabaron en un celular Huawei Fig Lx3 P Smart los llamados detectados para su identificación por medio de la aplicación desarrollada por el laboratorio de Cornell de ornitología Merlin (v1.7.4) (Sullivan *et al.* 2014) y se empleó la nomenclatura propuesta por la Unión de Ornitólogos Americanos (Chesser *et al.* 2019).

2.6.2 Curvas de acumulación de especies

Se generaron curvas de acumulación especies- área para los tres usos de la tierra; así como sus estimadores no paramétricos (ACE, Chao 1, Jackknife 1 y Bootstrap) mediante

100 aleatorizaciones con reemplazo por medio del programa EstimateS ver.9.1.0 (Colwell 2013). Posteriormente, se eligió y graficó el estimador que se ajustó mejor a la riqueza de especies obtenida (Bojorges y López 2005).

2.6.3 Aves migratorias y residentes

Para determinar la estructura poblacional se estimó la proporción de aves residentes y migratorias para cada caso de acuerdo a lo establecido por Howell y Webb (1995), al igual que el número de especies correspondientes a cada gremio dependiendo del tipo de alimentación, dividiéndose en insectívoros, omnívoros, nectarívoros, granívoros, frugívoros, carroñeros, carnívoros y limícolas (adaptado de Salas y Mancera 2018, González *et al.* 2012, 2014).

2.6.4 Gremios tróficos

Cabe destacar que en el caso de las aves insectívoras migratorias y que se alimentan de frutos y semillas durante la época de migración se clasificaron como omnívoras; información que fue obtenida de los sitios web Naturalista (<http://www.naturalista.mx>), guía en línea del Laboratorio de aves de Cornell (<http://neotropical.birds.cornell.edu>), guía en línea de Audubon para aves de Norteamérica (<http://www.audubon.org/bird-guide>) y la guía de aves de Sibley (2014) conforme a lo propuesto por González *et al.* (2019).

2.6.5 Especies exclusivas y compartidas

Una vez que se identificaron las aves registradas visual y auditivamente, se enlistaron las especies exclusivas y compartidas por pares y entre los tres usos de la tierra.

2.6.6 Índices de riqueza, diversidad y semejanza

La riqueza y diversidad de aves fue calculada por medio del programa Past (Hammer *et al.* 2001) con el cual se obtuvo el índice de Margalef (D_M), índice de diversidad de Shannon (H') y equidad (E), índice alfa de Fisher (S); así como la semejanza de especies con el índice de Sorensen (IS) cuyas fórmulas se presentan en el Cuadro 2.2 (Bojorges y López 2005, Ramírez 2010, González *et al.* 2014).

Cuadro 2.2. Índices de riqueza y diversidad de especies a calcular

Índice	Variables
$D_M = \frac{(S-1)}{\ln N}$	D _M = Índice de Margalef S= Número de especies N= Número total de individuos de todas las especies
$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$	H'= Índice de diversidad de Shannon S= Número de especies P _i = Proporción de individuos de la especie i
$E = \frac{H'}{\ln(S)}$	E= Equidad H'= Índice de diversidad de Shannon S= Número total de especies
$S = \alpha \ln [1+ (N/\alpha)]$	α= Índice alfa de Fisher S= Número total de especies N= Número de individuos en la muestra
$IS = \frac{2C}{A + B} \times 100$	IS= Índice de Sorensen A= Número de especies de la comunidad A B= Número de especies de la comunidad B C= Número de especies compartidas por las comunidades A y B

Con la finalidad de conocer las diferencias significativas en el índice de diversidad de Shannon para las áreas muestreadas y los usos de la tierra, se utilizó el método de t modificado por Hutcheson (Hutcheson 1970, López *et al.* 2012, Carreón y Valdez 2014):

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{(Var H'_1 + Var H'_2)^{1/2}}$$

Donde:

H'₁= Índice de Shannon de la comunidad 1 Var H'₁= Varianza de la comunidad 1

H'₂= Índice de Shannon de la comunidad 2 Var H'₂= Varianza de la comunidad 2

Para detectar las diferencias significativas entre los usos de la tierra y debido a que los índices de Margalef, Fisher y equidad tuvieron una distribución normal, se empleó el método de comparaciones múltiples DGC con el programa estadístico InfoStat ver.2017 el cual agrupa los datos para evitar su sobreposición y la malinterpretación de los resultados (Di Renzo *et al.* 2002, Magurran 2004, Di Renzo *et al.* 2017).

2.7 RESULTADOS

2.7.1 Curvas de acumulación de especies

Las curvas de acumulación de especies generadas para cada uso de la tierra *versus* el área muestreada en las UAF se presentan en la Figura 2.6. El SAF presentó un ajuste de 93.5%, el SSP 90.64% y la VS 83.57% en relación con el estimador Chao 1.

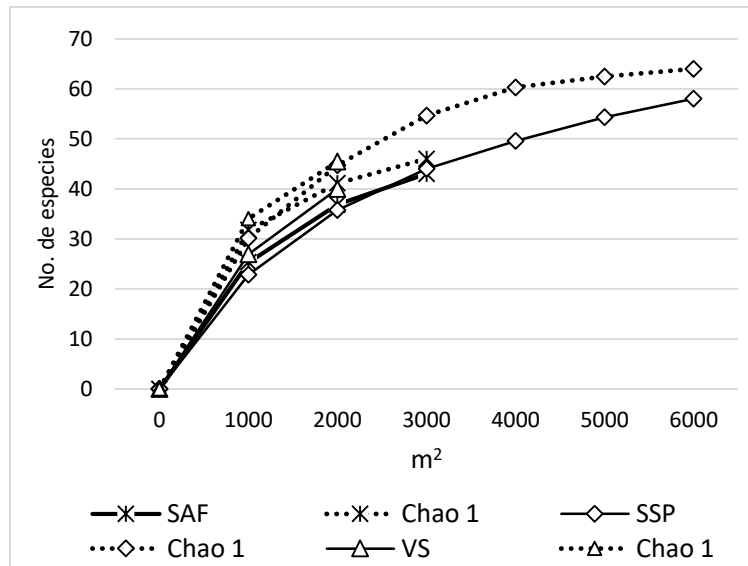


Figura 2.6. Curvas de acumulación de especies Vs. áreas en las unidades con radio fijo (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Las curvas para los datos registrados en las UAV en el cual los ajustes fueron de 77.12, 81.92 y 79.18%, para SAF, SSP y VS, respectivamente, se aprecian en la Figura 2.7.

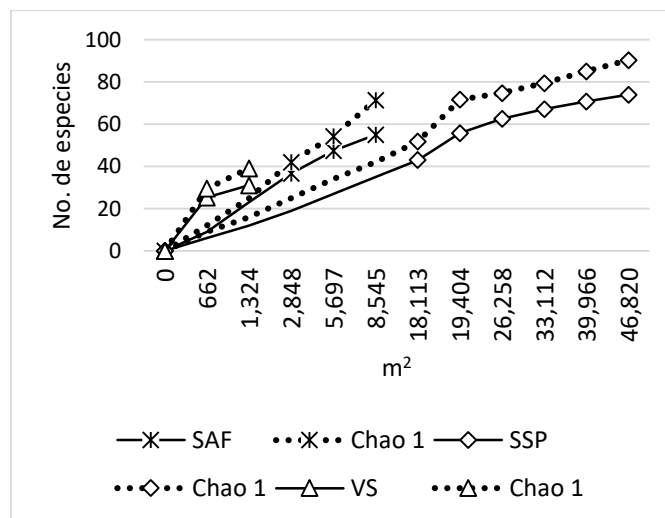


Figura 2.7. Curvas de acumulación de especies Vs. áreas de unidades con radio variable (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Los datos obtenidos en las FAV se ven reflejados en la Figura 2.8 donde los porcentajes de ajuste al estimador son de 92.31, 87.50 y 77.78 para el SAF, SSP y VS.

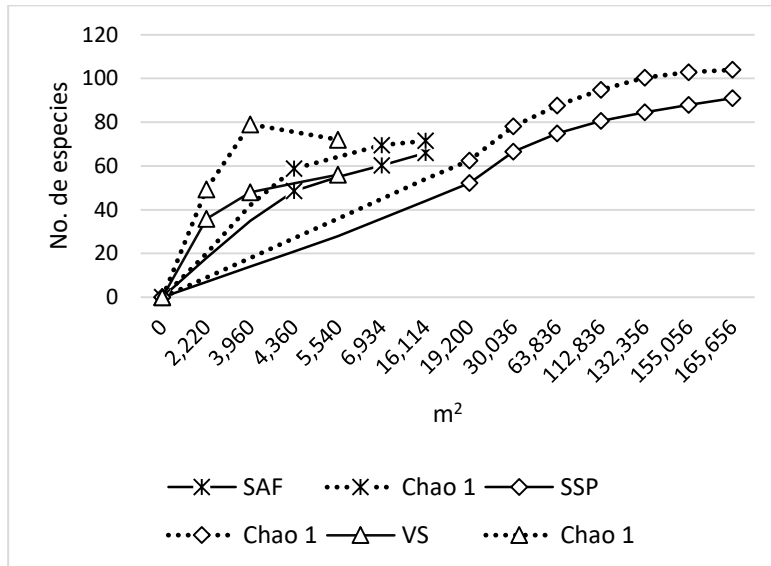


Figura 2.8. Curvas de acumulación de especies Vs. áreas de franjas con ancho y largo variable (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Finalmente, en la Figura 2.9 se presentan las curvas de los datos acumulados de toda el área muestreada por uso de la tierra, en la que el SAF tuvo 94.74, el SSP de 93.95 y la VS de 94.47% de ajuste con el estimador Chao 1.

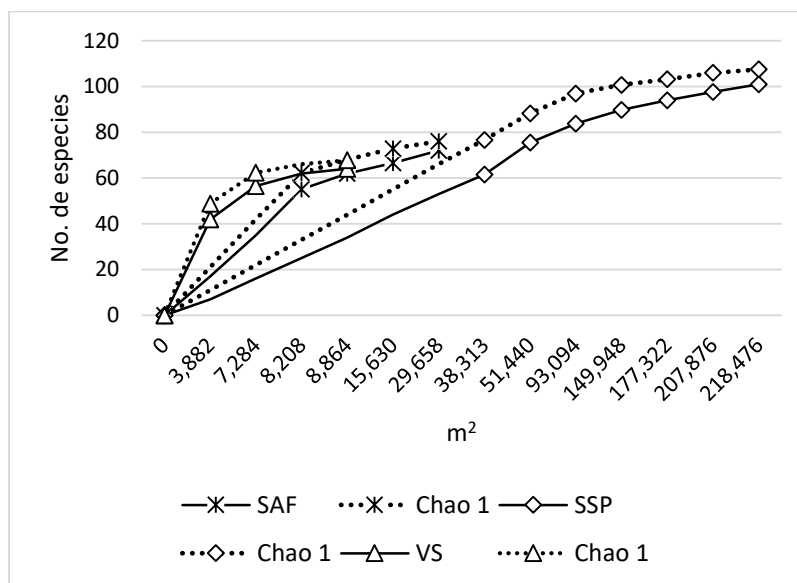


Figura 2.9. Curvas de acumulación de especies Vs. áreas totales muestreadas (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

2.7.2 Composición de especies

Durante los 75 días de registro de las especies de aves en los diferentes usos de la tierra se identificaron 112 taxa pertenecientes a 16 órdenes y 36 familias (Anexo 5).

En el SAF estuvieron presentes 72 especies en toda el área muestreada, 101 en el SSP y 63 en la VS. El orden que estuvo fue mejor representado fue el de Passeriformes, englobando más de la mitad de las especies (74) e individuos detectados en 17 familias.

La familia Parulidae fue la más frecuente en el SAF y VS con diez y siete especies, respectivamente. Por otra parte, en el SSP la familia Tyrannidae tuvo mayor presencia con 18 especies registradas.

Contrario a esto, los órdenes con menos detecciones fueron Accipitriforme, Caprimulgiforme, Galliforme, Gruiforme, Psittaciforme, Strigiforme y Trogonofirme, los cuales sólo presentaron una especie.

Se registraron 48 aves nativas de Norteamérica, de las cuales 20 son residentes y 28 migratorias. Asimismo, se presentaron cuatro especies nativas de México (*Cathartes aura*, *Columbina inca*, *Leptotila verreauxi* y *Caracara cheriway*), al igual que una endémica (*Rhodothraupis celaeno*).

Por otra parte, se detectaron dos especies (*Psarocolius montezuma* y *Campephilus guatemalensis*) sujetas a protección especial y una amenazada (*Ramphastos sulfuratus*) de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat 2010), así como dos (*Hylocichla mustelina* y *Contopus cooperi*) catalogadas como casi amenazada por la IUCN (2020).

2.7.3 Migratorias y residentes

Las aves migratorias representaron alrededor del 30% de las especies identificadas en todos los usos de la tierra y todas las áreas muestreadas (Figura 2.10), siendo el SSP el que presentó un mayor porcentaje de éstas (35.64%) y la VS el menor con 29.03%. De las 112 especies identificadas, 40 fueron migratorias y 72 residentes; *Psilorhinus morio* y *P. montezuma* (residentes) fueron las más frecuentes en los tres usos de la tierra, así como *Dives dives* en el SAF y SSP y *Amazona autumnalis* en VS. Del gremio de migratorias *Cardellina pusilla* tuvo mayor presencia en los tres usos de la tierra, *Poliioptila*

caerulea en el SAF y SSP; así como *Setophaga ruticilla* en el SAF y VS, *S. coronata* en el SSP y *Dumetella carolinensis* en la VS.

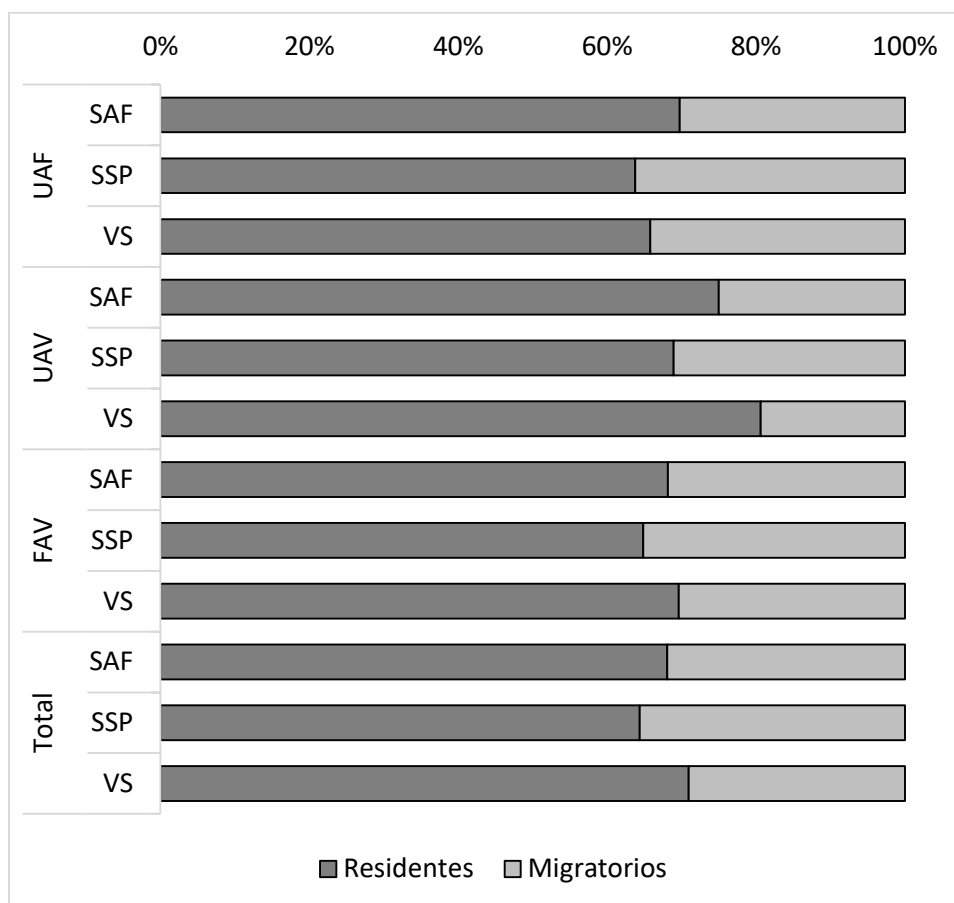


Figura 2.10. Porcentaje de aves residentes y migratorias por área muestreada (UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo, UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

2.7.4 Gremios tróficos

Con la finalidad de catalogar las aves detectadas, se dividieron en gremios de acuerdo a su tipo de alimentación; ya sea insectos, plantas y animales, néctar, semillas, frutos, carroña, carne o presas acuáticas.

En el caso de las aves insectívoras migratorias que se alimentan de frutos y semillas durante la época de migración se clasificaron como omnívoras debido a la época y lugar en que fueron registradas. En las Figura 2.11 se puede observar el número de especies pertenecientes a cada gremio por uso de la tierra en las UAF.

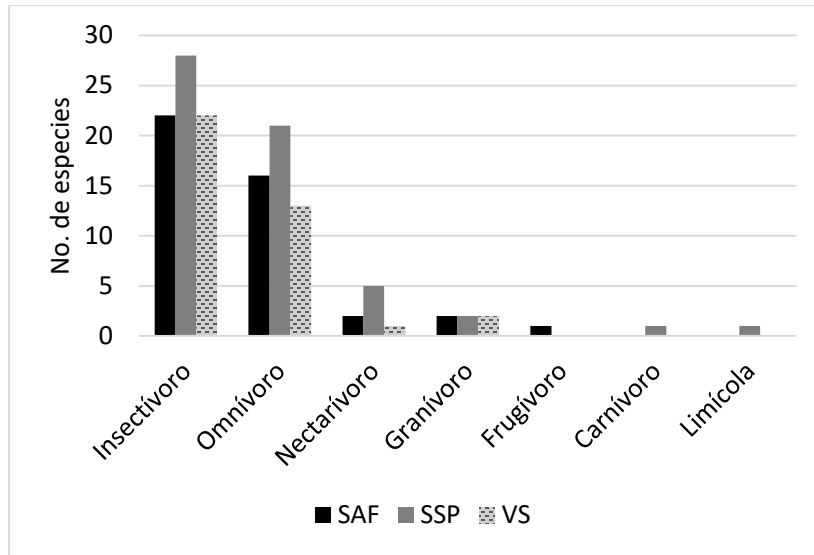


Figura 2.11. Número de especies por gremio áreas en unidades con radio fijo (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Los ocho gremios registrados con el número de especies respectivo en las UAV se presentan en la Figura 2.12.

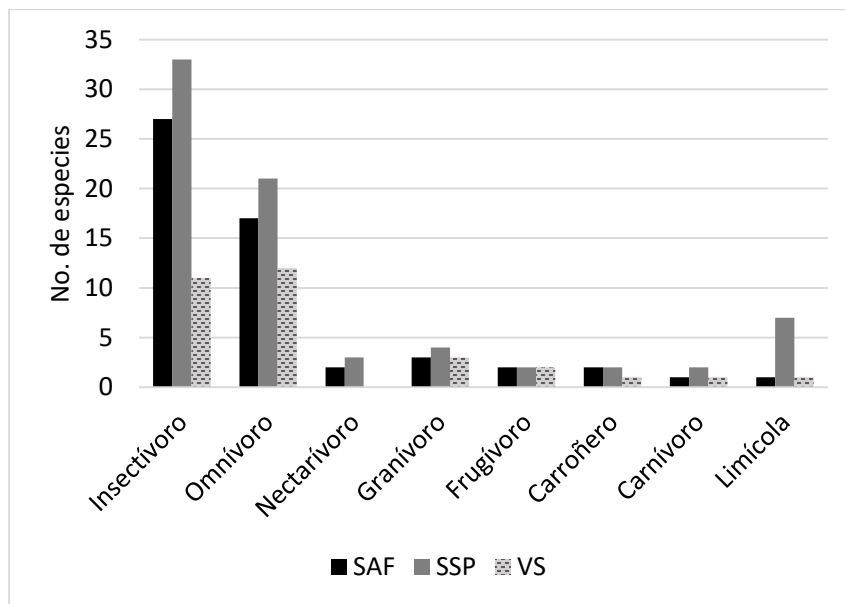


Figura 2.12. Número de especies por gremio en unidades con radio variable (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Los gremios encontrados en las FAV se aprecian en la Figura 2.13.

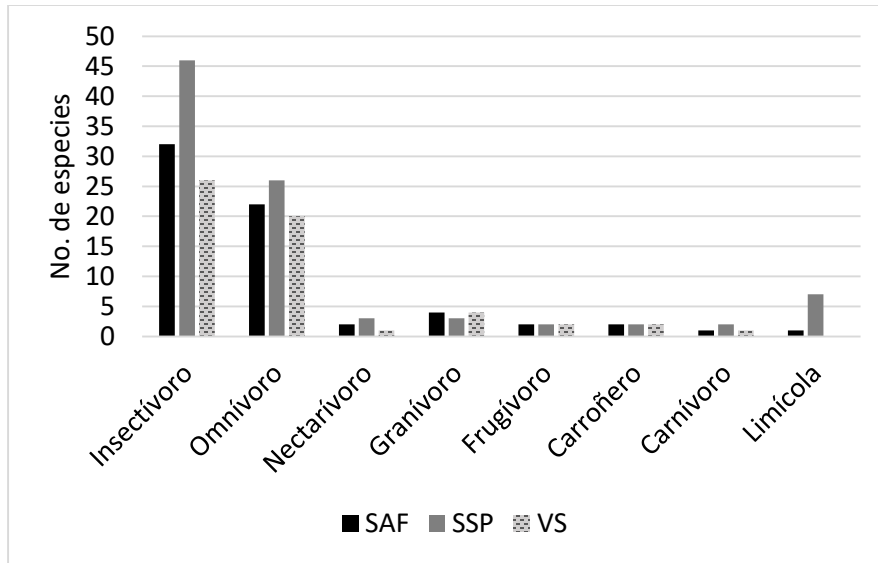


Figura 2.13. Número de especies por gremio en áreas de franjas con ancho y largo variable (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Finalmente, en la Figura 2.14 se muestran el total de gremios en el área de los res usos de la tierra muestreados.

