

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



Caracterización del ensamblaje de murciélagos (Mammalia:
Chiroptera) en un bosque nuboso de regeneración en San Cristóbal
Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala

Trabajo de graduación presentado por María Solé Guzmán Rodríguez
para optar al grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala,

2022

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



Caracterización del ensamblaje de murciélagos (Mammalia:
Chiroptera) en un bosque nuboso de regeneración en San Cristóbal
Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala

Trabajo de graduación presentado por María Solé Guzmán Rodríguez
para optar al grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala,

2022

Vo. Bo.



(f)

M. Sc. Luís Estuardo Ríos González

Tribunal Examinador




(f)

M. Sc. Luís Estuardo Ríos González



(f)

Lic. Gerardo Rafael Estrada González



(f)

Lic. Ana Lucía Arévalo Figueroa

Fecha de aprobación:
Guatemala 11 de mayo de 2022

Agradecimientos

A mi papá por siempre estar presente para mí y apoyarme en todo. Por darme consejos y regañarme cuando me lo merezco, pero por nunca dejar de creer en mí. Por ser mi ejemplo a seguir y mostrarme el crecimiento personal que me gustaría, algún día, llegar a tener.

A mi tita, por cuidar de mí, tenerme paciencia y darme todo su amor en las buenas y en las malas. Por recibirme y apoyarme para salir adelante como profesional.

A Luis Ríos, por ser uno de los mejores catedráticos que tuve en la carrera. Por siempre estar dispuesto en enseñar y resolver mis preguntas existenciales sobre Biología. Todos los que tuvieron la dicha lo saben y lo dicen, pero porque es la verdad, las mejores giras de campo fueron con usted, llenas de conocimiento, diversión y anécdotas que siempre me van a hacer reír.

A Marcelo Serrano, por prestarme su finca y apoyarme en el trabajo de campo.

A las personas que me ayudaron en los muestreos y, en general, durante la tesis, Gerardo (el Mister), Rafa, Isa Cordon, Analu, Karyn, Jimena García y Jimena del Cid, Juan Papi y Mati. No fue fácil, pero la aventura y risas nunca faltaron.

A todos mis amigos de la U, ustedes saben quiénes son, pero en especial a Rafa, solo una mirada necesitábamos para comunicarnos y por aguantarme en las giras y a Juan Papi, por encaminarme y aconsejarme en mi trayectoria por la carrera, por su amistad y porque siempre líder nunca co-líder.

A la Universidad del Valle de Guatemala y al departamento de Biología por el apoyo a lo largo de la carrera, en especial a Gaby Alfaro, Ericka Santos y Priscila Juárez.

Índice

Lista de figuras	i
Lista de cuadros	ii
Resumen	iv
Abstract.....	v
I.Introducción	1
II.Antecedentes	2
A.Bosque nuboso.....	2
1.Generalidades de los bosques nubosos	2
2. Importancia de los bosques nuboso	3
3. Bosques nubosos en Guatemala	4
4. Amenazas de los bosques nubosos.....	5
5. Regeneración natural en el manejo de bosques nubosos	6
B. Chiroptera.....	7
1. Características generales de los murciélagos	7
2. Importancia ecológica de los murciélagos	8
a. Indicadores de perturbaciones ecosistémicas	8
b. Polinización	8
c. Control de plagas	9
d. Dispersores de semillas	9
3. Diversidad de murciélagos en Guatemala.....	10
4. Amenazas	13
5. Técnicas de Muestreo de Murciélagos.....	14
a. Redes de niebla	14
b. Trampas arpa.....	15
III. Justificación.....	15
IV. Objetivos	17
V. Hipótesis	18
VI. Métodos.....	19
A. Área de estudio	19
B. Sujeto de estudio	21
C. Permisos.....	21
1. Permiso CEUCA-CICUAL.....	21
2. Permiso de investigación y colecta por parte del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, Guatemala	22
D. Captura de murciélagos	22
E. Identificación de murciélagos	22
F. Variables ambientales	22
G. Análisis de datos	23
1. Análisis estadístico.....	23
a. Esfuerzo y éxito de captura	23
b. Diversidad alfa	23
c. Curva de acumulación de especies.....	24
d. Riqueza específica.....	24
e. Abundancia relativa	24