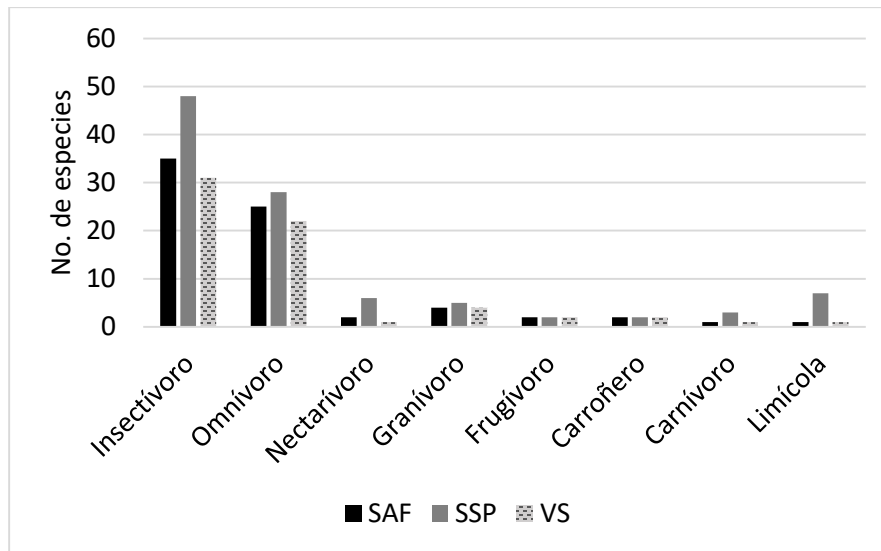


Figura 2.14. Número de especies por gremio del área total muestreada (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

En las unidades con radio fijo (UAF) del SAF se presentaron cinco de los ocho gremios, para estas mismas unidades, en el SSP faltaron los frugívoros y carroñeros; sin embargo, en la VS sólo se registró la de mitad de gremios.

En las UAV de la VS no se detectaron aves nectarívoras y en las FAV de este mismo uso de la tierra tampoco se encontraron aves limícolas.

En todas las áreas registradas, el gremio con mayor número de especies fue el insectívoro, seguido por los omnívoros; y, por el contrario, los carnívoros tuvieron escasa presencia en los tres usos de la tierra. Sin embargo, el único conjunto que presentó diferencias significativas con un $\alpha = 0.05$ de significancia en su abundancia fue el de nectarívoros, agrupando al SAF y VS en contraste con el SSP.

2.7.5 Especies exclusivas y compartidas

El uso de la tierra que tuvo mayor número con 32 especies exclusivas fue el SSP, seguido de SAF que presentó cuatro y finalmente, la VS que sólo presentó como aves específicas a *Chordeiles acutipennis*, y *Chlorospingus flavopectus* (Anexo 6).

En la Figura 2.15 se presentan las cifras de las especies compartidas por pares de usos de la tierra y el comparativo de los tres; en él se observa una distribución homogénea y creciente de los datos por área muestreada. El SSP presentó más aves en común con el SAF que cualquier otro grupo que se analizó.

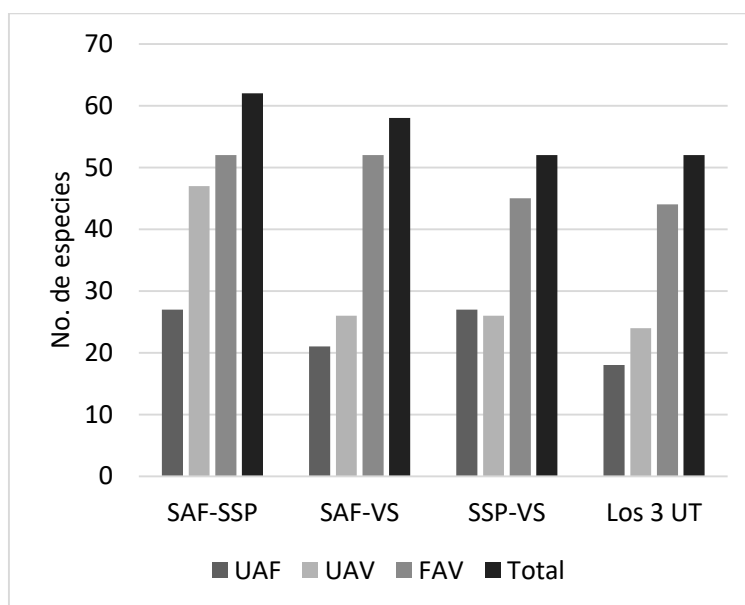


Figura 2.15. Especies compartidas por pares y en los tres usos de la tierra (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria, UT: Usos de la Tierra, UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo, UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable)

Los 52 *taxa* que comparten los tres usos de la tierra son los mismos que se encontraron en la comparación de SSP- VS. La lista de especies de este análisis puede ser consultada en el Anexo 7.

2.7.6 Índices de riqueza, diversidad y semejanza

Con un nivel de significancia de alpha de 0.05, el análisis DGC no mostró diferencias entre ninguno de los índices de riqueza y diversidad que se calcularon para los registros en las UAF (Cuadro 2.3). En la Figura 2.16 se muestran los intervalos de dichos datos.

Cuadro 2.3. Índices de riqueza y diversidad en unidades con radio fijo

Uso de la tierra	Margalef	Shannon ¹	Equidad	α de Fisher
Sistema Agroforestal				
UAF 1	5.700	3.021	0.6840	10.830
UAF 2	5.788	2.976	0.6535	11.280
UAF 3	4.030	2.473	0.6974	8.661
Promedio	5.173^a	2.823^a	0.6783^a	10.257^a
Sistema Silvopastoril				
UAF 1	5.130	2.485	0.4286	9.000
UAF 2	4.963	2.800	0.6853	9.837
UAF 3	2.133	1.816	0.6148	3.234
UAF 4	2.583	2.039	0.6981	4.464
UAF 5	6.262	2.838	0.4880	11.540
UAF 6	5.403	2.515	0.4417	10.220
Promedio	4.4123^a	2.416^a	0.5594^a	8.050^a
Vegetación Secundaria				
UAF1	5.658	2.961	0.7432	13.01
UAF 2	5.016	2.543	0.5299	10.14
Promedio	5.337^a	2.752^a	0.6366^a	11.575^a

(UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo)

¹ Letras iguales indican que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre usos de la tierra (ver Cuadro 2.7, pág. 58: UAF vs UAF)

*Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha = 0.05$

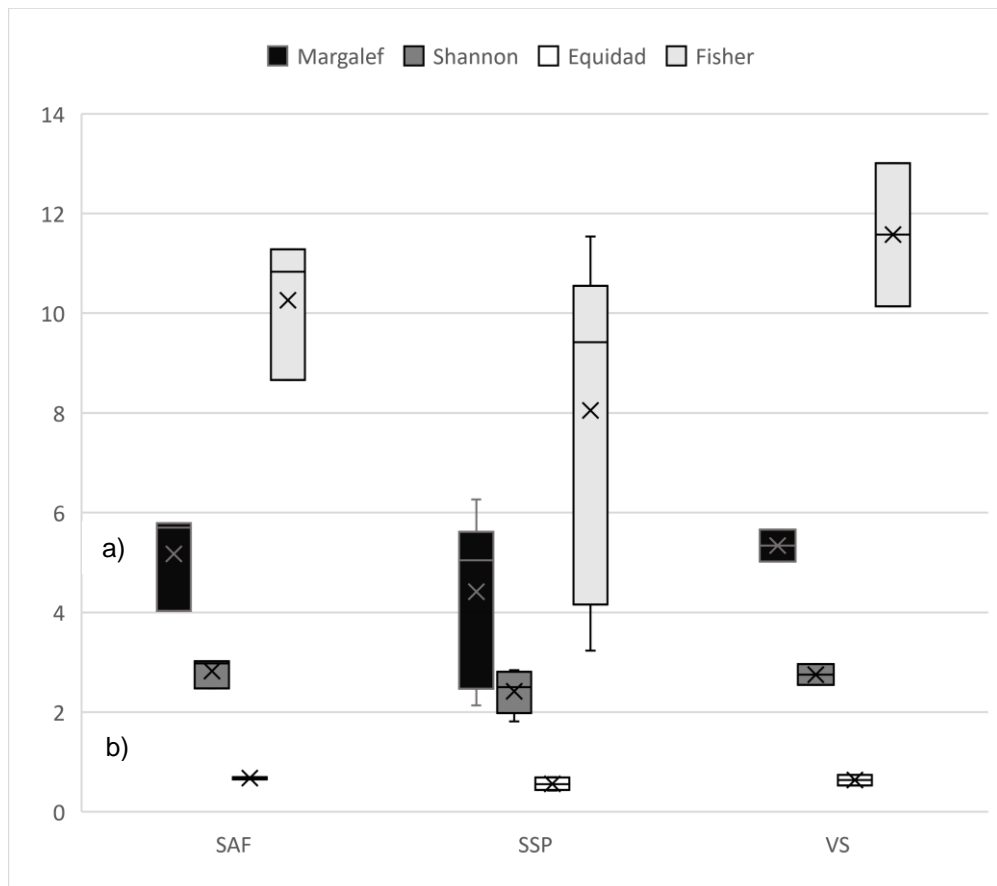


Figura 2.16. Intervalos de índices de riqueza y diversidad en unidades con radio fijo
a) Índice de Margalef y α de Fisher; b) Índice de Shannon y Equidad
(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Las aves encontradas en las UAV presentaron dos grupos en su índice de riqueza (Margalef), equidad y α de Fisher; con un nivel de significancia de α de 0.05, la VS fue segregada del SAF y SSP.

La diversidad de especies (índice de Shannon) fue significativamente ($p < 0.01$) menor en la VS que en los sistemas silvopastoril y agroforestal para las UAV (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Índices de riqueza y diversidad en unidades con radio variable (UAV)

Uso de la tierra	Margalef	Shannon ¹	Equidad	α de Fisher
Sistema Agroforestal				
UAV 1	6.080	2.836	0.4370	9.778
UAV 2	5.594	2.852	0.4951	8.963
UAV 3	5.830	2.833	0.4723	9.546
Promedio	5.535^b	2.840^b	0.4681^a	9.429^b
Sistema Silvopastoril				
UAV 1	5.889	2.885	0.4368	8.877
UAV 2	7.527	2.942	0.3789	12.490
UAV 3	5.921	2.929	0.4564	8.966
UAV 4	5.339	2.460	0.3345	8.176
UAV 5	6.852	3.017	0.4346	10.820
UAV 6	7.404	2.989	0.4053	12.270
Promedio	6.489^b	2.870^b	0.4078^a	10.267^b
Vegetación Secundaria				
UAV 1	4.586	2.769	0.5903	7.278
UAV 2	3.963	2.453	0.4841	5.866
Promedio	4.261^a	2.611^a	0.5372^b	6.572^a

(UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable)

¹: Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.01$) entre usos de la tierra (ver Cuadro 2.7, pág. 58: UAV vs UAV)

*Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha = 0.05$

La Figura 2.17 muestra los intervalos de cada uno de los cálculos mencionados.

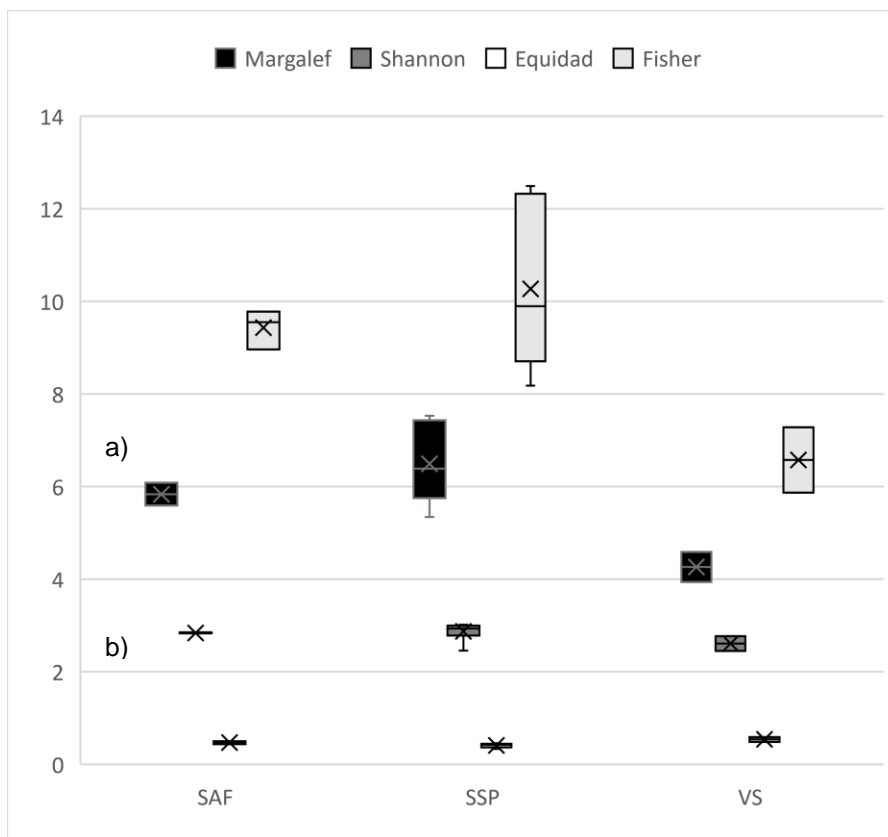


Figura 2.17. Intervalos de índices de riqueza y diversidad en unidades con radio variable
a) Índice de Margalef y α de Fisher; b) Índice de Shannon y Equidad
(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

En el Cuadro 2.5 y la Figura 2.18 se presentan los índices calculados con las aves registradas en los FAV, así como los intervalos de los mismos en los tres usos de la tierra. La equidad mostró tres grupos ($\alpha=0.05$), siendo el SSP el de menor valor, continuando con el SAF y finalmente, la VS con el mayor número. No se encontró ninguna diferencia estadística en los otros índices de diversidad.

Cuadro 2.5. Índices de riqueza y diversidad en franjas con ancho y largo variable

Uso de la tierra	Margalef	Shannon ¹	Equidad	α de Fisher
Sistema Agroforestal				
FAV 1	6.339	3.052	0.5290	10.45
FAV 2	8.519	3.180	0.4626	15.98
FAV 3	7.986	3.185	0.4559	13.49
Promedio	7.615^a	3.139^a	0.4825^b	13.31^a
Sistema Silvopastoril				
FAV 1	8.496	3.091	0.3859	14.47
FAV 2	7.409	3.033	0.4153	12.08
FAV 3	7.258	2.870	0.3460	11.42
FAV 4	9.228	3.249	0.3734	14.71
FAV 5	7.127	2.994	0.4439	12.16
FAV 6	6.738	2.874	0.3767	10.47
FAV 7	7.663	2.978	0.3706	12.37
Promedio	7.703^a	3.013^a	0.3874^a	12.53^a
Vegetación Secundaria				
FAV 1	6.326	3.063	0.5780	11.16
FAV 2	6.435	2.928	0.4916	11.31
FAV 3	6.252	2.998	0.6075	12.32
Promedio	6.338^a	2.996^a	0.5590^c	11.60^a

(FAV: Franjas con Ancho y largo Variable)

1: Letras iguales indican que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre usos de la tierra (ver Cuadro 2.7, página 58: FAV vs FAV)

*Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha = 0.05$

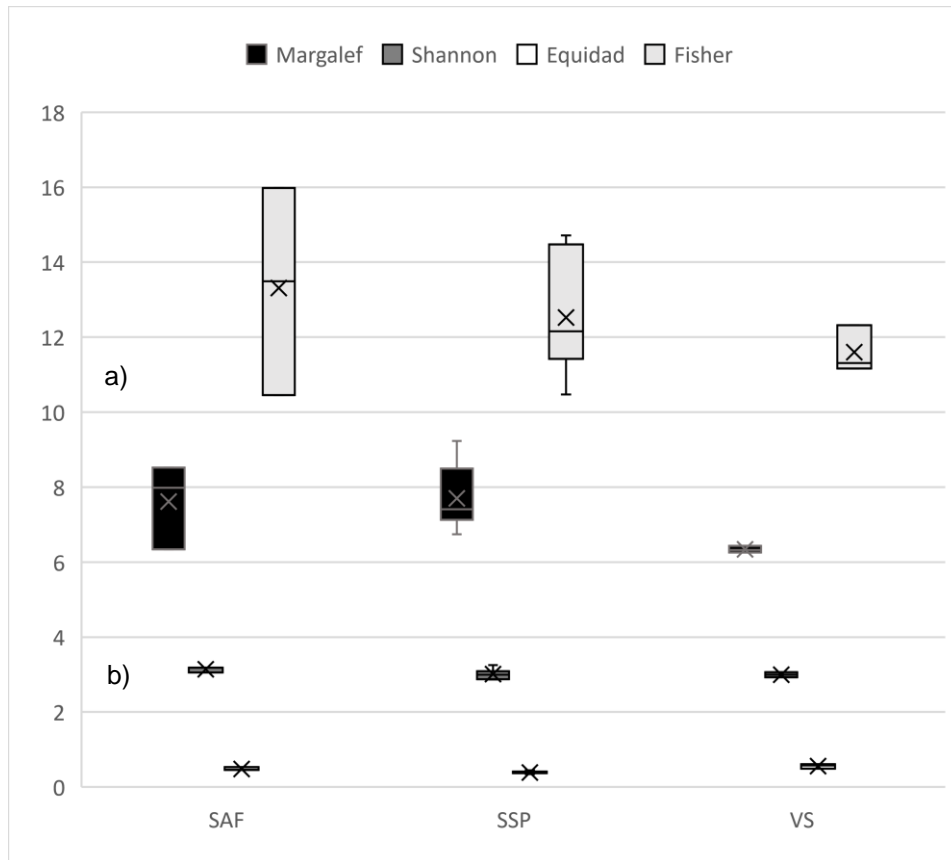


Figura 2.18. Intervalos de índices de riqueza y diversidad en franjas con ancho y largo variable
a) Índice de Margalef y α de Fisher; b) Índice de Shannon y Equidad
(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

En las áreas totales por uso de la tierra sólo se encontraron diferencias con un nivel de significancia $\alpha=0.05$ en equidad, donde se separó el SSP del SAF y la VS (Cuadro 2.6). Los índices de Margalef y α de Fisher tuvieron grandes intervalos como se puede apreciar en la Figura 2.19.

La diversidad de especies (índice de Shannon) fue significativamente ($p<0.05$) menor en la vegetación secundaria que en los sistemas silvopastoril y agroforestal para el total de áreas muestreadas (Cuadro 2.6).

Cuadro 2.6. Índices de riqueza y diversidad en el total de áreas muestreadas

Uso de la tierra	Sitio	Margalef	Shannon ¹	Equidad	α de Fisher
Sistema Agroforestal	UAF	7.119	3.269	0.6116	12.67
	UAV	7.485	2.944	0.3454	11.51
	FAV	8.855	3.227	0.3818	14.02
Promedio		7.820^a	3.147^b	0.4463^b	12.73^a
Sistema Silvopastoril	UAF	8.543	3.200	0.4228	14.42
	UAV	8.682	3.038	0.2819	12.59
	FAV	10.28	3.176	0.2631	15.06
Promedio		9.168^a	3.138^b	0.3226^a	14.02^a
Vegetación Secundaria	UAF	7.117	3.095	0.5811	14.670
	UAV	4.649	2.692	0.4764	6.822
	FAV	8.264	3.127	0.4074	13.840
Promedio		6.677^a	2.971^a	0.4883^b	11.777^a

(UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo, UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable)

¹: Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre usos de la tierra (ver Cuadro 2.7 página 58: Total vs Total)

*Letras diferentes indican diferencias significativas con un $\alpha = 0.05$

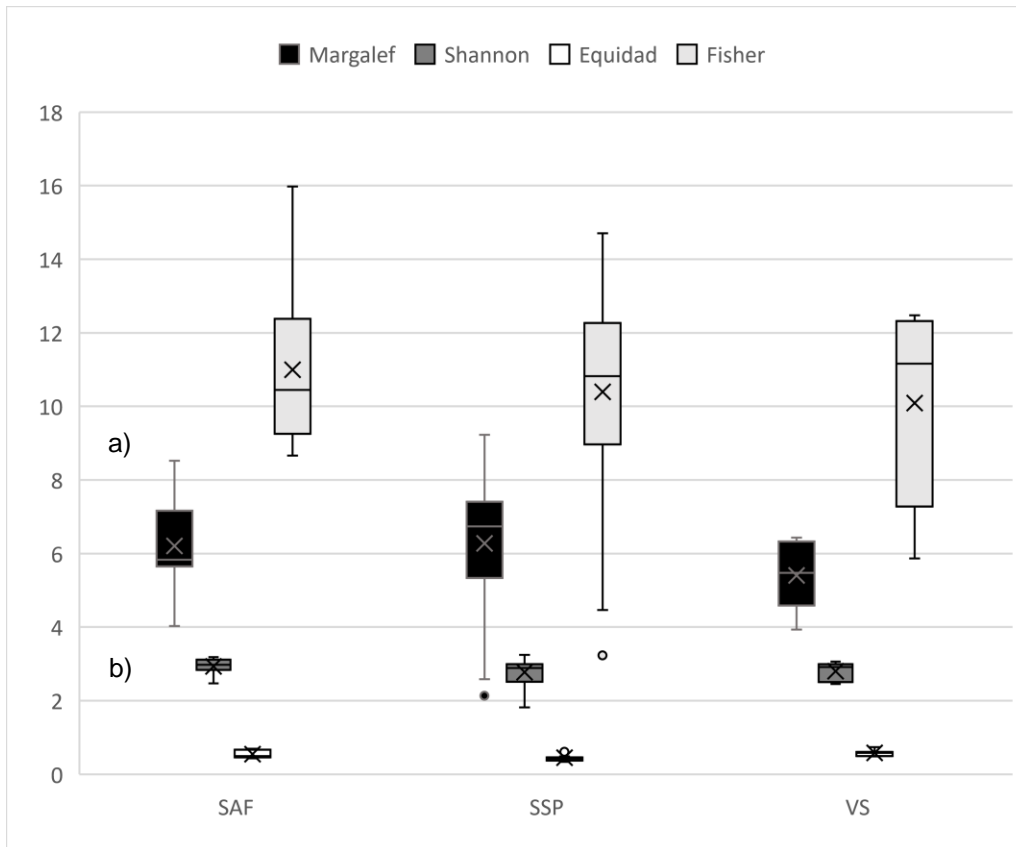


Figura 2.19. Intervalos de los índices de riqueza y diversidad en el total de área muestreada
 a) Índice de Margalef y α de Fisher; b) Índice de Shannon y Equidad
 (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

En el Cuadro 2.7 se aprecian los valores de p al comparar los índices de diversidad de Shannon con el método de t modificado por Hutcheson. En el caso de las UAV y el total de áreas muestreadas del SAF y SSP contra VS al 99 y 95% de confiabilidad se rechaza la hipótesis nula de igualdad de los índices entre usos de la tierra y las distintas áreas muestreadas.

Cuadro 2.7. Valores de p correspondientes a la comparación de índices de diversidad de Shannon por uso de la tierra y área muestreada

		Sistema Agroforestal				Sistema Silvopastoril				Vegetación Secundaria			
		UAF	UAV	FAV	Total	UAF	UAV	FAV	Total	UAF	UAV	FAV	Total
Sistema Agroforestal	UAF												
	UAV	≤0.001***											
	FAV	0.469 ^{NS}	≤0.001***										
	Total	0.641 ^{NS}	≤0.001***	0.634 ^{NS}									
Sistema Silvopastoril	UAF	0.286^{NS}	≤0.001***	0.590 ^{NS}	0.334								
	UAV	≤0.001***	0.009**	≤0.001***	≤0.001*	≤0.001***							
	FAV	0.080 ^{NS}	≤0.001***	0.128^{NS}	0.009*	0.587 ^{NS}	≤0.001***						
	Total	0.194 ^{NS}	≤0.001***	0.424 ^{NS}	0.071^{NS}	0.966 ^{NS}	≤0.001***	0.195 ^{NS}					
Vegetación Secundaria	UAF	0.065^{NS}	≤0.001***	0.120 ^{NS}	0.070 ^{NS}	0.241^{NS}	0.485 ^{NS}	0.318 ^{NS}	0.184 ^{NS}				
	UAV	≤0.001***	≤0.001***	≤0.001***	≤0.001***	≤0.001***	≤0.001***	≤0.001***	≤0.001***	≤0.001***			
	FAV	0.031*	≤0.001***	0.051^{NS}	0.012*	0.215 ^{NS}	0.049*	0.276^{NS}	0.086 ^{NS}	0.717 ^{NS}	≤0.001***		
	Total	0.016*	≤0.001***	0.017*	≤0.001***	0.147 ^{NS}	0.014*	0.146 ^{NS}	0.021*	0.717 ^{NS}	≤0.001***	0.975 ^{NS}	

(UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo, UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable)

*** $p \leq 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; NS= No significativo

De acuerdo al índice de Sorensen y con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, la mayor semejanza de las UAF se presentó entre el SSP y la VS con un 58.33%, en las UAV entre el SAF y el SSP (72.87%); adicionalmente, en FAV, así como en el total de áreas, el mayor porcentaje se presentó entre el SAF y la VS con un 83.61 y 83.82, respectivamente (Cuadro 2.8).

Cuadro 2.8. Coeficiente de Sorensen por uso de la tierra y área muestreada

		Sistema Agroforestal				Sistema Silvopastoril				Vegetación Secundaria			
		UAF	UAV	FAV	Total	UAF	UAV	FAV	Total	UAF	UAV	FAV	Total
Sistema Agroforestal	UAF	1.000											
	UAV	0.776	1.000										
	FAV	0.734	0.810	1.000									
	Total	0.748	0.866	0.957	1.000								
Sistema Silvopastoril	UAF	0.535	0.655	0.613	0.615	1.000							
	UAV	0.564	0.729	0.729	0.753	0.727	1.000						
	FAV	0.582	0.740	0.713	0.748	0.685	0.848	1.000					
	Total	0.542	0.692	0.683	0.717	0.730	0.846	0.948	1.000				
Vegetación Secundaria	UAF	0.519	0.559	0.635	0.600	0.583	0.500	0.527	0.489	1.000			
	UAV	0.541	0.605	0.619	0.583	0.517	0.514	0.475	0.439	0.522	1.000		
	FAV	0.707	0.757	0.836	0.828	0.667	0.677	0.653	0.624	0.660	0.690	1.000	
	Total	0.673	0.739	0.846	0.8382	0.672	0.696	0.710	0.679	0.745	0.653	0.933	1.000

(UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo, UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable)

2.8 DISCUSIÓN

2.8.1 Composición de especies

De acuerdo a la información proporcionada por la CONABIO (2011), Puebla ocupa el cuarto lugar entre los Estados con mayor diversidad de aves con 595 especies de las cuales 55 son endémicas, 364 se consideran residentes, 130 migratorias de invierno, 13 migratorias de verano, 25 bimodales, 45 transitorias, seis accidentales, cuatro extirpadas y siete exóticas.

Las 112 especies identificadas en el presente estudio representan cerca del 19% de las aves registradas para Puebla y más del 10% nacional, de las cuales 40 son migratorias, 48 nativas de Norteamérica, cuatro nativas de México y una especie endémica.

De acuerdo al estimador Chao 1, se esperaría encontrar cuatro especies más en toda el área muestreada del SAF, tres especies en las UAF, 16 en las UAV y seis en las FAV. En este uso de la tierra se registró un número menor de avifauna (72) al encontrado por Leyequién *et al.* (2010), así como Philpott y Bichier (2012) con 181 y 113 especies respectivamente en cafetales bajo sombra en Cuetzalan, Puebla y Soconusco, Chiapas.

Se registraron 101 especies para el SSP en toda el área muestreada, que, de acuerdo al estimador Chao 1, representa un 94% de las aves que se esperaría encontrar; es decir, 108 especies. Lo aquí documentado es similar a lo reportado por Bojorges y López (2005) en Veracruz, donde detectaron 99 especies en pastizal ganadero. Ramírez (2010) al igual que González *et al.* (2012), encontraron 76 especies en cercos vivos ubicados en Chiapas y Tenosique, Tabasco, respectivamente.

Por su parte, González *et al.* (2019) reportaron 33 especies en un sitio ganadero del ejido Nuevo Conhuas de Campeche; siendo una cantidad menor a la encontrada en las UAF (58) de este estudio y a lo estimado por Chao 1 de 64 especies. Cabe destacar que el estimador mencionado arroja un número importante de taxa por registrar en UAV y en las FAV con una diferencia de 16 y 13 especies faltantes, respectivamente.

Del total de área muestreada de VS se identificaron 64 especies, siendo 68 el máximo a registrar de acuerdo al estimador Chao 1, cantidad menor al mencionado por González *et al.* (2012) con 109 y 112 especies en acahuales jóvenes y maduros. En contraste, el

número es muy similar (68) al reportado para un bosque tropical mediano (Ramírez 2010) y mayor al de la selva madura de Santa Gertrudis con 45 especies (Bojorges y López 2005).

Las tres familias encontradas más frecuentemente en los usos de la tierra coinciden con los registros de Bojorges y López (2005), Ramírez (2010) y CONABIO (2011). Al igual que para el centro de Veracruz (Bojorges y López 2001), las especies más abundantes fueron *P. morio* y *P. montezuma*, lo cual podría explicarse debido a que son más conspicuas por su actividad gregaria y llamados constantes para reproducción, alimentación, reunión, etc. (Cerezo *et al.* 2009).

Las familias con mayor número de especies y abundancia fueron Tyrannidae, Parulidae e Ictaridae lo que se vio reflejado también en la dominancia de los gremios tróficos a los que pertenecen la mayoría de sus individuos (insectívoro y omnívoro). Estos resultados son similares a los reportados para otros lugares como Veracruz (Bojorges y López 2001, 2005), Chiapas (Ramírez 2010), Tabasco (González *et al.* 2012, 2014) y China a lo que Chang *et al.* (2013) concluyeron que los insectívoros son más tolerantes a perturbaciones por lo que tienden a dominar parches de vegetación, contrario a los frugívoros, que requieren parches con conectividad vegetal que facilite su alimentación.

Se rechaza la hipótesis respecto a que los órdenes más abundantes son los Passeriforme y Piciforme que, si bien esto coincide con lo registrado en el SAF, no es así para el SSP y la VS donde el orden Piciforme es superado en número por el Columbiforme.

2.8.2 Aves migratorias y residentes

Se rechaza la hipótesis de un porcentaje de 15% de especies migratorias debido a que el porcentaje total de aves migratorias es elevado (35.71%) y muy semejante al registrado en Veracruz (Bojorges y López 2005), por lo cual el sitio estudiado también podría ser considerado de gran importancia para estas especies debido a la disponibilidad de alimento y refugio que es proporcionado principalmente por los hábitats abiertos (Cerezo *et al.* 2009, Ramírez y Pérez 2018, González 2019). Además, de

acuerdo a Ugalde *et al.* (2010), las perturbaciones que modifican la estructura vegetal reducen la presión que ejercen éstas hacia las aves residentes.

Debido a que la presencia de especies migratorias influye en los índices de riqueza, diversidad y semejanza, éstos datos podrían cambiar de acuerdo a la temporada y año (Bojorges y López, Ramírez 2010, González *et al.* 2012); por ello, es importante que sean consideradas para cualquier plan de manejo, conservación o cambio de uso de suelo.

2.8.3 Gremios tróficos

La poca detección de carnívoros y carroñeros puede deberse al método de muestreo empleado, ya que de acuerdo con Ralph *et al.* (1996), las aves rapaces utilizan el dosel o vuelan por encima de éste, lo cual se contrapone al método de conteo por puntos que se realizó desde el interior del bosque; aunado a que el SSP presenta mayor visibilidad y posibilidad de detección de especies de estos tipos.

Por otra parte, la existencia de un río que atraviesa en el SSP podría explicar la diferencia presentada en cuanto a la presencia de especies limícolas en el SAF y VS ya que, como su nombre lo indica, este tipo de aves requiere de cuerpos de agua para obtener su alimento (Quiñonez y Hernández 2017).

La dominancia de especies del gremio insectívoro tiene congruencia con la presencia destacada de la familia Tyrannidae (ya discutida previamente), cuyos miembros se alimentan principalmente de insectos (Winkler *et al.* 2020c). Con los Icteridae y Parulidae ocurre lo mismo, ya que son principalmente, aves omnívoras (Winkler *et al.* 2020a, Winkler *et al.* 2020b).

Contrario a lo esperado, el gremio frugívoro tuvo muy poca presencia tanto en abundancia como en número de especies, por lo cual se rechaza la hipótesis que indica que este grupo representa al 30% del total de las aves identificadas.

2.8.4 Especies exclusivas y compartidas

Una de las especies exclusivas para el SAF fue *Cardellina canadensis* cuya reproducción ocurre principalmente en Canadá donde está catalogado como “amenazado” por el Comité sobre el estado de la vida silvestre en peligro de extinción en Canadá (COSEWIC

por sus siglas en inglés) debido a la pérdida de su hábitat de reproducción (NatureServe 2020).

Por otra parte, *Hylocichla mustelina* se encuentra en la categoría de “casi amenazado” por la IUCN (2020) y ha sido reportada previamente por Roberts (2011) y Bailey y King (2019) en cafetales al igual que a *Turdus assimilis* (Cohen y Lindell 2004) porque éstos proveen indirectamente de insectos y larvas debido a la formación de hojarasca.

La presencia de cuatro especies de colibríes (*Amazilia candida*, *Anthracothorax prevostii*, *Archilochus colubris* y *Selasphorus platycercus*) exclusivamente en el SSP demuestra una alta disponibilidad de néctar principalmente de especies parásitas y epífitas en floración (observaciones personales), al igual que el registro de dos especies de Martín pescador (*Megasceryle alcyon* y *Megasceryle torquata*) que pueden ser indicadoras de ausencia de algunos contaminantes y profundidad de los cuerpos de agua (Durán 2017, Villard *et al.* 2020), Otra especie indicadora, en este caso de árboles de gran fuste, es *Glaucidium brasilianum* ya que su anidación la realiza en cavidades y tolera espacios abiertos como el evaluado (Marcot 1995).

La baja detección de especies exclusivas para la VS puede deberse a lo encontrado en el Capítulo 1 (página 28) respecto a la vegetación arbórea y a que se encuentran aves más sensibles a la presencia humana como es el caso de *Chordeiles acutipennis*.

El hecho que la mayoría de las aves detectadas en los tres usos de la tierra sean insectívoras u omnívoras nos proporciona un panorama de la plasticidad y capacidad de adaptación que tienen a algunas perturbaciones con la finalidad de obtener recursos; siempre y cuando se cuente con áreas arboladas que les proporcione refugio, alimento y/o sitios de anidación (Ugalde *et al.* 2010, Monterrubio *et al.* 2016). Por el contrario, existen algunas especies tales como *Piaya cayana*, *Habia fuscicauda* y *Trogon violaceus* que requieren de una vegetación más espesa para ocultarse y que son menos conspicuas incluso en época reproductiva (Ralph *et al.* 1996).

2.8.5 Índices de riqueza, diversidad y semejanza

Los terrenos con historia de uso y manejo diferentes como sistema agroforestal, Silvopastoril y vegetación secundaria presentaron diferencias estadísticas significativas en cuanto a los índices de diversidad de Shannon; algo similar a lo encontrado por Bojorges y López (2005) en un pastizal y una selva en regeneración, con una semejanza de 38%, pero con índices mayores a los calculados en este estudio.

De acuerdo a lo reportado por Ramírez (2010) en Chiapas, donde el valor del índice de Shannon estimado para la VS fue de $H' = 3.16$, en Palmagtitan el cafetal de este estudio obtuvo valores semejantes ($H' = 3.15$); sin embargo, al compararlo por tipo de vegetación, la VS de este estudio obtuvo el menor índice ($H' = 2.97$). En el caso del SSP, el valor es parecido ($H' = 3.14$) al que calculó el mismo autor para cercos vivos ($H' = 3.12$) al igual que González *et al.* (2012) en potreros con árboles dispersos con ($H' = 3.2$). Esta diferencia podría deberse a la diferencia en el número de especies detectadas; así como la abundancia de individuos en Chiapas que, conforme a los valores de equidad, fue más homogénea (Magurran 2004).

La gran semejanza (83.82%) entre el SAF y la VS se debe a que de las 64 detectadas en VS, 58 estuvieron presentes también en el cafetal; contrario al SSP con quien compartió únicamente 52. Esto también se puede explicar por el gran número de aves identificadas en el SSP el cual influencia el resultado del coeficiente al dividirlo por uso de la tierra. Por otra parte, el índice de Sorensen calculado en todos los casos fue mayor al 50% y en el caso del total de las áreas muestreadas se incrementó casi al 70%.

Contrario a lo esperado, los resultados obtenidos en las UAF sobre los índices de riqueza y diversidad de aves establecen que estadísticamente las áreas no son diferentes, al igual que lo reportado por Ramírez (2010); lo que sugiere que la semejanza entre los usos de la tierra indica una posible conectividad entre ellos que permite el intercambio de especies.

Otra explicación podría ser que los bajos niveles de equidad suponen una menor riqueza en una comunidad con especies raras (Moreno *et al.* 2011). Por el contrario, Ramírez y Pérez (2018) así como González (2019) demostraron diferencias entre el uso de la tierra,

la diversidad de aves y sus gremios tróficos que a su vez estuvieron relacionados con la estructura de la vegetación.

De acuerdo con Cerezo *et al.* (2009), Ramírez (2010), González *et al.* (2012), Chang *et al.* (2018) y González (2019), los hábitats perturbados pueden favorecer la riqueza de especies; incluso, algunas aves son más abundantes en SAF y matrices agropecuarias en comparación a bosques primarios, por lo que conservar vegetación nativa como remanentes puede ser clave para la conservación de diversas especies (Ramírez y Pérez 2018).

Por otra parte, Roberts (2011) así como Bailey y King (2019) señalan que la presencia de parches pequeños (≥ 1 ha) de vegetación fuera de áreas protegidas o reservas naturales (como en el caso de este estudio), provee de espacios de alimentación, refugio y reproducción a aves residentes y migratorias, a lo que Hendershot *et al.* (2020) añaden que el tamaño del mismo tiene repercusiones en la composición de la avifauna.

Existe una clara dependencia entre la abundancia de una especie y su capacidad de aprovechar los diferentes usos de la tierra (Olvera *et al.* 2020), por lo cual se podrían utilizar a especies sensibles o indicadoras de perturbaciones como *Claravis pretiosa* que demuestren las diferencias entre terrenos y sus implicaciones en la conservación de la biodiversidad, así como en la producción de bienes y servicios (Monterrubio *et al.* 2016).

Dado los resultados de los Cuadros 2.3 a 2.7; así como en las especies exclusivas por uso de la tierra, no se rechaza la hipótesis planteada sobre la diferencia de al menos un uso de la tierra en su composición de especies y diversidad de avifauna.

2.9 CONCLUSIONES

Los servicios ecosistémicos provistos por las aves tales como polinización, dispersión de semillas, control de plagas, ecoturismo, etc. se encuentran ya muy bien documentados por lo que es necesario llevar a cabo trabajos a largo plazo involucrando a la población, que permitan evaluar el impacto de las actividades humanas en su hábitat; así como preservar parches fuente que permitan la repoblación de espacios en los que se promueva la vegetación nativa de la zona.

Este es el primer trabajo documentado que se realiza sobre avifauna en el bosque cálido húmedo de la sierra nororiental de Puebla; pero su cercanía y similitud a algunas áreas de Veracruz, permitió su comparación.

Los órdenes Passeriforme y Piciforme fueron los más abundantes sólo en el SAF, siendo reemplazado el segundo por el orden Columbiforme, razón por la cual se rechaza la hipótesis planteada para toda el área.

Se rechaza que las aves migratorias representen el 15% de las especies ya que el porcentaje de aves migratorias en los tres usos de la tierra es mayor al 30%, lo que sugiere que la comunidad de Palmagitan puede proveer refugio y recursos a las aves debido a las perturbaciones ligeras que han promovido la diversidad en la zona.

La existencia de semejanzas en algunos de los índices de diversidad entre el SAF, SSP y la VS incita a pensar que existe conectividad entre estos parches por lo cual se da un intercambio de especies que se pueden desplazar a través de mosaicos del paisaje. De igual forma, no se rechaza la hipótesis que indica diferencias significativas en la composición y diversidad de especies de aves en al menos un uso de la tierra.

El estudio de especies indicadoras que sean muy sensibles a cambios en la composición y estructura de la vegetación puede proporcionar mayor información sobre los cambios en el uso de la tierra a lo largo del tiempo.

2.10 LITERATURA CITADA

Anderson B. W. y Ohmart R. D. 1981. Comparisons of avian census results using variable distance transect and variable circular plot techniques. *Studies in Avian Biology*; 6: 186-192

Arizmendi Ma. D. C., Dávila P., Estrada A., Figueroa E., Márquez Valdelamar L., Lira R., Oliveros Galindo O. y Valiente Banuet V. 2008. Riparian Mesquite bushes are important for bird conservation in tropical arid Mexico. *Journal of Arid Environments*; 72: 1146- 1163

Bailey B. A. y King D. I. 2019. Habitat selection and habitat quality for wintering wood thrushes in a coffee growing region in Honduras. *Global Ecology and Conservation*; 20: 1- 10

Bojorges Baños J.C. y López Mata L. 2001. Abundancia y distribución temporal de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 72 (2): 259- 283

Bojorges Baños J. C. y López Mata L. 2005. Riqueza y diversidad de especies de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*; 21 (1): 1 -20

Bojorges Baños J. C. y López Mata L. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad 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

Carreón Santos R. J. y Valdez Hernández J. I. 2014. Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo, Series Ciencias Forestales y del Ambiente*; 20 (1): 119- 130

Cerezo A., Robbins C. S. y Dowell B. 2009. Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical*; 57 (1-2): 401-419.

Challenger, A. 2014. Paisajes naturales y humanos de México, en *Ecología y manejo de fauna silvestre en México*. Biblioteca básica de agricultura, Colegio de Postgraduados, pp.41- 71.

Chang C. H., Karanth K. K. y Robbins P. 2018. Birds and beans: Comparing avian richness and endemism in *arabica* and *robusta* agroforests in India's Western Ghats. *Scientific reports*; 8: 3143: 1-9

Chang X., Quan R., Wang L. 2013. Bird conservation in extremely small tropical rainforest patches in southwest China. *Biological Conservation*; 158: 188- 195

Chesser, R. T., K. J. Burns, C. Cicero, J. L. Dunn, A. W. Kratter, I. J. Lovette, P. C. Rasmussen, J. V. Remsen, Jr., D. F. Stotz, and K. Winker. 2019. Check-list of North

American Birds (online). American Ornithological Society.
<http://checklist.americanornithology.org/taxa>

Cohen E. B. and Lindell C. A. 2004. Survival, habitat use and movements of fledgling white-throated robins (*Turdus assimilis*) in a Costa Rican agricultural landscape. *The Auk*; 121 (2): 404- 414

Colwell R. 2013. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. Recuperado el 17 septiembre, 2019 de: <http://purl.oclc.org/estimates>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 pp.

Córdova Ávalos A., Alcántara Carbajal J. L., Guzmán Plazola R., Mendoza Martínez G. D. González Romero V. 2009. Desarrollo de un índice de integridad biológica avifaunístico para dos asociaciones vegetales de la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, Tabasco. *Universidad y Ciencia, Trópico húmedo*; 25 (1): 1- 22

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. 2008. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado el 18 enero, 2019 de: <http://www.infostat.com.ar>

Di Renzo J. A., Guzman A. W. y Casanoves F. 2002. A multiple-comparisons method base on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*; 7 (2): 129- 142

Durán A. A. 2017. Datos preliminares sobre la influencia de la turbidez del agua y profundidad en el éxito de captura de presas por *Megaceryle torquata* (aves, Alcedinidae). *Revista Biodiversidad Neotropical*; 7 (3): 152- 155

Edwards D. K., Dorsey G. L. y Crawford J. A. 1981. A comparison of tree avian census methods. *Studies in Avian Biology*; 6: 170- 176

González García F. 2011. Capítulo 4. Métodos para contar aves terrestres. En *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Universidad Autónoma de Querétaro, Instituto de Ecología, A. C. Querétaro, México pp. 85- 116

González Martín del Campo F., Navarrete Gutiérrez D. A., Enríquez P. L., Gordillo Pérez M. G. 2019. Diversidad de aves en sitios con distintos usos de suelo en Nuevo Conhuas, Calakmul, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*; 35: 1- 18

González Valdivia N. A., Arriaga Weiss S. L., Ochoa Gaona S., Ferguson B. G., Kampichler C., Pozo C. 2012. Ensamble 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., Barba Macías E., Hernández Daumás S. y Ochoa-Gaona S. 2014. Avifauna en sistemas silvopastoriles en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical*; 62 (3): 1091- 1052
- Hammer, Ø, D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1):9
- Hendershot J. N., Smith J. R., Anderson C. B., Letten A. D., Frishkoff L. O., Zook J. R., Fukami T. y Dally G. 2020. Intensive farming drives long-term shifts in avian community composition. *Nature*; 579: 393-412
- Howell S. N. G. y Webb S. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University press 851 pp.
- Hutcheson K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of theoretical Biology*; 29: 151- 154
- Hutto R. L., Pletschet S. M., Hendricks P. 1986. A fixed- radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *The Auk*; 103: 593- 602
- IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-1. <https://www.iucnredlist.org>. Descargada el 30 de abril 2020.
- Karr J. 1981. Surveying birds in the tropics. *Studies in Avian Biology*; 6: 548- 553
- Leyequién E., De Boer W. F. y Toledo V. M. 2010. Bird Community in a Shaded Coffee Agroecological Matrix in Puebla, Mexico: The Effects of Landscape Heterogeneity at Multiple Spatial Scales. *Biotropica*; 44 (2): 236- 245
- Llano M. y Fernández H. (comps.). 2017. Análisis y propuestas para la conservación de la biodiversidad en México 1995-2017. Ciudad de México, pp. 5-10.
- López Toledo J. F., Valdez Hernández J. I., Pérez Farrera M. A. y Cetina Alcalá V. M. 2012. Composición y estructura arbórea de un bosque tropical estacionalmente seco en la Reserva de la biosfera La Sepultura, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*; 3 (12): 43- 56
- Magurran A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing 215 pp.
- Marcot B. G. 1995. *Owls of Old Forests of the World*. General Technical Report PNWGTR-343. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 64 p.
- Mendoza Cruz E., Sánchez Gutiérrez F., Valdez Hernández J.I. 2017. Actividad de la guacamaya escarlata *Ara macao cyanoptera* (Psittaciformes: Psittacidae) y características estructurales de sus hábitats en Marqués de Comillas, Chiapas. *Acta Zoológica Mexicana*; 33 (2): 269-180

Monterrubio Rico T. C., Villaseñor Gómez J. F., Álvarez Jara M., Escalante Pliego P. 2016. Ecología y situación actual de la familia Columbidae en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz. *Ornitología Neotropical*; 27: 17- 26

Moreno C. E., Barragán F., Pineda E., y Pavón N. P. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 82: 1249- 1261

NatureServe. 2020. NatureServe Explorer [web application]. NatureServe, Arlington, Virginia. Disponible en: <https://explorer.natureserve.org/>. (Acceso: 27 junio 2020).

Navarro Sigüenza, A. G., Lira Noriega A., Arizmendi M. C., Berlanga H., Koleff P., García Moreno J. y Peterson A. T. 2011. Áreas de conservación para las aves de México: integrando criterios de priorización en *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso*, Conabio-Conanp (coords.). Conabio-Conanp. México, D. F. pp. 108-129.

Navarro Sigüenza A. G, Rebón-Gallardo M. D., Gordillo-Martínez A., Townsend Peterson A., Berlanga-García H. y Sánchez-González L. A. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85: S476- S495

Olvera Vital A., Rebón Gallardo F., Navarro-Sigüenza A. G. 2020. Diversidad de aves y recambio taxonómico en los diferentes hábitats del municipio de Misantla, Veracruz, México: una comparación de especies a través del tiempo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 91: 1-21

Ortiz Pulido R., Alcántara Carbajal J. L., De la Cueva H., Martínez Gómez J., Escalante Pliego P., De la Parra Martínez S. M., Feria Arroyo T. P. y Albert S. 2016. Conservación de aves en México, una instantánea de 2015. Huitzil, *Revista Mexicana de Ornitología*; 17 (2): 234- 238

Philpott S. M. y Bichier P. 2012. Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*; 149: 171- 180

Quiñonez A. S. y Hernández F. 2017. Uso de hábitat y estado de conservación de las aves en el humedal El Paraíso, Lima, Perú. *Revista peruana de biología*; 24 (2): 175- 186

Ralph C. J., Geupel G. R., Pyle P., Martin T. E., DeSante D. F. y Milá B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany,CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.

Ramírez Albores J. E. 2010. Diversidad de aves en 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. y Pérez Suárez M. 2018. Tropical forest remnants as shelters of avian diversity within a tourism development matrix in Yucatan Peninsula, Mexico. *Revista de Biología Tropical*; 66 (2): 799- 813

Reynolds R. T., Scott J. M. y Nussbaum R. A. 1980. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor*; 82: 309- 313

Robbins C. S. 1981. Effect of time of day on bird activity. *Studies in Avian Biology*; 6: 275-286

Roberts D. L. 2011. Conservation value of forest fragments for Wood thrushes (*Hylocichla mustelina*) in Costa Rica's Caribbean lowlands. *Latin American Journal of Conservation*; 2 (1): 1- 9

Salas Correa A. D. y Mancera Rodríguez N. J. 2018. Relaciones entre la diversidad de aves y la estructura de la vegetación en cuatro etapas sucesionales de bosque secundario, Antioquia, Colombia. *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*; 21 (2): 519- 529

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

Sibley D. A. 2014. *The Sibley guide to birds*. 2nd ed. Scott & Nix, Inc. 599 pp.

Sullivan. B. L., Aycrigg J. L. Barry J. H., Bonney R. E, Bruns N. Cooper C. B., Damoulas T., Dhondt A. A., Dietterich T., Farnsworth A., Fink D., Fitzpatrick J.W., Fredericks T., Gerbracht J., Gomes C., Hochachka W. M., Iliff M. J., Lagoze C., La Sorte F. A., Merrifield M., Morris W., Phillips T. B., Reynolds M., Rodewald A. D., Rosenberg K. V., Trautmann N. M., Wiggins A., Winkler D. W., Wong W. K., Wood C. L., Yu J. y Kelling S. 2014. The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science. *Biological Conservation*; 169: 31- 40

Ugalde Lezama S., Alcántara Carbajal J. L., Tarango Arámbula L. A., Ramírez Valverde G., Mendoza Martínez G. D. 2012. Fisonomía vegetal y abundancia de aves en un bosque templado con dos niveles de perturbación en el Eje Neovolcánico Transversal. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 133- 143

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.

Ugalde Lezama S., Alcántara Carbajal J. L., Valdez Hernández, J. I., Ramírez Valverde, G., Velázquez Mendoza J. y Tarango Arámbula L. A. 2010. Riqueza, abundancia y diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación. *Agrociencia*; 44 (2): 159-169.

Van Perlo B. 2006. Birds of Mexico and Central America. Princeton University Press 336 pp.

Villard P., Ferchal A., Feldmann P., Pavis C. y Bonenfant C. 2020. Habitat selection by the Ringed Kingfisher (*Megaceryle torquata stictipennis*) in Base-Terre, Guadeloupe: Possible negative association with chlordecone pollution. bioRxiv 2020.04.15.038729; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.15.038729>

Villarreal Espino Barros O. A., Guevara Viera R., Reséndiz Martínez R., Hernández Zepeda J. S., Castillo Correo J. C. y Tomé Torres F. L. 2005, Diversificación en el campo experimental Las Margaritas, Puebla, México. Archivos de Zootecnia; 54: 197- 203

Winkler D. W., Billerman S. M. y Lovette I. J. 2020. New World Warblers (Parulidae), versión 1.1. En *Birds of the World* (Billerman S. M., Keeney B. K., Rodewald P. G. y Schulenberg T. S., Editores). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.paruli1.01.1>

Winkler D. W., Billerman S. M. y Lovette I. J. 2020. Troupials and Allies (Icteridae), versión 1.0. En *Birds of the World* (Billerman S. M., Keeney B. K., Rodewald P. G. y Schulenberg T. S., Editores). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.icteri1.01>

Winkler D. W., Billerman S. M. y Lovette I. J. 2020. Tyrant Flycatchers (Tyrannidae), versión 1.0. En *Birds of the World* (Billerman S. M., Keeney B. K., Rodewald P. G. y Schulenberg T. S., Editores). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.tyrann2.01>

CAPÍTULO III. RELACIÓN DE ESTRUCTURA ARBÓREA CON RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE AVES EN TRES USOS DE LA TIERRA EN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA

3.1 RESUMEN

Las aves han demostrado mantener una relación con la estructura y composición de la vegetación existente, por lo que se han considerado especies indicadoras para inferir las condiciones de la vegetación.

Para relacionar la estructura arbórea con la riqueza y abundancia de aves se establecieron 11 Unidades de Muestreo (UM) de 17.84 m de radio (1,000 m²) distribuidas en un Sistema Agroforestal (SAF), un Sistema Silvopastoril (SSP) y en Vegetación Secundaria (VS).

Se generó un modelo con regresión Poisson que mostró la relación de la riqueza de aves con la altura promedio de los árboles y la distribución binomial negativa relacionó la abundancia de aves con la cobertura del dosel, diámetro normal promedio y altura arbórea.

La selección de variables arbóreas que influyen en la riqueza y abundancia de aves ofrece herramientas que facilitan la toma de decisiones para el manejo del arbolado en el SAF, SSP y VS de manera que no se vea menguada la producción y que ésta permita la coexistencia de otras especies de gran importancia ecológica, económica y social.

Palabras clave: Altura y diámetro, densidad y cobertura, Sistema Agroforestal, Sistema Silvopastoril, Vegetación secundaria, Poisson, binomial negativa

CHAPTER III. RELATIONSHIP OF TREE STRUCTURE WITH RICHNESS AND ABUNDANCE OF BIRDS IN THREE LAND USES IN PALMAGTITAN, SIERRA NORTE DE PUEBLA

3.2 ABSTRACT

Birds have been shown a relationship with the structure and composition of the vegetation, so they have been considered as indicator species to infer the conditions of the vegetation.

To link the tree structure with the richness and abundance of birds, 11 Sampling Units (SU) of 17.84 m radius (1,000 m²) were established and distributed in an Agroforestry System (AFS), a Silvopastoral System (SPS) and in Secondary Vegetation (SV).

A model with Poisson regression was generated and showed the relationship of the richness of birds with the average height of the trees and the negative binomial distribution related the abundance of birds with the canopy cover, average normal diameter and average tree height.

The selection of tree variables that influence the richness and abundance of birds offers tools that improve the decision-making for the management of the trees in the ASF, SPS and SV so that production is not diminished and that it allows the coexistence of other species of great ecological, economic and social importance.

Keywords: Height and diameter, density and cover, Agroforestry System, Silvopastoral System, Secondary vegetation, Poisson, negative binomial

3.3 INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, se ha documentado la relación que existe entre las características físicas y ambientales de un ecosistema y la fauna presente (Moguel y Toledo 1999, Bojorges y López 2006, Benito *et al.* 2019), así como las consecuencias de las actividades humanas sobre el estado de conservación de dichos biomas (Ugalde *et al.* 2009, Ramírez 2010, Ugalde *et al.* 2010, Olvera *et al.* 2020).

En el 2015, se reportó que el 26% de las aves de México se encontraban en claro declive y se presentaron algunas estrategias de conservación a nivel de especie (Ortiz *et al.* 2016). Sin embargo, los sistemas integrales de producción de alimentos (agroforestales y silvopastoriles) no se mencionaron como posibles hábitats para preservar a tan importante grupo y de esta forma, disminuir el impacto de las actividades humanas (Alvarado *et al.* 2017).

Con el objetivo de evaluar la viabilidad de los sistemas productivos como reservorios para la fauna, se han generado modelos a escala de paisaje para diversos grupos de aves en los que se consideran la conectividad de los parches de producción y de la vegetación natural, atributos estructurales, tamaño de la zona de borde, dinámicas poblacionales de las aves, entre otros (González *et al.* 2012, Philpott y Bichier 2012, Godoi *et al.* 2017).

Se ha demostrado que los fragmentos pequeños de vegetación son importantes para la conservación de especies; sin embargo, deben estar asociados a parches fuente o suelos en regeneración (Leyequién *et al.* 2010, Chang *et al.*, 2013, Ramírez y Pérez 2018, González *et al.* 2019).

En el presente trabajo se evaluó la relación de atributos estructurales arbóreos (Capítulo 2) con la riqueza y abundancia de aves (Capítulo 3) en tres usos de la tierra con la finalidad de demostrar la importancia del manejo del arbolado en los sistemas de producción para proveer de bienes y servicios a todos los seres vivos vinculados a ellos.

3.4 OBJETIVOS

3.4.1 General

Determinar los atributos estructurales arbóreos que influyen en la riqueza y abundancia de aves en los tres usos de la tierra

3.4.2 Específicos

- Crear un modelo que relacione la estructura arbórea con la riqueza de aves en los tres usos de la tierra
- Generar un modelo que determine los atributos de estructura arbórea que influyen la abundancia de aves en los tres usos de la tierra

3.5 HIPÓTESIS

- Las tres variables de estructura arbórea analizadas (diámetro normal, altura promedio y cobertura de copa) contribuyen significativamente a explicar la riqueza de aves
- Las tres variables de estructura arbórea analizadas (diámetro normal, altura promedio y cobertura de copa) contribuyen significativamente a explicar la abundancia de aves

3.6 MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron 11 Unidades de Muestreo (UM) de 17.84 m de radio (1,000 m²); distribuidas dos en un Sistema Agroforestal (SAF) de cafetal diversificado, seis en un Sistema Silvopastoril (SSP) y dos en Vegetación Secundaria (VS) en la comunidad de Palmagtitan, Hueytamalco, Sierra Nororiental de Puebla dentro de los cuales se obtuvieron datos de la vegetación arbórea tales como altura, diámetro normal (DN), cobertura de copa, densidad y composición florística. A la par, se registraron durante dos temporadas las aves matutinas (08:30 a 10:30) y vespertinas (15:30 a 17:30) que ocuparon dichos espacios a lo largo de 14 días en la primera temporada (de enero a abril) y 11 días en la segunda temporada de septiembre a diciembre de 2019 (Ver Capítulo 1, página 9, párrafo 5 y Capítulo 2, página 47, párrafo 2).

Se emplearon como variables de clasificación el uso de la tierra, temporada, gremios tróficos, estatus de las aves (residentes o migratorias) y su comportamiento; es decir, si eran solitarias o gregarias (Philpott y Bichier 2012, Godoi *et al.* 2017, González *et al.* 2019). Esta información puede ser consultada en el Anexo 8.

Las características arbóreas mencionadas se consideraron como posibles variables explicativas de riqueza y abundancia de aves (Cuadro 3.1); cuando dos de éstas se encontraban altamente correlacionadas, se eligió una para evitar repetir información (Philpott y Bichier 2012, Godoi *et al.* 2017).

Cuadro 3.1. Variables de estructura arbórea, riqueza y abundancia de aves

	Sistema Agroforestal	Sistema Silvopastoril	Vegetación Secundaria
Variables de estructura arbórea			
No. de individuos	187	123	461
No. de especies	22	14	24
No. de familias	16	11	17
Altura promedio (m)	6.18	5.01	6.29
Diámetro normal promedio (cm)	10.85	12.78	7.48
Cobertura de copa promedio (m ²)	71.20	61.54	43.93
Área basal (m ² .ha ⁻¹)	3.45	1.78	5.53
Densidad (ind.ha ⁻¹)	145.97	68.27	767.57
Área muestreada (m ²)	3,000	6,000	2,000
Variables de riqueza y abundancia de aves			
No. de individuos	365	787	181
No. de especies	43	58	38
No. de familias	18	24	19
Gremios tróficos	5	6	4
No. de especies residentes	30	38	24
No. de especies migratorias	13	20	14
No. de especies solitarias	23	32	24
No. de especies gregarias	20	26	14

En el caso del modelo de riqueza, se utilizaron únicamente los datos de los gremios con más de tres especies registradas y para abundancia, aquellos que presentaron más de 20 individuos (Ugalde *et al.* 2009, Benito *et al.* 2019). En ambos casos, los grupos analizados fueron los insectívoros y omnívoros (Cuadro 3.2) por medio del programa InfoStat ver.2017 (Di Renzo *et al.* 2008).

Cuadro 3.2. Información de los gremios insectívoro y omnívoro considerada para los análisis

Variable	Sistema Agroforestal	Sistema Silvopastoril	Vegetación Secundaria
No. de individuos en temporada 1	188	450	118
No. de individuos en temporada 2	164	255	54
No. de especies en temporada 1	28	40	28
No. de especies en temporada 2	33	36	16
Omnívoros	16	21	13
Insectívoros	22	29	20
Residentes	25	30	21
Migratorios	13	20	12
Solitarios	21	27	21
Gregarios	17	23	12

La relación entre el hábitat y la riqueza de aves se realizó con regresión Poisson debido a su aplicación en experimentos con resultados de eventos raros (Ugalde *et al.* 2012, Godoi *et al.* 2017). Se empleó la selección de variables en modelos lineales generalizados y el Criterio de Información de Akaike (AIC) y el Criterio de Información Bayesiano (BIC) y devianza para elegir el modelo, considerando como variables significativas aquellas que tuvieron un valor de $p < 0.05$ (Magurran 2004, Figueroa *et al.* 2019, Ugalde *et al.* 2019, García *et al.* 2020).

Para la abundancia, se empleó una distribución binomial negativa por presentar un mejor ajuste y de igual forma, se seleccionaron variables con un valor de $p < 0.05$ (Benito *et al.* 2019, Gonzáles *et al.* 2019).

Debido a que los días de registro por temporada fueron diferentes (14 y 11 días, respectivamente), en los dos modelos se incluyeron los días como “offset” para considerar diferencias en el esfuerzo de muestreo (Fava y Acosta 2016, Benito *et al.* 2019, González *et al.* 2019). Finalmente, se evaluó el ajuste de los modelos analizando los residuos y graficando los predichos. (Benito *et al.* 2019).

3.7 RESULTADOS

De acuerdo a las curvas de acumulación presentadas en la Figura 2.6 (Página 45), del total de especies posibles, se registró un 93.5% de aves en el SAF, 90.64% en SSP y 83.57% en VS. El método por el que se obtuvieron puede ser consultado en el Capítulo 2 (Página 46, párrafo 2).

Se analizaron los residuos (menor AIC y BIC) para evaluar el ajuste del modelo; y una vez seleccionado, se graficaron los predichos para comparar visualmente lo registrado (Figuras 3.1 y 3.3) contra lo predicho (Figuras 3.2 y 3.4) y seleccionar el modelo que mejor explicaba lo observado en campo.

Modelo para riqueza

No.Especies.aves~1 + Temporada + Gremio + Residente o Migratoria + Gregaria o solitaria + Altura promedio + Gremio:Residente o Migratoria + Gremio:Gregaria o solitaria

AIC: 460.30

BIC: 485.66

Devianza: 151.42

La altura arbórea promedio fue la única variable estructural que permitió relacionar la riqueza de avifauna con las variables de la estructura arbórea; sin embargo, también se incluyó a la temporada de registro de las especies. Se muestra una interacción entre los gremios y si las aves son residentes o migratorias; así como si su comportamiento es gregario o solitario. En el Cuadro 3.3 se presentan las pruebas de razón de verosimilitud que permitieron validación de la selección de variables estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para el modelo de riqueza de aves planteado como primer objetivo.

Cuadro 3.3. Pruebas de razón de verosimilitud del modelo de riqueza

Variable	χ^2	Grados de libertad	Pr(> χ^2)
Temporada	408.17	1	<0.0001***
Gremio	22.85	1	<0.0001***
Residente o Migratoria	11.24	1	<0.0001***
Gregaria o solitaria	4.72	1	0.02986*
Altura arbórea promedio	17.54	1	<0.0001***
Gremio:Residente o Migratoria	49.94	1	<0.0001***
Gremio:Gregaria o solitaria	154.36	1	<0.0001***

*** $p \leq 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; NS= No significativo

En el Cuadro 3.4 se observan los efectos fijos del modelo para las variables que determinan la riqueza de aves.

Cuadro 3.4. Efectos fijos de la regresión Poisson

Coeficientes	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> z)
(Intercepto)	-14.95	0.29	-51.26	<0.0001***
Temporada 2	2.79	0.12	23.63	<0.0001***
Gremio omnívoro	-0.30	0.32	-0.93	0.3514 ^{NS}
Residente/migratorio. Residente	-0.19	0.15	-1.32	0.1876 ^{NS}
Gregario/solitario. Solitario	1.53	0.19	7.99	<0.0001***
Altura promedio	0.15	0.04	4.07	<0.0001***
Gremio omnívoro* residente/migratorio. Residente	1.99	0.32	6.30	<0.0001***
Gremio omnívoro*gregario/solitario. Solitario	-3.68	0.37	-9.89	<0.0001***

*** $p \leq 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; NS= No significativo

En la Figura 3.1 se presentan los gráficos del número de especies registradas por temporada, gremio trófico, si son residentes o migratorias y si son gregarias o solitarias.

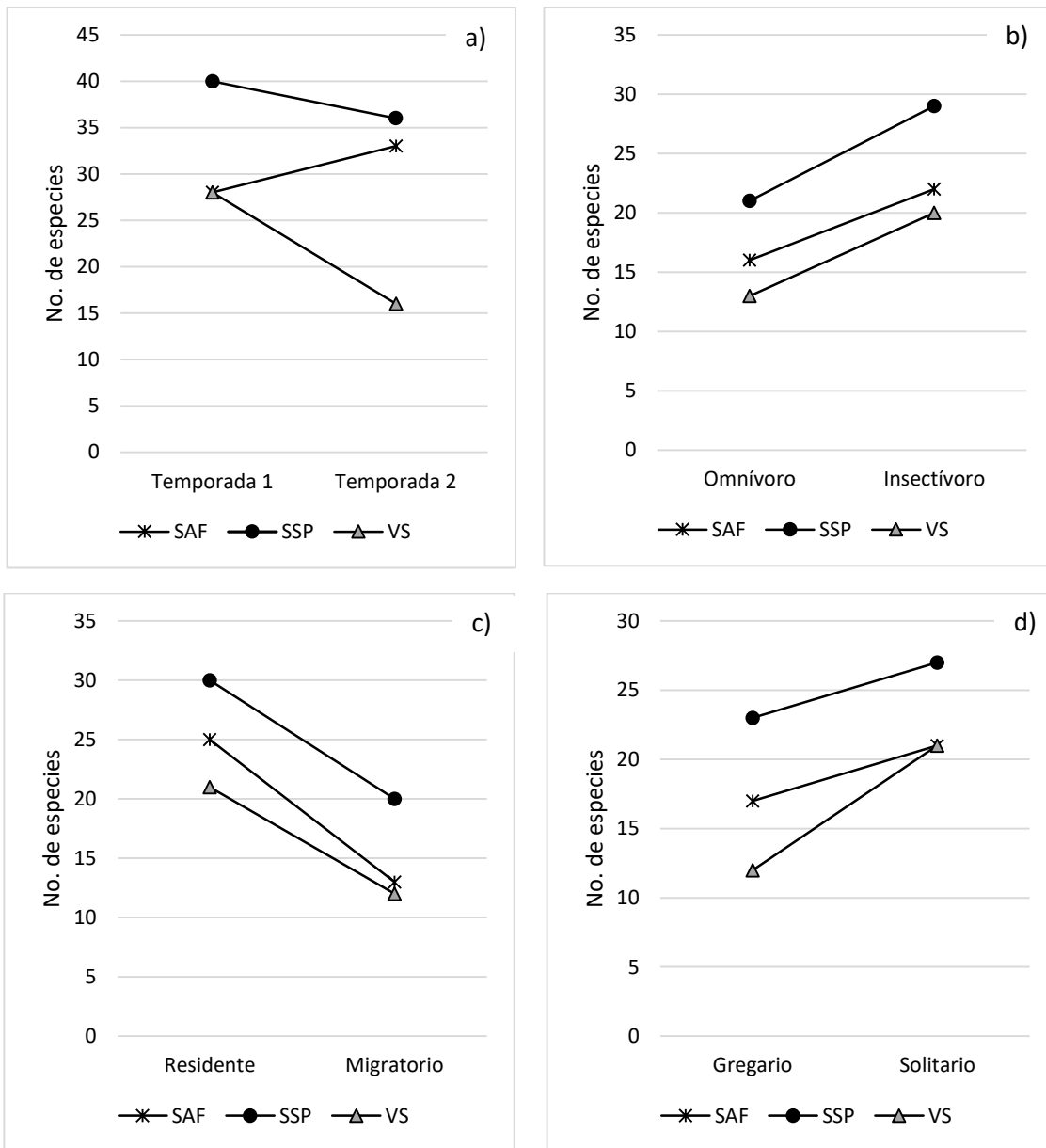


Figura 3.1. Número de especies obtenidas por a) Temporada, b) Gremio trófico, c) Residente o Migratorio y d) Gregario o Solitario en los tres usos de la tierra. (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

La Figura 3.1 muestra el número de especies que, si es comparada con la Figura 3.2, las especies predichas por temporada para el SAF presenta un patrón diferente al obtenido; sin embargo, todas las predicciones restantes (gremio, residentes o migratorias y gregarias o solitarias) coinciden en los tres usos de la tierra.

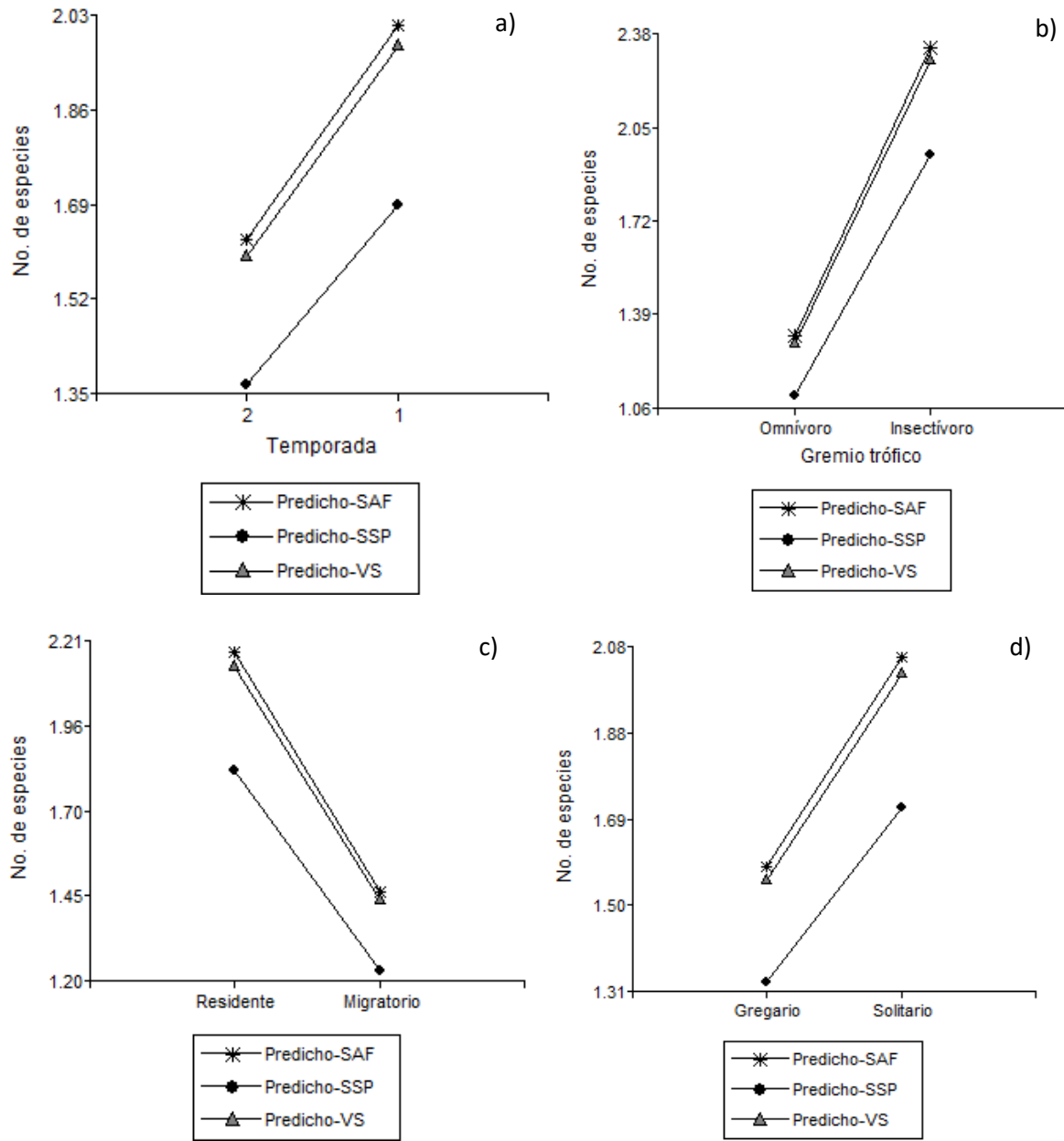


Figura 3.2. Número de especies predichas por a) Temporada, b) Gremio trófico, c) Residente o Migratorio y d) Gregario o Solitario en los tres usos de la tierra. (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Modelo para abundancia

Individuos~1+ Uso de la tierra +Temporada + Gremio + Residente o Migratoria + Gregaria o solitaria + Número de árboles + Número de especies arbóreas + Cobertura total + Diámetro normal promedio + Altura promedio + Uso de la tierra: Temporada + Uso de la tierra: Gremio + Uso de la tierra: Gregaria o solitaria + Gremio:Residente o Migratoria + Gremio:Gregaria o solitaria + Residente o Migratoria: Gregaria o solitaria +offset (Días)

AIC: 860.99

BIC: 485.66

Devianza: 182.59

El modelo de abundancia planteado como segundo objetivo, tuvo como variables estructurales el número de árboles y de sus especies, la cobertura de copa total, DN promedio y altura promedio. Las interacciones que tuvieron significancia estadística fue uso de la tierra con la temporada, gremio y si las aves son gregarias o solitarias; el gremio con la residencia y si los individuos son gregarios o solitarios al igual que la interacción de éstos dos últimos (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Pruebas de razón de verosimilitud del modelo de abundancia

Variable	χ^2	Grados de libertad	Pr(> χ^2)
Temporada	143.983	1	<0.001***
Gremio	54.814	1	<0.001***
Residente o Migratoria	8.294	1	0.003**
Gregaria o solitaria	5.823	1	0.01*
Uso de la tierra	10.397	2	0.005**
Altura arbórea promedio	18.167	1	<0.001***
No. de árboles	6.391	1	0.01*
No. de especies arbóreas	15.469	1	<0.001***
Cobertura total	9.117	1	0.002**
Diámetro normal promedio	6.232	1	0.01*
Temporada:Uso de la tierra	6.236	2	0.04*
Gremio:Uso de la tierra	12.384	2	0.002**
Gregaria o solitaria:Uso de la tierra	18.373	2	0.0001***
Gremio:Residente o Migratoria	29.259	1	<0.001***
Gremio:Gregaria o solitaria	75.027	1	<0.001***
Residente o Migratoria:Gregaria o solitaria	7.029	1	0.0080**

*** $p \leq 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; NS= No significativo

En el Cuadro 3.6 se observan los efectos fijos del modelo para las variables que determinan la abundancia de aves.

Cuadro 3.6. Efectos fijos de la binomial negativa

Coeficientes	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z)
(Intercepto)	-8.13	1.90	-4.29	<0.0001***
Uso de la tierra. SAF	-3.66	1.22	-3.00	0.0027**
Uso de la tierra. SSP	-5.13	2.07	-2.48	0.0132*
Temporada 2	1.74	0.43	4.05	0.0001***
Gremio omnívoro	-0.11	0.54	-0.20	0.8411 ^{NS}
Residente/migratorio. Residente	0.32	0.31	1.05	0.2956 ^{NS}
Gregario/solitario. Solitario	1.84	0.51	3.60	0.0003**
No. de árboles	0.01	0.01	2.63	0.0086**
No. de especies de árboles	-0.39	0.09	-4.27	<0.0001***
Cobertura total	0.00	0.00	-3.12	0.0018**
Diámetro normal promedio	-13.40	5.73	-2.34	0.0195*
Altura promedio	1.12	0.27	4.23	<0.0001***
Uso de la tierra SAF*Temporada 2	1.34	0.55	2.45	0.0144*
Uso de la tierra SSP*temporada 2	0.51	0.49	1.04	0.2984 ^{NS}
Uso de la tierra SAF*Gremio omnívoro	-0.53	0.57	-0.93	0.3529 ^{NS}
Uso de la tierra SSP*Gremio omnívoro	-1.74	0.53	-3.26	0.0011**
Uso de la tierra SAF*Gregario/solitario. Solitario	0.61	0.56	1.08	0.2789 ^{NS}
Uso de la tierra SSP*Gregario/solitario. Solitario	-1.30	0.52	-2.48	0.0133*
Gremio omnívoro*Residente/migratorio. Residente	2.27	0.41	5.58	<0.0001***
Gremio omnívoro*Gregario/solitario. Solitario	-3.74	0.45	-8.35	<0.0001***
Residente/migratorio. Residente*Gregario/solitario	-1.07	0.39	-2.76	0.0058**

*** $p \leq 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; NS= No significativo

En la Figura 3.3 se presentan los gráficos del número de individuos registrados en cada uso de la tierra por temporada, gremio trófico, si son residentes o migratorias y si son gregarias o solitarias.

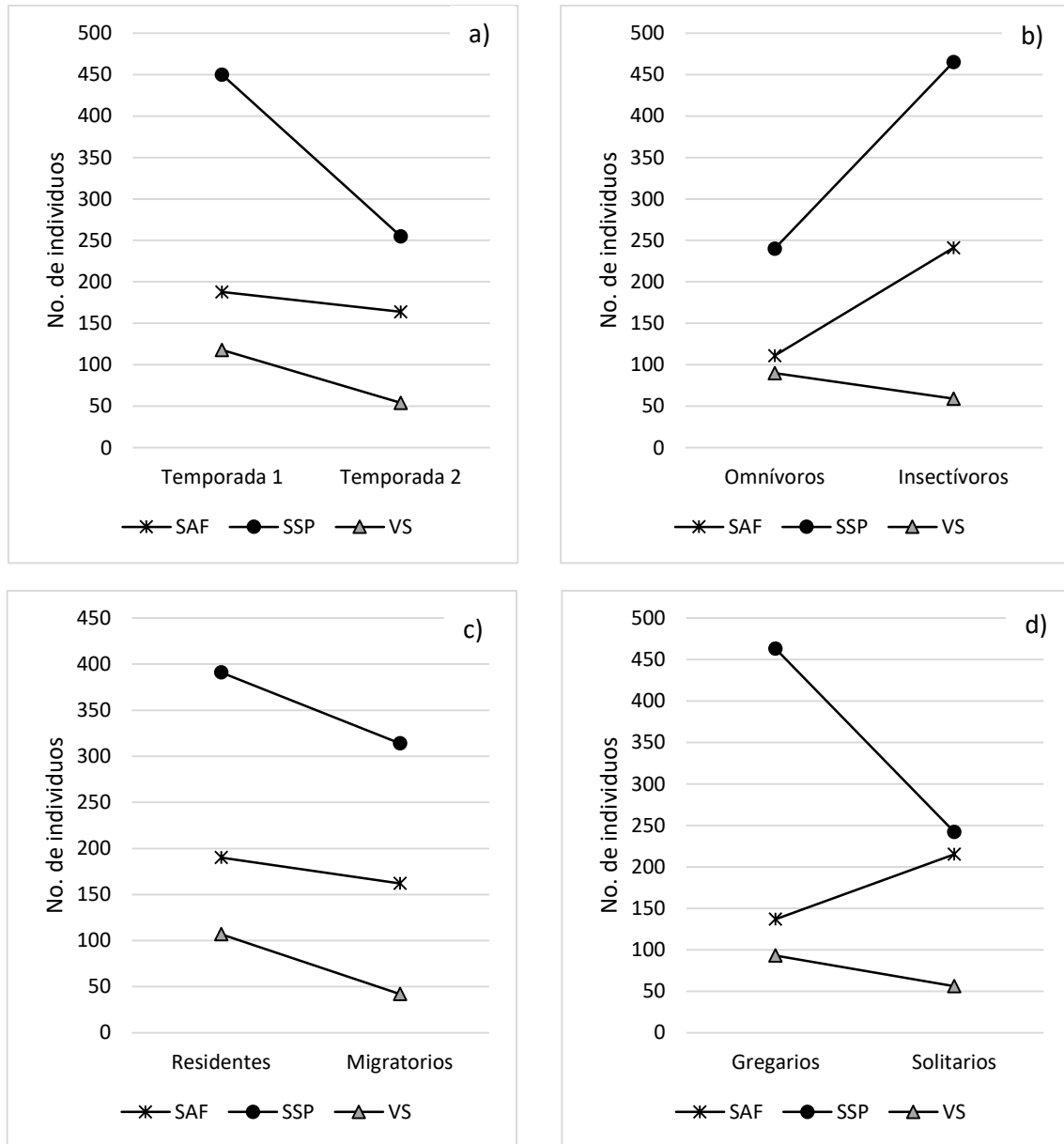


Figura 3.3. Número de individuos obtenidos por a) Temporada, b) Gremio trófico, c) Residente o Migratorio y d) Gregario o Solitario en los tres usos de la tierra. (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

Nuevamente, la única inconsistencia de patrones entre lo registrado (Figura 3.3) y lo predicho (Figura 3.4) es en los individuos para el SAF durante la temporada 2, ya que se predicen más individuos que los reportados en este trabajo.

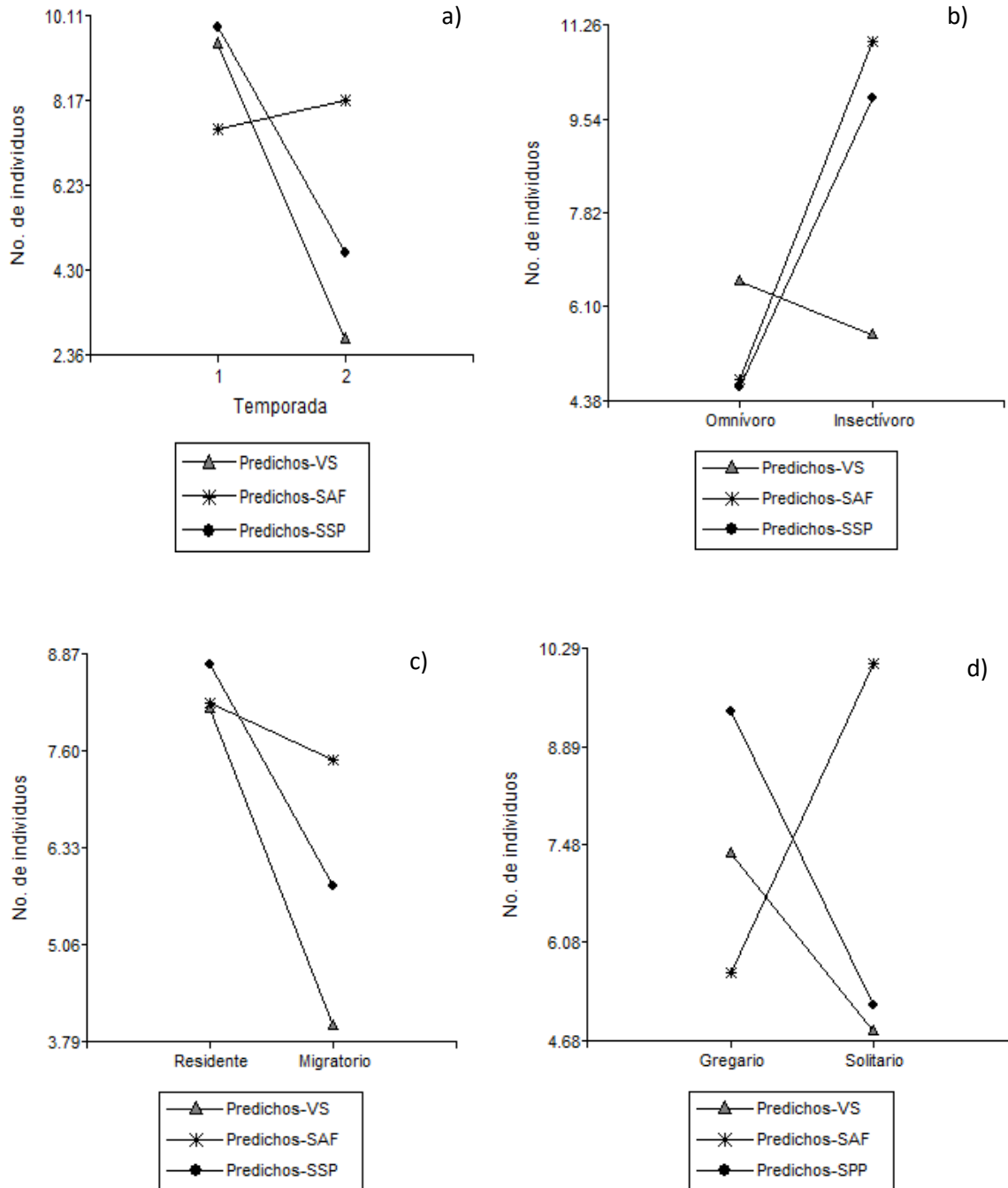


Figura 3.4. Número de individuos predichos por a) Temporada, b) Gremio trófico, c) Residente o Migratorio y d) Gregario o Solitario en los tres usos de la tierra. (SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria)

3.8 DISCUSIÓN

Dado el porcentaje de ajuste al estimador Chao 1, se puede inferir que las variables seleccionadas para el modelo nos permitirán predecir respuestas sobre las poblaciones de aves, tales como riqueza y abundancia (Ugalde *et al.* 2012).

En lo encontrado en este trabajo, las aves insectívoras dominaron en los tres usos de la tierra. Esto coincide con lo reportado por Chang *et al.* (2013), quienes, al evaluar parches pequeños, contabilizaron un aumento en el número de especies en este gremio conforme al tamaño del parche, contrario a los omnívoros, cuya riqueza no estuvo relacionada con el mismo. Por otra parte, ambos gremios son más tolerantes a disturbios y en el caso de los generalistas, están relacionados positivamente con su abundancia (Cerezo *et al.* 2009, Philpott y Bichier 2012).

Contrario a lo esperado, sólo la altura promedio fue una variable estructural significativa para el modelo de riqueza. Esto puede deberse a que las variables de DN, altura y cobertura del dosel están íntimamente relacionadas, tal y como lo reportan Philpott y Bichier (2012), quienes incluyeron altura y cobertura del dosel para predecir la riqueza y abundancia de aves. Dicho lo anterior, se rechaza la hipótesis que incluía las tres variables arbóreas para la predicción de riqueza avifaunística.

Las variables que permitieron generar el modelo para abundancia de avifauna fueron número de individuos y de especies arbóreas, cobertura de copa, DN promedio y altura promedio; por lo cual no se rechaza la hipótesis que establece la relación de las últimas tres con la abundancia de aves.

Contrario a lo aquí encontrado, Philpott y Bichier (2012) establecieron la relación de la abundancia de insectívoros con una baja riqueza arbórea, así como de suelo cubierto por vegetación muerta y Godoi *et al.* (2017) con la distancia a parches más grandes de vegetación. Similar a lo registrado en Palmagtitan, Salas y Mancera (2018) relacionaron el área basal, altura máxima y número de árboles por ha con la abundancia de aves.

El registro de una mayor riqueza y abundancia de especies durante la temporada de septiembre a diciembre confirma la importancia de las aves migratorias que transitan el área de estudio y representan alrededor del 30% de los especímenes registrados (Ver

capítulo 2, página 51, párrafo 7), alterando así, la dinámica y el uso de los recursos de las residentes (Ugalde *et al.* 2012).

Aunado a esto, González *et al.* (2012) estipulan que existe una mayor abundancia de individuos en hábitats más complejos y con mayores densidades, lo que coincide con lo aquí demostrado y lo establecido por Philpott y Bichier (2012) y Ugalde *et al.* (2012) quienes mencionan que hábitats moderadamente alterados pueden llegar a soportar una mayor riqueza y abundancia de especies debido a la diversificación de recursos. En el mismo sentido, Cerezo *et al.* (2009) establecen que los hábitats abiertos son más diversos y sustentan mayores números de especies e individuos migratorios que áreas de vegetación secundaria lo cual explica la nula diferencia estadística en algunos de los índices de riqueza, diversidad y semejanza calculados en el Cuadro 2.7.

Anteriormente se consideraba que la diversidad de aves estaba relacionada directamente con la diversidad vegetal; sin embargo, se ha demostrado que no es así debido a que existen algunas especies como *Hylocichla mustelina* que no tienen preferencia entre ambientes alterados y vegetación secundaria o que puede haber un desplazamiento de avifauna nativa por exótica que altera el ecosistema (Ugalde *et al.* 2012, Monterrubio *et al.* 2016, Bailley y King 2019).

Debido a que la selección del hábitat está en función de la época del año, disponibilidad de alimento, refugio, sitios de anidación, tamaño de las especies de aves, tamaño de los parches de vegetación, distancia a cuerpos de agua, entre otras (Ugalde *et al.* 2009, Leyequién *et al.* 2010, Ugalde *et al.* 2010, Chang *et al.* 2013, Bailley y King 2019), se deben tener claridad sobre la información que se quiere obtener o demostrar con el trabajo, y elegir adecuadamente las variables a evaluar.

3.9 CONCLUSIONES

La selección de parámetros arbóreos que influyen en la riqueza y abundancia de aves ofrece herramientas que facilitan la toma de decisiones para el manejo del arbolado en el SAF, SSP y VS de manera que no se vea menguada la producción y al mismo tiempo,

ésta permita la coexistencia de otras especies de gran importancia ecológica, económica y social.

La cobertura del dosel, DN y altura permiten inferir la abundancia de aves por lo cual no se rechaza la hipótesis de su influencia; por el contrario, la riqueza sólo presentó relación significativa con la altura promedio, por lo cual se rechaza la hipótesis inicial.

Es importante considerar la función que tiene cada especie en el ecosistema al momento de hacer evaluaciones de relación hábitat- ave ya que se pueden presentar interacciones incluso en la misma clase (como en el caso de Gremio*Residentes/Migratorias) que influirán en los resultados a obtener.

Es innegable que la presencia y/o ausencia de aves está en función de atributos vegetales por lo cual se debe evaluar el estado de los parches pequeños que permiten su conectividad con otras comunidades y proveen de recursos al ser humano y demás fauna.

3.10 LITERATURA CITADA

- Alvarado F., Escobar F., Williams D. R., Arroyo-Rodríguez V. y Escobar-Hernández F. 2017. The role of livestock intensification and landscape structure in maintaining tropical biodiversity. *Journal of Applied Ecology*; 185-194
- Bailey B. A. y King D. I. 2019. Habitat selection and habitat quality for wintering wood thrushes in a coffee growing region in Honduras. *Global Ecology and Conservation*; 20: 1- 10
- Benito J. F., Escobar M. A. H. y Villaseñor N. R. 2019. Conservación en la ciudad: ¿Cómo influye la estructura del hábitat sobre la abundancia de especies de aves en una metrópoli latinoamericana? *Gayana*; 2: 114- 125
- Bojorges Baños J. C. y López Mata L. 2006. Asociación de la riqueza y diversidad 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
- Cerezo A., Robbins C. S. y Dowell B. 2009. Uso de hábitats modificados por aves dependientes de bosque tropical en la región caribeña de Guatemala. *Revista de Biología Tropical*; 57 (1-2): 401-419
- Chang X., Quan R., Wang L. 2013. Bird conservation in extremely small tropical rainforest patches in southwest China. *Biological Conservation*; 158: 188- 195
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. 2008. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado el 18 enero, 2019 de: <http://www.infostat.com.ar>
- Fava G. A. y Acosta J. C. 2016. Abundancia y diversidad de aves en ambientes con diferente grado de perturbación en el monte de Argentina. *Ornitología Neotropical*; 27: 307- 316
- Figuroa Sandoval B., Pimentel López J., Ugalde Lezama S., Figuroa Rodríguez O. L., Figuroa Rodríguez K. A. y 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 Núñez R. M., Romero Díaz C., Ugalde Lezama S. y Tinoco Rueda J. A. 2020. Vegetación y estructura del hábitat que determina la dieta de aves insectívoras en sistemas agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*; 11 (4): 853- 864
- Godoi M. N., Laps R. R., Ribeiro D B., Aoki C. y De Souza F. L. 2017. Bird species richness, composition and abundance in pastures are affected by vegetation structure and distance from natural habitats: a single tree in pastures matters. *Emu- Austral Ornithology*; 118 (2): 201- 211
- González Martín del Campo F., Navarrete Gutiérrez D. A., Enríquez P. L., Gordillo Pérez M. G. 2019. Diversidad de aves en sitios con distintos usos de suelo en Nuevo Conhuas, Calakmul, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*; 35: 1- 18

González Valdivia N., Ochoa-Gaona S., Ferguson Bruce G., Pozo C., Kampichler C. y Pérez-Hernández I. 2012. Análisis comparativo de la estructura, diversidad y composición de comunidades arbóreas de un paisaje agropecuario en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 83: 83-99

Leyequién E., De Boer W. F. y Toledo V. M. 2010. Bird Community in a Shaded Coffee Agroecological Matrix in Puebla, Mexico: The Effects of Landscape Heterogeneity at Multiple Spatial Scales. *Biotropica*; 44 (2): 236- 245

Magurran A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing 215 pp.

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

Monterrubio Rico T. C., Villaseñor Gómez J. F., Álvarez Jara M., Escalante Pliego P. 2016. Ecología y situación actual de la familia Columbidae en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz. *Ornitología Neotropical*; 27: 17- 26

Olvera Vital A., Rebón Gallardo F., Navarro-Sigüenza A. G. 2020. Diversidad de aves y recambio taxonómico en los diferentes hábitats del municipio de Misantla, Veracruz, México: una comparación de especies a través del tiempo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*; 91: 1-21

Ortiz Pulido R., Alcántara Carbajal J. L., De la Cueva H., Martínez Gómez J., Escalante Pliego P., De la Parra Martínez S. M., Feria Arroyo T. P. y Albert S. 2016. Conservación de aves en México, una instantánea de 2015. Huitzil, *Revista Mexicana de Ornitología*; 17 (2): 234- 238

Philpott S. M y Bichier P. 2012. Effects of shade tree removal on birds in coffee agroecosystems in Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*; 149: 171- 180

Ramírez Albores J. E. 2010. 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. y Pérez Suárez M. 2018. Tropical forest remnants as shelters of avian diversity within a tourism development matrix in Yucatan Peninsula, Mexico. *Revista de Biología Tropical*; 66 (2): 799- 813

Salas Correa A. D. y Mancera Rodríguez N. J. 2018. Relaciones entre la diversidad de aves y la estructura de vegetación en cuatro etapas sucesionales de bosque secundario, Antioquia, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*; 21 (2): 1- 12

Ugalde Lezama S., Alcántara Carbajal J. L., Tarango Arámbula L. A., Ramírez Valverde G., Mendoza Martínez G. D. 2012. Fisonomía vegetal y abundancia de aves en un bosque templado con dos niveles de perturbación en el Eje Neovolcánico Transversal. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 133- 143

Ugalde Lezama S., Alcántara Carbajal J. L., Valdez Hernández, J. I., Ramírez Valverde, G., Velázquez Mendoza J. y Tarango Arámbula L. A. 2010. Riqueza, abundancia y

diversidad de aves en un bosque templado con diferentes condiciones de perturbación. *Agrociencia*; 44 (2): 159-169

Ugalde Lezama S., Tarango Arámbula L. A. Cruz Miranda Y., Marcos Rivera U., Olmos Oropeza G., Martínez Montoya J. F. 2019. Espectro trófico de aves Turdidae en un bosque de *Pinus cembroides* con dos aperturas de dosel. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*; 22: 139- 143

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

CONCLUSIONES GENERALES

Las familias arbóreas que se encontraron en cada uso de la tierra correspondieron al aprovechamiento que se lleva a cabo en cada una de las áreas y las más representativas también fueron de acorde al propósito de cada terreno. Contrario a lo estipulado, las familias más abundantes y de mayor importancia estructural no fueron Burseraceae y Fabaceae, por lo que se rechaza la hipótesis inicial.

Debido a que la Vegetación Secundaria y el Sistema Silvopastoril presentaron asemejanzas en su densidad e índices de riqueza y diversidad arbórea, respectivamente, no se rechaza la hipótesis que enuncia la diferencia de estos valores en al menos un uso de la tierra.

Se rechaza la hipótesis que establece mayores índices de riqueza y diversidad de árboles en la Vegetación Secundaria dado que éstos se obtuvieron en el Sistema Agroforestal, lo cual puede explicarse por la exclusión competitiva de especies y la promoción de las mismas con el manejo selectivo empleado en el cafetal bajo sombra.

Para las aves, los órdenes Passeriforme y Piciforme fueron los más abundantes sólo en el Sistema Agroforestal, siendo reemplazado el segundo por el orden Columbiforme, razón por la cual se rechaza la hipótesis planteada para toda el área.

Se rechaza la hipótesis que las aves migratorias representen el 15% de las especies ya que el porcentaje de aves migratorias en los tres usos de la tierra es mayor al 30%, lo que sugiere que la comunidad de Palmagitan puede proveer refugio y recursos a las aves debido a la disponibilidad de recursos que han promovido la diversidad en la zona.

No se rechaza la hipótesis que indica diferencias significativas en la composición y diversidad de especies de aves en al menos un uso de la tierra.

La cobertura del dosel, DN y altura permitieron inferir la abundancia de aves por lo cual no se rechaza la hipótesis de su influencia; por el contrario, la riqueza sólo presentó relación significativa con la altura promedio, por lo cual se rechaza la hipótesis inicial.

Los sistemas agroforestales y silvopastoriles permiten la conservación de especies y la conexión de parches de vegetación, así como la obtención de bienes y servicios para el ser humano que son indispensables para su subsistencia.

Este es el primer trabajo documentado que se realiza sobre avifauna en el bosque cálido húmedo de la sierra nororiental de Puebla; pero su cercanía y similitud a algunas áreas de Veracruz, permitió su comparación y podría ser utilizado para extrapolar a otras áreas con características similares.

La selección de parámetros arbóreos que influyen en la riqueza y abundancia de aves ofrece herramientas que facilitan la toma de decisiones para el manejo del arbolado en el Sistema Agroforestal, Silvopastoril y la Vegetación Secundaria de manera que no se vea menguada la producción y al mismo tiempo, ésta permita la coexistencia de otras especies de gran importancia ecológica, económica y social.

La ecología del paisaje cada vez tiene mayor importancia en el estudio de las interacciones y la conservación de especies, por lo cual es fundamental llevar a cabo investigaciones en pequeñas parcelas y evaluar su probable conectividad con parches fuente.

ANEXOS

1. Familias y especies arbóreas y sus abundancias por uso de la tierra

No.	Familia/ Especie	Origen	Sistema Agroforestal	Sistema Silvopastoril	Vegetación Secundaria
1	Apocynaceae <i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	N		2	18
2	Anacardiaceae <i>Tapirira mexicana</i> Marchand	N	2		5
3	Annonaceae <i>Annona muricata</i> L.	N		1	
4	<i>Guatteria amplifolia</i> Triana & Planch.	N			1
5	Bignoniaceae <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	E		1	
6	Burseraceae <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	N		77	3
7	Cannabaceae <i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	N	8		6
8	Cyatheaceae <i>Cyathea divergens</i> Kunze	N	2		
9	Euphorbiaceae <i>Alchornea latifolia</i> Sw.	N			158
10	<i>Croton draco</i> Schlttdl. & Cham.	N		5	2
11	<i>Jatropha curcas</i> L.	N	3		
12	Fabaceae <i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	N		8	
13	<i>Inga vera</i> Kunth	N	12		
14	<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	N			1
15	Lauraceae <i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	E	2		25
16	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	N	10		
17	Malpighiaceae <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	N			52
18	Malvaceae <i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	N	20		5
19	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	N			7
20	Melastomataceae <i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	N	1	4	27
21	<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don	N			48
22	Meliaceae <i>Cedrela odorata</i> L.	N	12	2	
23	<i>Swietenia macrophylla</i> King	N		3	
24	Moraceae <i>Ficus citrifolia</i> Mill.	N		11	2
25	<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	N		5	
26	<i>Ficus pertusa</i> L. f.	N		1	
27	<i>Ficus</i> sp.	S/D			1
28	<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> Donn. Sm.	N			1
29	Musaceae <i>Musa</i> sp. Juss.	E	21		
30	Myrtaceae <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	N	1		47

31	<i>Psidium guajava</i> L.	N			3
	Oleaceae				
32	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	N		1	
	Piperaceae				
33	<i>Piper aduncum</i> L.	N			3
	Primulaceae				
34	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	N	2		7
35	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	N	9		31
	Rubiaceae				
36	<i>Coffea arabica</i> L.	E	44		
37	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner	E	2		
	Rutaceae				
38	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	E	8		
39	<i>Citrus aurantium</i> L.	E	5		
40	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez	E			4
41	<i>Citrus tangerina</i> Yu. Tanaka	E	20	2	
	Solanaceae				
42	<i>Cestrum glanduliferum</i> Kerber ex Francey	N	1		
43	<i>Solanum schlechtendalianum</i> Walp.	N	1		
	Urticaceae				
44	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	N	1		4

N: Nativa

E: Exótica

S/D: Sin definir

2. Índice de Valor de Importancia Relativo (IVI R) en los tres usos de la tierra

a) Sistema Agroforestal

No.	Especie	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Índice de Valor de Importancia Relativo
1	<i>Cedrela odorata</i> L.	6.42	22.78	8.33	12.51
2	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	10.70	17.62	8.33	12.22
3	<i>Coffea arabica</i> L.	23.53	1.36	11.67	12.19
4	<i>Inga vera</i> Kunth	6.42	16.41	10.00	10.94
5	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	5.35	12.69	6.67	8.23
6	<i>Musa</i> sp. Juss.	11.23	4.15	6.67	7.35
7	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	4.28	9.70	6.67	6.88
8	<i>Citrus tangerina</i> Yu. Tanaka	10.70	4.24	5.00	6.64
9	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	4.81	2.49	5.00	4.10
10	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	4.28	1.51	5.00	3.60
11	<i>Citrus aurantium</i> L.	2.67	0.48	3.33	2.16
12	<i>Cyathea divergens</i> Kunze	1.07	1.55	3.33	1.98
13	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	1.07	0.84	3.33	1.75
14	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner	1.07	0.10	3.33	1.50
15	<i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	0.53	1.64	1.67	1.28
16	<i>Jatropha curcas</i> L.	1.60	0.21	1.67	1.16
17	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	0.53	1.08	1.67	1.09
18	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	1.07	0.15	1.67	0.96
19	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	1.07	0.15	1.67	0.96
20	<i>Cestrum glanduliferum</i> Kerber ex Francey	0.53	0.46	1.67	0.89
21	<i>Solanum schlechtendalianum</i> Walp.	0.53	0.24	1.67	0.81
22	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	0.53	0.15	1.67	0.79
	TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

b) Sistema Silvopastoril

No.	Especie	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Índice de Valor de Importancia Relativo
1	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	62.60	16.88	36.84	53.44
2	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	8.94	60.87	13.16	9.61
3	<i>Cedrela odorata</i> L.	1.63	5.80	5.26	7.92
4	<i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	6.50	1.89	10.53	7.61
5	<i>Croton draco</i> Schlttdl. & Cham.	4.07	6.72	7.89	4.17
6	<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	4.07	0.04	5.26	3.30
7	<i>Ficus pertusa</i> L. f.	0.81	0.16	2.63	2.33
8	<i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	3.25	3.53	2.63	2.24
9	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	0.81	0.55	2.63	1.84
10	<i>Annona muricata</i> L.	0.81	0.58	2.63	1.78
11	<i>Swietenia macrophylla</i> King	2.44	0.03	2.63	1.74
12	<i>Citrus tangerina</i> Yu. Tanaka	1.63	0.85	2.63	1.43
13	<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	1.63	0.02	2.63	1.43
14	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	0.81	2.07	2.63	1.15
	TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

c) Vegetación Secundaria

No.	Especie	Densidad relativa	Dominancia relativa	Frecuencia relativa	Índice de Valor de Importancia Relativo
1	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	34.27	45.80	11.43	30.50
2	<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don	10.41	2.40	8.57	7.13
3	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	11.28	3.98	5.71	6.99
4	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	10.20	7.57	2.86	6.87
5	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult	6.72	3.38	8.57	6.22
6	<i>Conostegia icosandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	5.86	2.64	7.14	5.21
7	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	1.52	11.24	2.86	5.20
8	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	5.42	4.01	5.71	5.05
9	<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	3.90	0.63	7.14	3.89
10	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	1.08	6.88	2.86	3.61
11	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	0.87	5.28	4.29	3.48
12	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	1.30	1.51	4.29	2.37
13	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	0.65	0.96	4.29	1.97
14	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	1.08	0.25	4.29	1.87
15	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	1.52	0.22	2.86	1.53
16	<i>Croton draco</i> Schltld. & Cham.	0.43	0.88	2.86	1.39
17	<i>Piper aduncum</i> L.	0.65	0.14	2.86	1.22
18	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	0.43	0.16	2.86	1.15
19	<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	0.22	1.51	1.43	1.05
20	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez	0.87	0.24	1.43	0.84
21	<i>Psidium guajava</i> L.	0.65	0.23	1.43	0.77
22	<i>Guatteria amplifolia</i> Triana & Planch.	0.22	0.05	1.43	0.57
23	<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> Donn. Sm.	0.22	0.02	1.43	0.56
24	<i>Ficus</i> sp.	0.22	0.02	1.43	0.55
	TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

3. Índice de Valor Forestal Relativo (IVF R) en los tres usos de la tierra

a) Sistema Agroforestal

No.	Especie	Diámetro normal relativo	Altura relativa	Cobertura de copa relativa	Índice de Valor Forestal Relativo
1	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	16.65	17.50	21.00	18.38
2	<i>Cedrela odorata</i> L	14.62	14.20	13.48	14.10
3	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	7.67	8.66	16.90	11.08
4	<i>Nectandra globosa</i> (Aubl.) Mez	9.60	10.79	12.11	10.83
5	<i>Inga vera</i> Kunth	9.18	6.87	8.95	8.33
6	<i>Citrus tangerina</i> Yu. Tanaka	7.44	7.53	4.53	6.50
7	<i>Coffea arabica</i> L.	7.62	8.76	2.63	6.34
8	<i>Musa</i> sp. Juss.	9.22	5.55	3.15	5.97
9	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult	4.09	5.52	3.85	4.49
10	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	3.16	3.30	5.05	3.84
11	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	1.28	2.19	1.43	1.63
12	<i>Conostegia icossandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	1.29	0.93	2.36	1.53
13	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	1.05	1.47	1.09	1.20
14	<i>Cyathea divergens</i> Kunze	1.77	0.54	1.14	1.15
15	<i>Citrus aurantium</i> L.	1.49	1.08	0.18	0.91
16	<i>Jatropha curcas</i> L.	0.78	0.92	0.42	0.71
17	<i>Cestrum glanduliferum</i> . Kerber ex Francey	0.68	1.00	0.28	0.65
18	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	0.55	1.08	0.19	0.61
19	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	0.54	0.66	0.37	0.52
20	<i>Solanum schlechtendalianum</i> Walp.	0.50	0.51	0.26	0.42
21	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	0.39	0.44	0.41	0.42
22	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex A. Froehner	0.44	0.48	0.23	0.38
	TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

b) Sistema Silvopastoril

No.	Especie	Diámetro normal relativo	Altura relativa	Cobertura de copa relativa	Índice de Valor Forestal Relativo
1	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	65.39	57.44	44.86	55.90
2	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	8.17	11.50	11.16	10.27
3	<i>Cedrela odorata</i> L.	6.72	7.15	16.88	10.25
4	<i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	6.73	8.01	8.73	7.82
5	<i>Ficus pertusa</i> L. f.	2.21	1.63	8.83	4.22
6	<i>Croton draco</i> Schlttdl. & Cham.	1.90	3.12	3.39	2.80
7	<i>Conostegia icossandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb.	1.98	3.00	2.10	2.36
8	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	1.69	1.20	2.17	1.69
9	<i>Annona muricata</i> L.	1.62	1.37	1.26	1.42
10	<i>Ficus obtusifolia</i> Kunth	1.98	1.58	0.04	1.20
11	<i>Swietenia macrophylla</i> King	0.79	1.98	0.25	1.01
12	<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	0.31	0.92	0.12	0.45
13	<i>Citrus tangerina</i> Yu. Tanaka	0.35	0.60	0.14	0.36
14	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	0.16	0.49	0.08	0.25
	TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

c) Vegetación Secundaria

No.	Especie	Diámetro normal relativo	Altura relativa	Cobertura de copa relativa	Índice de Valor Forestal Relativo
1	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	41.79	38.75	45.86	42.13
2	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	10.42	9.07	7.77	9.09
3	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	7.25	9.49	5.36	7.37
4	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult	5.73	7.21	5.70	6.21
5	<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don	6.21	7.90	3.71	5.94
6	<i>Conostegia icossandra</i> (Sw. ex Wikstr.) Urb	4.82	5.84	6.02	5.56
7	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	4.61	4.77	3.99	4.45
8	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	4.64	3.16	5.40	4.40
9	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	2.77	2.03	3.99	2.93
10	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> Turcz.	2.60	1.45	2.18	2.07
11	<i>Tabernaemontana alba</i> Mill.	2.00	2.32	1.22	1.85
12	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	1.46	1.67	1.03	1.39
13	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	0.80	0.74	1.76	1.10
14	<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	0.76	0.39	1.43	0.86
15	<i>Piper aduncum</i> L.	0.36	0.53	1.68	0.86
16	<i>Ardisia compressa</i> Kunth	0.74	1.19	0.54	0.82
17	<i>Croton draco</i> Schlttdl. & Cham.	0.68	0.71	0.81	0.73
18	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	0.65	0.94	0.28	0.62
19	<i>Psidium guajava</i> L.	0.50	0.61	0.38	0.50
20	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka ex Q. Jiménez	0.58	0.35	0.48	0.47
21	<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	0.33	0.49	0.16	0.33
22	<i>Guatteria amplifolia</i> Triana & Planch.	0.14	0.16	0.10	0.14
23	<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> Donn. Sm.	0.09	0.13	0.06	0.09
24	<i>Ficus</i> sp.	0.08	0.12	0.08	0.09
	TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

4. Cálculos de áreas muestreadas para registro de aves

Sistema Agroforestal	Unidades para registro de Aves con radio Fijo			Unidades para registro de Aves con radio Variable		Franjas con Ancho y largo Variable						Total
	No.	Radio (m)	m ²	Radio (m)	m ²	Ancho (m)	Largo (m)	m ²	Ancho (m)	Largo (m)	m ²	m ²
	1	17.84	1,000	35	2,848.45	40	109	4,360				8,208.45
	2	17.84	1,000	35	2,848.45	26	99	2,574				6,422.45
	3	17.84	1,000	35	2,848.45	30	90	2,700	60	108	6,480	13,028.45
		3,000		8,545.35			9,634				16,114	27,659.35

Sistema Silvopastoril	Unidades para registro de Aves con radio Fijo			Unidades para registro de Aves con radio Variable		Franjas con Ancho y largo Variable						Total
	No.	Radio (m)	m ²	Radio (m)	m ²	Ancho (m)	Largo (m)	m ²	Ancho (m)	Largo (m)	m ²	m ²
	1	17.84	1,000	78	18,113.4497	120	160	19,200				38,313.45
	2	17.84	1,000	27	1,290.2210	84	129	10,836				13,126.22
	3	17.84	1,000	50	6,853.9816	200	169	33,800				41,653.98
	4	17.84	1,000	50	6,853.9816	200	221	44,200	24	200	4,800	56,853.98
	5	17.84	1,000	50	6,853.9816	160	122	19,520				27,373.98
6	17.84	1,000	50	6,853.9816	111	300	33,300				41,153.98	
		6,000		46,819.5973			160,856				165,656	218,475.60

Vegetación secundaria	Unidades para registro de Aves con radio Fijo			Unidades para registro de Aves con radio Variable		Franjas con Ancho y largo Variable			Total
	No.	Radio (m)	m ²	Radio (m)	m ²	Ancho (m)	Largo (m)	m ²	m ²
	1	17.84	1,000	23	661.90	20	111	2,220	3,881.90
	2	17.84	1,000	23	661.90	30	111	3,330	4,991.90
		2,000		1,323.81			5,550	8,873.81	

5. Familias y especies de aves y sus abundancias por uso de la tierra

Orden/ Familia/ Especie	Estatus R: Residente M: Migratorio	Sistema Agroforestal			Sistema Silvopastoril			Vegetación Secundaria		
		UAF	UAV	FAV	UAF	UAV	FAV	UAF	UAV	FAV
Accipitriforme										
Accipitridae										
<i>Rupornis magnirostris</i>	R	0	22	17	2	48	43	0	7	2
Apodiforme										
Apodidae										
<i>Streptoprocne zonaris</i>	R	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Trochilidae										
<i>Amazilia candida</i>	R	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Amazilia yucatanensis</i>	R	2	1	4	12	2	7	0	0	0
<i>Anthracothorax prevostii</i>	R	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Archilochus colubris</i>	M	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Campylopterus curvipennis</i>	R	3	11	21	23	22	23	2	11	15
<i>Selasphorus platycercus</i>	R	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Caprimulgiforme										
Caprimulgidae										
<i>Chordeiles acutipennis</i>	R	0	0	0	0	0	0	2	0	7
Cathartiforme										
Cathartidae										
<i>Cathartes aura</i>	R	0	8	2	0	3	2	0	0	1
<i>Coragyps atratus</i>	R	0	47	23	0	295	309	0	14	12
Columbiforme										
Columbidae										
<i>Claravis pretiosa</i>	R	2	5	5	0	0	1	0	1	4
<i>Columbina inca</i>	R	0	0	1	0	2	0	0	0	1
<i>Leptotila verreauxi</i>	R	0	55	41	3	81	89	6	36	65
<i>Patagioenas flavirostris</i>	R	5	39	62	2	236	413	1	34	26

<i>Zenaida macroura</i>	R	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Coraciiforme										
Alcedinidae										
<i>Megaceryle alcyon</i>	M	0	0	0	0	12	12	0	0	0
<i>Megaceryle torquata</i>	R	0	0	0	0	6	4	0	0	0
Momotidae										
<i>Momotus coeruliceps</i>	R	3	4	11	1	0	3	0	0	2
Cuculiforme										
Cuculidae										
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	R	0	0	0	6	45	50	0	0	0
<i>Piaya cayana</i>	R	1	0	2	0	0	0	0	0	4
Falconiforme										
Falconidae										
<i>Caracara cheriway</i>	R	0	1	0	0	8	8	0	0	0
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	R	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Galliforme										
Cracidae										
<i>Ortalis vetula</i>	R	0	27	19	0	44	34	0	12	14
Gruiforme										
Rallidae										
<i>Aramides cajaneus</i>	R	0	0	0	0	0	4	0	0	0
Passeriforme										
Cardinalidae										
<i>Habia fuscicauda</i>	R	3	0	9	0	0	0	3	7	12
<i>Passerina cyanea</i>	M	2	1	5	3	3	8	0	0	1
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	M	2	0	1	0	2	8	2	0	3
<i>Piranga ludoviciana</i>	M	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Piranga rubra</i>	M	7	10	10	3	13	19	1	1	4
<i>Rhodothraupis celaeno</i>	R	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Corvidae										

<i>Cyanocorax yncas</i>	R	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Psilorhinus morio</i>	R	19	158	135	59	723	962	26	146	146
Fringillidae										
<i>Euphonia hirundinacea</i>	R	0	0	0	2	0	9	5	0	0
Furnariidae										
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	R	13	0	17	0	0	0	0	0	1
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	R	0	0	1	0	1	1	2	0	0
Hirundinidae										
<i>Hirundo rustica</i>	R	0	0	0	25	13	6	0	0	0
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	R	0	5	0	10	230	162	0	0	3
Icteridae										
<i>Dives dives</i>	R	18	173	151	86	384	552	0	35	42
<i>Icteria virens</i>	M	0	3	12	1	1	2	1	0	1
<i>Icterus galbula</i>	M	2	3	11	6	6	26	0	1	1
<i>Icterus graduacauda</i>	R	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Icterus gularis</i>	R	5	1	2	2	3	17	0	0	0
<i>Psarocolius decumanus</i>	R	1	11	8	0	48	59	0	0	0
<i>Psarocolius montezuma</i>	R	7	157	177	15	671	767	6	68	59
<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	1	1	3	2	41	25	0	1	1
Mimidae										
<i>Dumetella carolinensis</i>	M	0	0	4	3	3	18	5	22	33
Paridae										
<i>Baeolophus atricristatus</i>	R	0	0	2	4	15	31	0	1	1
Parulidae										
<i>Basileuterus culicivorus</i>	R	4	0	3	0	0	0	0	1	2
<i>Cardellina canadensis</i>	M	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Cardellina pusilla</i>	M	61	16	63	74	21	74	15	2	22
<i>Geothlypis trichas</i>	M	0	0	1	0	1	4	0	0	0
<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	M	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Mniotilta varia</i>	M	1	1	2	8	2	15	0	0	1

<i>Parkesia noveboracensis</i>	M	1	1	0	0	0	9	0	0	0
<i>Seiurus aurocapilla</i>	M	0	0	3	0	0	0	0	0	2
<i>Setophaga citrina</i>	M	15	2	14	0	0	3	1	0	2
<i>Setophaga coronata</i>	M	0	0	0	108	66	343	0	0	0
<i>Setophaga ruticilla</i>	M	16	6	22	8	3	33	2	0	10
<i>Setophaga virens</i>	M	6	4	5	12	2	19	3	0	2
Passerellidae										
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	R	0	0	0	0	0	0	22	0	0
<i>Passerculus sandwichensis</i>	M	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Poliioptilidae										
<i>Poliioptila caerulea</i>	M	18	2	12	57	21	72	3	0	1
Thraupidae										
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	R	11	2	0	1	1	13	0	0	1
<i>Saltator atriceps</i>	R	8	99	90	11	77	83	7	7	14
<i>Sporophila torqueola</i>	R	0	0	0	2	3	5	0	0	0
<i>Thraupis abbas</i>	R	16	2	7	15	16	35	9	0	1
<i>Thraupis episcopus</i>	R	0	0	2	0	7	8	2	0	0
Tityridae										
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	R	4	2	5	0	0	3	1	0	0
<i>Tityra semifasciata</i>	R	0	24	28	13	92	76	21	5	28
Troglodytidae										
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	R	9	9	4	0	18	18	0	0	0
<i>Henicorhina leucosticta</i>	R	4	14	16	0	5	5	0	19	13
<i>Troglodytes aedon</i>	M	0	0	1	2	10	15	1	0	2
Turdidae										
<i>Hylocichla mustelina</i>	M	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Turdus assimilis</i>	R	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Turdus grayi</i>	R	9	27	38	10	8	23	0	0	7
Tyrannidae										
<i>Contopus cooperi</i>	M	0	0	0	0	0	1	0	0	0

<i>Contopus virens</i>	M	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Empidonax flaviventris</i>	M	21	4	26	15	13	46	5	0	5
<i>Empidonax minimus</i>	M	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Megarynchus pitangua</i>	R	0	9	3	7	15	9	0	3	7
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	R	5	3	12	0	1	1	0	0	0
<i>Myiarchus cinerascens</i>	M	0	0	0	0	0	5	0	0	0
<i>Myiarchus crinitus</i>	R	0	1	1	1	1	3	2	0	1
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	R	5	9	11	5	8	9	1	18	15
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	R	0	0	0	1	1	2	1	0	0
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	M	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Myiozetetes similis</i>	R	7	21	28	30	151	256	4	28	25
<i>Pitangus sulphuratus</i>	R	11	142	92	47	191	277	5	42	43
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	R	0	0	0	2	18	13	0	0	0
<i>Sayornis nigricans</i>	R	0	0	0	0	1	4	0	0	0
<i>Sayornis phoebe</i>	M	0	0	0	6	16	35	0	0	1
<i>Tyrannus couchii</i>	R	0	1	1	6	32	64	1	1	1
<i>Tyrannus forficatus</i>	M	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tyrannus melancholicus</i>	R	0	0	0	3	5	13	0	0	0
Vireonidae										
<i>Vireo flavifrons</i>	M	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Vireo griseus</i>	M	10	4	4	1	0	3	3	2	2
<i>Vireo olivaceus</i>	M	0	0	0	3	1	1	0	0	0
<i>Vireo solitarius</i>	M	0	1	1	1	0	1	1	0	0
Pelecaniforme										
Ardeidae										
<i>Ardea alba</i>	M	0	0	0	0	9	8	0	0	0
<i>Bubulcus ibis</i>	R	0	0	0	37	203	465	0	0	0
<i>Egretta caerulea</i>	M	0	0	0	0	1	12	0	2	0
Threskiornithidae										
<i>Eudocimus albus</i>	M	0	2	2	0	16	45	0	0	0

<i>Plegadis falcinellus</i>	M	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Piciforme										
Picidae										
<i>Campephilus guatemalensis</i>	R	0	1	2	0	3	5	0	0	0
<i>Dryobates scalaris</i>	R	0	0	0	0	0	4	3	0	1
<i>Dryocopus lineatus</i>	R	2	1	7	0	1	5	0	0	2
<i>Melanerpes aurifrons</i>	R	23	136	139	22	216	236	3	12	27
<i>Piculus rubiginosus</i>	R	1	1	0	0	4	1	0	0	0
Ramphastidae										
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	R	0	9	4	2	85	105	2	16	15
Psittaciforme										
Psittacidae										
<i>Amazona autumnalis</i>	R	1	59	131	0	171	156	0	80	62
Strigiforme										
Strigidae										
<i>Glaucidium brasilianum</i>	R	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Trogoniforme										
Trogonidae										
<i>Trogon violaceus</i>	R	0	0	1	0	0	0	1	0	1

(UAF: Unidad para registro de Aves con radio Fijo, UAV: Unidad para registro de Aves con radio Variable, FAV: Franjas con ancho y largo Variable)

6. Especies de aves exclusivas por uso de la tierra

Orden/ Familia/ Especie	Estatus	Sistema Agroforestal	Sistema Silvopastoril	Vegetación Secundaria
Apodiforme				
Apodidae				
<i>Streptoprocne zonaris</i>	R		X	
Trochilidae				
<i>Amazilia candida</i>	R		X	
<i>Anthracothorax prevostii</i>	R		X	
<i>Archilochus colubris</i>	M		X	
<i>Selasphorus platycercus</i>	R		X	
Caprimulgiforme				
Caprimulgidae				
<i>Chordeiles acutipennis</i>	R			X
Columbiforme				
Columbidae				
<i>Zenaida macroura</i>	R		X	
Coraciiforme				
Alcedinidae				
<i>Megaceryle alcyon</i>	M		X	
<i>Megaceryle torquata</i>	R		X	
Falconiforme				
Falconidae				
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	R		X	
Gruiforme				
Rallidae				
<i>Aramides cajaneus</i>	R		X	
Passeriforme				
Cardinalidae				
<i>Piranga ludoviciana</i>	M		X	
<i>Rhodothraupis celaeno</i>	R		X	
Corvidae				
<i>Cyanocorax yncas</i>	R		X	
Hirundinidae				
<i>Hirundo rustica</i>	R		X	
Icteridae				
<i>Icterus graduacauda</i>	R		X	
Parulidae				
<i>Cardellina canadensis</i>	M	X		
<i>Leiothlypis ruficapilla</i>	M		X	

<i>Setophaga coronata</i>	M		X	
Passerellidae				
<i>Chlorospingus flavopectus</i>	R			X
<i>Passerculus sandwichensis</i>	M		X	
Turdidae				
<i>Hylocichla mustelina</i>	M	X		
<i>Turdus assimilis</i>	R	X		
Tyrannidae				
<i>Contopus cooperi</i>	M		X	
<i>Contopus virens</i>	M	X		
<i>Empidonax minimus</i>	M		X	
<i>Myiarchus cinerascens</i>	M		X	
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	M		X	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	R		X	
<i>Sayornis nigricans</i>	R		X	
<i>Tyrannus forficatus</i>	M		X	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	R		X	
Vireonidae				
<i>Vireo flavifrons</i>	M		X	
<i>Vireo olivaceus</i>	M		X	
Pelecaniforme				
Ardeidae				
<i>Ardea alba</i>	M		X	
<i>Bubulcus ibis</i>	R		X	
Threskiornithidae				
<i>Plegadis falcinellus</i>	M		X	
Strigiforme				
Strigidae				
<i>Glaucidium brasilianum</i>	R		X	

R: Residente

M: Migratorio

7. Especies de aves compartidas entre usos de la tierra

a) En las unidades con radio fijo (UAF)

Orden/ Familia/ Especie	Estatus	SAF- SSP	SAF- VS	SSP- VS	Los tres usos de la tierra
Apodiforme					
Trochilidae					
<i>Amazilia yucatanensis</i>	R	X			
<i>Campylopterus curvipennis</i>	R	X	X	X	X
Columbiforme					
Columbidae					
<i>Leptotila verreauxi</i>	R			X	
<i>Patagioenas flavirostris</i>	R	X	X	X	X
Coraciiforme					
Momotidae					
<i>Momotus coeruliceps</i>	R	X			
Passeriforme					
Cardinalidae					
<i>Habia fuscicauda</i>	R		X		
<i>Passerina cyanea</i>	M	X			
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	M		X		
<i>Piranga rubra</i>	M	X	X	X	X
Corvidae					
<i>Psilorhinus morio</i>	R	X	X	X	X
Icteridae					
<i>Dives dives</i>	R	X			
<i>Icteria virens</i>	M			X	
<i>Icterus galbula</i>	M	X			
<i>Icterus gularis</i>	R	X			
<i>Psarocolius montezuma</i>	R	X	X	X	X
<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	X			
Mimidae					
<i>Dumetella carolinensis</i>	M			X	
Parulidae					
<i>Cardellina pusilla</i>	M	X	X	X	X
<i>Mniotilta varia</i>	M	X			
<i>Setophaga citrina</i>	M		X		
<i>Setophaga ruticilla</i>	M	X	X	X	X
<i>Setophaga virens</i>	M	X	X	X	X
Poliophtilidae					
<i>Poliophtila caerulea</i>	M	X	X	X	X
Thraupidae					

<i>Cyanerpes cyaneus</i>	R	X			
<i>Saltator atriceps</i>	R	X		X	
<i>Thraupis abbas</i>	R	X	X	X	X
<i>Thraupis episcopus</i>	R				
Tityridae					
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	R		X		
<i>Tityra semifasciata</i>	R			X	
Troglodytidae					
<i>Troglodytes aedon</i>	M			X	
Turdidae					
<i>Turdus grayi</i>	R	X			
Tyrannidae					
<i>Empidonax flaviventris</i>	M	X	X	X	X
<i>Myiarchus crinitus</i>	R			X	
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	R	X	X	X	X
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	R			X	
<i>Myiozetetes similis</i>	R	X	X	X	X
<i>Pitangus sulphuratus</i>	R	X	X	X	X
<i>Tyrannus couchii</i>	R			X	
Vireonidae					
<i>Vireo griseus</i>	M	X	X	X	X
<i>Vireo solitarius</i>	M		X	X	
Piciforme					
Picidae					
<i>Melanerpes aurifrons</i>	R	X	X	X	X
Ramphastidae					
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	R			X	

(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria, R: Residente, M: Migratorio)

b) En las unidades con radio variable (UAV)

Orden/ Familia/ Especie	Estatus	SAF- SSP	SAF- VS	SSP- VS	Los tres usos de la tierra
Accipitriforme					
Accipitridae					
<i>Rupornis magnirostris</i>	R	X	X	X	X
Apodiforme					
Trochilidae					
<i>Amazilia yucatanensis</i>	R	X			
<i>Campylopterus curvipennis</i>	R	X	X	X	X
Cathartiforme					

Cathartidae					
<i>Cathartes aura</i>	R	X			
<i>Coragyps atratus</i>	R	X	X	X	X
Columbiforme					
Columbidae					
<i>Claravis pretiosa</i>	R		X		
<i>Leptotila verreauxi</i>	R	X	X	X	X
<i>Patagioenas flavirostris</i>	R	X	X	X	X
Falconiforme					
Falconidae					
<i>Caracara cheriway</i>	R	X			
Galliforme					
Cracidae					
<i>Ortalis vetula</i>	R	X	X	X	X
Passeriformes					
Cardinalidae					
<i>Passerina cyanea</i>	M	X			
<i>Piranga rubra</i>	M	X	X	X	X
Corvidae					
<i>Psilorhinus morio</i>	R	X	X	X	X
Hirundinidae					
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	R	X			
Icteridae					
<i>Dives dives</i>	R	X	X	X	X
<i>Icteria virens</i>	M	X			
<i>Icterus galbula</i>	M	X	X	X	X
<i>Icterus gularis</i>	R	X			
<i>Psarocolius decumanus</i>	R	X			
<i>Psarocolius montezuma</i>	R	X	X	X	X
<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	X	X	X	X
Mimidae					
<i>Dumetella carolinensis</i>	M			X	
Paridae					
<i>Baeolophus atricristatus</i>	R			X	
Parulidae					
<i>Cardellina pusilla</i>	M	X	X	X	X
<i>Mniotilta varia</i>	M	X			
<i>Setophaga ruticilla</i>	M	X			
<i>Setophaga virens</i>	M	X			
Poliptilidae					
<i>Poliptila caerulea</i>	M	X			
Thraupidae					
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	R	X			
<i>Saltator atriceps</i>	R	X	X	X	X

<i>Thraupis abbas</i>	R	X			
Tityridae					
<i>Tityra semifasciata</i>	R	X	X	X	X
Troglodytidae					
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	R	X			
<i>Henicorhina leucosticta</i>	R	X	X	X	X
Turdidae					
<i>Turdus grayi</i>	R	X			
Tyrannidae					
<i>Empidonax flaviventris</i>	M	X			
<i>Megarynchus pitangua</i>	R	X	X	X	X
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	R	X			
<i>Myiarchus crinitus</i>	R	X			
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	R	X	X	X	X
<i>Myiozetetes similis</i>	R	X	X	X	X
<i>Pitangus sulphuratus</i>	R	X	X	X	X
<i>Tyrannus couchii</i>	R	X	X	X	X
Vireonidae					
<i>Vireo griseus</i>	M		X		
Pelecaniforme					
Threskiornithidae					
<i>Eudocimus albus</i>	M	X			
Piciforme					
Picidae					
<i>Campephilus guatemalensis</i>	R	X			
<i>Dryocopus lineatus</i>	R	X			
<i>Melanerpes aurifrons</i>	R	X	X	X	X
Ramphastidae					
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	R	X	X		
Psittaciformes					
Psittacidae					
<i>Amazona autumnalis</i>	R	X	X	X	X

(**SAF**: Sistema Agroforestal, **SSP**: Sistema Silvopastoril, **VS**: Vegetación Secundaria, **R**: Residente, **M**: Migratorio)

c) En las franjas con ancho y largo variable (FAV)

Orden/ Familia/ Especie	Estatus	SAF- SSP	SAF- VS	SSP- VS	Los tres usos de la tierra
Accipitriforme					
Accipitridae					
<i>Rupornis magnirostris</i>	R	X	X		
Apodiforme					
Trochilidae					
<i>Amazilia yucatanensis</i>	R	X			
<i>Campylopterus curvipennis</i>	R	X	X	X	X
Cathartiforme					
Cathartidae					
<i>Cathartes aura</i>	R	X	X	X	X
<i>Coragyps atratus</i>	R	X	X	X	X
Columbiforme					
Columbidae					
<i>Claravis pretiosa</i>	R	X	X	X	X
<i>Columbina inca</i>	R		X		
<i>Leptotila verreauxi</i>	R	X	X	X	X
<i>Patagioenas flavirostris</i>	R	X	X	X	X
Coraciiforme					
Momotidae					
<i>Momotus coeruliceps</i>	R	X	X	X	X
Cuculiforme					
Cuculidae					
<i>Piaya cayana</i>	R		X		
Galliforme					
Cracidae					
<i>Ortalis vetula</i>	R	X	X	X	X
Passeriformes					
Cardinalidae					
<i>Habia fuscicauda</i>	R		X		
<i>Passerina cyanea</i>	M	X	X	X	X
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	M	X	X	X	X
<i>Piranga rubra</i>	M	X	X	X	X
Corvidae					
<i>Psilorhinus morio</i>	R	X	X	X	X
Furnariidae					
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	R		X		
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	R	X			
Hirundinidae					

<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	R			X	
Icteridae					
<i>Dives dives</i>	R	X	X	X	X
<i>Icteria virens</i>	M	X	X	X	X
<i>Icterus galbula</i>	M	X	X	X	X
<i>Icterus gularis</i>	R	X			
<i>Psarocolius decumanus</i>	R	X			
<i>Psarocolius montezuma</i>	R	X	X	X	X
<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	X	X	X	X
Mimidae					
<i>Dumetella carolinensis</i>	M	X	X	X	X
Paridae					
<i>Baeolophus atricristatus</i>	R	X	X	X	X
Parulidae					
<i>Basileuterus culicivorus</i>	R		X		
<i>Cardellina pusilla</i>	M	X	X	X	X
<i>Geothlypis trichas</i>	M	X			
<i>Mniotilta varia</i>	M	X	X	X	X
<i>Seiurus aurocapilla</i>	M		X		
<i>Setophaga citrina</i>	M	X	X	X	X
<i>Setophaga ruticilla</i>	M	X	X	X	X
<i>Setophaga virens</i>	M	X	X	X	X
Poliotilidae					
<i>Poliotilta caerulea</i>	M	X	X	X	X
Thraupidae					
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	R		X	X	
<i>Saltator atriceps</i>	R	X	X	X	X
<i>Thraupis abbas</i>	R	X	X	X	X
<i>Thraupis episcopus</i>	R	X			
Tityridae					
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	R	X			
<i>Tityra semifasciata</i>	R	X	X	X	X
Troglodytidae					
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	R	X			
<i>Henicorhina leucosticta</i>	R	X	X	X	X
<i>Troglodytes aedon</i>	M	X	X	X	X
Turdidae					
<i>Turdus grayi</i>	R	X	X	X	X
Tyrannidae					
<i>Empidonax flaviventris</i>	M	X	X	X	X
<i>Megarynchus pitangua</i>	R	X	X	X	X

<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	R	X			
<i>Myiarchus crinitus</i>	R	X	X	X	X
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	R	X	X	X	X
<i>Myiozetetes similis</i>	R	X	X	X	X
<i>Pitangus sulphuratus</i>	R	X	X	X	X
<i>Tyrannus couchii</i>	R	X	X	X	X
Vireonidae					
<i>Vireo griseus</i>	M	X	X	X	X
<i>Vireo solitarius</i>	M	X			
Pelecaniforme					
Threskiornithidae					
<i>Eudocimus albus</i>	M	X			
Piciforme					
Picidae					
<i>Campephilus guatemalensis</i>	R	X			
<i>Dryocopus lineatus</i>	R	X	X	X	X
<i>Melanerpes aurifrons</i>	R	X	X	X	X
Ramphastidae					
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	R	X	X	X	X
Psittaciformes					
Psittacidae					
<i>Amazona autumnalis</i>	R	X	X	X	X
Trogoniforme					
Trogonidae					
<i>Trogon violaceus</i>	R		X		

(**SAF**: Sistema Agroforestal, **SSP**: Sistema Silvopastoril, **VS**: Vegetación Secundaria, **R**: Residente, **M**: Migratorio)

d) Total de las áreas muestreadas

Orden/ Familia/ Especie	Estatus	SAF- SSP	SAF- VS	SSP- VS	Los tres usos de la tierra
Accipitriforme					
Accipitridae					
<i>Rupornis magnirostris</i>	R	X	X	X	X
Apodiforme					
Trochilidae					
<i>Amazilia yucatanensis</i>	R	X			
<i>Campylopterus curvipennis</i>	R	X	X	X	X
Cathartiforme					
Cathartidae					
<i>Cathartes aura</i>	R	X	X	X	X
<i>Coragyps atratus</i>	R	X	X	X	X
Columbiforme					
Columbidae					
<i>Claravis pretiosa</i>	R	X	X	X	X
<i>Columbina inca</i>	R	X	X	X	X
<i>Leptotila verreauxi</i>	R	X	X	X	X
<i>Patagioenas flavirostris</i>	R	X	X	X	X
Coraciiforme					
Momotidae					
<i>Momotus coeruliceps</i>	R	X	X	X	X
Cuculiforme					
Cuculidae					
<i>Piaya cayana</i>	R		X		
Falconiforme					
Falconidae					
<i>Caracara cheriway</i>	R	X			
Galliforme					
Cracidae					
<i>Ortalis vetula</i>	R	X	X	X	X
Passeriformes					
Cardinalidae					
<i>Habia fuscicauda</i>	R		X		
<i>Passerina cyanea</i>	M	X	X	X	X
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	M	X	X	X	X
<i>Piranga rubra</i>	M	X	X	X	X
Corvidae					
<i>Psilorhinus morio</i>	R	X	X	X	X
Furnariidae					
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	R		X		

<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	R	X	X	X	X
Hirundinidae					
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	R	X	X	X	X
Icteridae					
<i>Dives dives</i>	R	X	X	X	X
<i>Icteria virens</i>	M	X	X	X	X
<i>Icterus galbula</i>	M	X	X	X	X
<i>Icterus gularis</i>	R	X			
<i>Psarocolius decumanus</i>	R	X			
<i>Psarocolius montezuma</i>	R	X	X	X	X
<i>Quiscalus mexicanus</i>	R	X	X	X	X
Mimidae					
<i>Dumetella carolinensis</i>	M	X	X	X	X
Paridae					
<i>Baeolophus atricristatus</i>	R	X	X	X	X
Parulidae					
<i>Basileuterus culicivorus</i>	R		X		
<i>Cardellina pusilla</i>	M	X	X	X	X
<i>Geothlypis trichas</i>	M	X			
<i>Mniotilta varia</i>	M	X	X	X	X
<i>Parkesia noveboracensis</i>	M	X			
<i>Seiurus aurocapilla</i>	M		X		
<i>Setophaga citrina</i>	M	X	X	X	X
<i>Setophaga ruticilla</i>	M	X	X	X	X
<i>Setophaga virens</i>	M	X	X	X	X
Poliotilidae					
<i>Poliotilta caerulea</i>	M	X	X	X	X
Thraupidae					
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	R	X	X	X	X
<i>Saltator atriceps</i>	R	X	X	X	X
<i>Thraupis abbas</i>	R	X	X	X	X
<i>Thraupis episcopus</i>	R	X	X	X	X
Tityridae					
<i>Pachyramphus aglaiae</i>	R	X	X	X	X
<i>Tityra semifasciata</i>	R	X	X	X	X
Troglodytidae					
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	R	X			
<i>Henicorhina leucosticta</i>	R	X	X	X	X
<i>Troglodytes aedon</i>	M	X	X	X	X
Turdidae					
<i>Turdus grayi</i>	R	X	X	X	X

Tyrannidae					
<i>Empidonax flaviventris</i>	M	X	X	X	X
<i>Megarynchus pitangua</i>	R	X	X	X	X
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	R	X			
<i>Myiarchus crinitus</i>	R	X	X	X	X
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	R	X	X	X	X
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	R			X	
<i>Myiozetetes similis</i>	R	X	X	X	X
<i>Pitangus sulphuratus</i>	R	X	X	X	X
<i>Tyrannus couchii</i>	R	X	X	X	X
Vireonidae					
<i>Vireo griseus</i>	M	X	X	X	X
<i>Vireo solitarius</i>	M	X	X	X	X
Pelecaniforme					
Threskiornithidae					
<i>Eudocimus albus</i>	M	X			
Piciforme					
Picidae					
<i>Campephilus guatemalensis</i>	R	X	X		
<i>Dryocopus lineatus</i>	R	X	X	X	X
<i>Melanerpes aurifrons</i>	R	X	X	X	X
<i>Piculus rubiginosus</i>	R	X			
Ramphastidae					
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	R	X	X	X	X
Psittaciformes					
Psittacidae					
<i>Amazona autumnalis</i>	R	X	X	X	X
Trogoniforme					
Trogonidae					
<i>Trogon violaceus</i>	R		X		

(SAF: Sistema Agroforestal, SSP: Sistema Silvopastoril, VS: Vegetación Secundaria, R: Residente, M: Migratorio)

8. Aves registradas para su relación con estructura arbórea en los tres usos de la tierra

Orden/ Familia/ Especie	Residente/ Migratorio	Gregario/ Solitario	Gremio	Sistema Agroforestal	Sistema Silvopastoril	Vegetación Secundaria
Accipitriforme						
Accipitridae						
<i>Rupornis magnirostris</i>	Residente	Solitario	Carnívoro	0	2	0
Apodiforme						
Trochilidae						
<i>Amazilia candida</i>	Residente	Solitario	Nectarívoro	0	2	0
<i>Amazilia yucatanensis</i>	Residente	Solitario	Nectarívoro	2	12	0
<i>Archilochus colubris</i>	Migratorio	Solitario	Nectarívoro	0	1	0
<i>Campylopterus curvipennis</i>	Residente	Solitario	Nectarívoro	3	23	2
<i>Selasphorus platycercus</i>	Residente	Solitario	Nectarívoro	0	3	0
Caprimulgiforme						
Caprimulgidae						
<i>Chordeiles acutipennis</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	0	2
Columbiforme						
Columbidae						
<i>Claravis pretiosa</i>	Residente	Gregario	Granívoro	2	0	0
<i>Leptotila verreauxi</i>	Residente	Gregario	Granívoro	0	3	6
<i>Patagioenas flavirostris</i>	Residente	Gregario	Granívoro	5	2	1
Coraciiforme						
Momotidae						
<i>Momotus coeruliceps</i>	Residente	Solitario	Omnívoro	3	1	0
Cuculiforme						
Cuculidae						
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Residente	Gregario	Insectívoro	0	6	0
<i>Piaya cayana</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	1	0	0
Passeriformes						
Cardinalidae						
<i>Habia fuscicauda</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	3	0	3

<i>Passerina cyanea</i>	Migratorio	Gregario	Omnívoro	2	3	0
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	Migratorio	Solitario	Omnívoro	2	0	2
<i>Piranga ludoviciana</i>	Migratorio	Solitario	Omnívoro	0	1	0
<i>Piranga rubra</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	7	3	1
Corvidae						
<i>Psilorhinus morio</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	19	59	26
Fringillidae						
<i>Euphonia hirundinacea</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	0	2	5
Furnariidae						
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	13	0	0
<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	0	2
Hirundinidae						
<i>Hirundo rustica</i>	Residente	Gregario	Insectívoro	0	25	0
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	10	0
Icteridae						
<i>Dives dives</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	18	86	0
<i>Icteria virens</i>	Migratorio	Solitario	Omnívoro	0	1	1
<i>Icterus galbula</i>	Migratorio	Gregario	Omnívoro	2	6	0
<i>Icterus graduacauda</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	0	1	0
<i>Icterus gularis</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	5	2	0
<i>Psarocolius decumanus</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	1	0	0
<i>Psarocolius montezuma</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	7	15	6
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	1	2	0
Mimidae						
<i>Dumetella carolinensis</i>	Migratorio	Gregario	Omnívoro	0	3	5
Paridae						
<i>Baeolophus atricristatus</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	0	4	0
Parulidae						
<i>Basileuterus culicivorus</i>	Residente	Solitario	Omnívoro	4	0	0
<i>Cardellina pusilla</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	61	74	15

<i>Mniotilta varia</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	1	8	0
<i>Parkesia noveboracensis</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	1	0	0
<i>Setophaga citrina</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	15	0	1
<i>Setophaga coronata</i>	Migratorio	Gregario	Insectívoro	0	108	0
<i>Setophaga ruticilla</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	16	8	2
<i>Setophaga virens</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	6	12	3
Passerellidae						
<i>Passerculus sandwichensis</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	0	1	0
Poliptilidae						
<i>Poliptila caerulea</i>	Migratorio	Gregario	Insectívoro	18	57	3
Thraupidae						
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	11	1	0
<i>Saltator atriceps</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	8	11	7
<i>Sporophila torqueola</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	0	2	0
<i>Thraupis abbas</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	16	15	9
<i>Thraupis episcopus</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	0	0	2
Tityridae						
<i>Pachyrhamphus aglaiae</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	4	0	1
<i>Tityra semifasciata</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	0	13	21
Troglodytidae						
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	Residente	Gregario	Insectívoro	9	0	0
<i>Henicorhina leucosticta</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	4	0	0
<i>Troglodytes aedon</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	0	2	1
Turdidae						
<i>Turdus grayi</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	9	10	0
Tyrannidae						
<i>Empidonax flaviventris</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	21	15	5
<i>Megarynchus pitangua</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	7	0
<i>Mitrephanes phaeocercus</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	5	0	0
<i>Myiarchus crinitus</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	1	2

<i>Myiarchus tuberculifer</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	5	5	1
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	1	1
<i>Myiodynastes luteiventris</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	0	1	0
<i>Myiozetetes similis</i>	Residente	Gregario	Insectívoro	7	30	4
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	11	47	5
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	2	0
<i>Sayornis phoebe</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	0	6	0
<i>Tyrannus couchii</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	6	1
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	3	0
Vireonidae						
<i>Vireo griseus</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	10	1	3
<i>Vireo olivaceus</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	0	3	0
<i>Vireo solitarius</i>	Migratorio	Solitario	Insectívoro	0	1	0
Pelecaniforme						
Ardeidae						
<i>Bubulcus ibis</i>	Residente	Gregario	Limícola	0	37	0
Piciforme						
Picidae						
<i>Dryobates scalaris</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	0	0	3
<i>Dryocopus lineatus</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	2	0	0
<i>Melanerpes aurifrons</i>	Residente	Solitario	Insectívoro	23	22	3
<i>Piculus rubiginosus</i>	Residente	Gregario	Insectívoro	1	0	0
Ramphastidae						
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Residente	Gregario	Omnívoro	0	2	2
Psittaciformes						
Psittacidae						
<i>Amazona autumnalis</i>	Residente	Gregario	Frugívoro	1	0	0
Trogoniforme						
Trogonidae						
<i>Trogon violaceus</i>	Residente	Solitario	Omnívoro	0	0	1