f. Análisis de variables ambientales	25
VII. Resultados.....	26
A. Captura e identificación de murciélagos.....	26
B. Esfuerzo y éxito de captura.....	28
C. Patrones de actividad nocturna	29
D. Capturas por sexo	34
E. Patrón reproductivo	35
F. Análisis de las variables ambientales.....	36
G. Análisis de agrupamiento jerárquico	37
VIII. Discusión de resultados	38
A. Composición del ensamblaje de murciélagos.....	38
B. Curva de acumulación de especies	40
C. Patrones de actividad nocturna del ensamblaje de murciélagos	41
D. Capturas por sexo y patron reproductivo	43
E. Variables ambientales	44
F. Análisis de agrupamiento jerárquico y sitios de importancia	46
IX. Conclusiones	48
X. Recomendaciones	49
XI. Bibliografía.....	50
XII. Anexos	66

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de predicción de la distribución de los bosques nubosos montanos tropicales en Centro y Sur América (A), África (B) y el Sureste de Asia y Australia.....	2
Figura 2. Mapa de ecorregiones de Guatemala	5
Figura 3. Saco glandular en la membrana antebraquia (Medellín, Arita & Sánchez 2007)	11
Figura 4. Esquema del órgano natálido en miembros de la familia Natalidae (Medellín, Arita & Sánchez 2007)	12
Figura 5. Discos adhesivos de la familia Thyropteridae (Medellín. Arita & Sánchez 2007)	12
Figura 6. Ubicación geográfica del municipio de San Cristobal Verapaz, Alta Verapaz	19
Figura 7. Mapa de zonas de vida de Guatemala (IARNA-URL 2018)	20
Figura 8. Área de estudio y ubicación geográfica de los puntos de muestreo	21
Figura 9. Abundancia absoluta y relativa de las diez especies de murciélagos registradas en la finca “Sac Wach Já” entre los meses de agosto-diciembre del año 2021	27
Figura 10. Éxito de captura por mes en la finca “Sac Wach Já” durante los muestreos realizados en agosto-diciembre del año 202	28
Figura 11. Curva de acumulación de especies con el modelo Mao – Tau, de las especies observadas en la finca “Sac Wach Já” en los meses de agosto-diciembre del año 2021	29
Figura 12. Patrón de actividad de los murciélagos en la finca “Sac Wach Já” en relación al número de individuos totales capturados por hora	29
Figura 13. Patrón de actividad nocturna de <i>S. hondurensis</i> en la finca “Sac Wach Já”	30
Figura 14. Patrón de actividad nocturna por estado de desarrollo de <i>S. hondurensis</i> en la finca “Sac Wach Já”	30
Figura 15. Patrón de actividad nocturna de <i>C. perspicillata</i> en la finca “Sac Wach Já” ..	31
Figura 16. Patrón de actividad nocturna por estado de desarrollo de <i>C. perspicillata</i> en la finca “Sac Wach Já”	31
Figura 17. Patrón de actividad nocturna de <i>A. jamaicensis</i> en la finca “Sac Wach Já”	32
Figura 18. Patrón de actividad nocturna de <i>A. lituratus</i> en la finca “Sac Wach Já”	32
Figura 19. Patrón de actividad nocturna de <i>D. tolteca</i> en la finca “Sac Wach Já”	33
Figura 20. Patrón de actividad nocturna de <i>G. soricina</i> en la finca “Sac Wach Já”	33
Figura 21. Patrón de actividad nocturna de <i>A. greoffroyi</i> en la finca	34
Figura 22. Sexo de los murciélagos capturados por mes en la finca “Sac Wach Já” durante los muestreos realizados en agosto-diciembre del año 2021	34

Figura 23. Estado de desarrollo y proporción de los murciélagos capturados, por mes, en la finca “Sac Wach Já” durante los muestreos realizados en agosto-diciembre del año 2021	35
Figura 24. Estado de desarrollo de los murciélagos capturados durante el mes de agosto en la finca “Sac Wach Já” del año 2021	35
Figura 25. Dendograma basado en los sitios de muestreo en la finca “Sac Wach Já” ..	37

Lista de cuadros

Cuadro 1. Especies de murciélagos capturadas en los cinco muestros realizados en los meses de agosto-diciembre del año 2021	26
Cuadro 2. Abundancia absoluta y relativa de las especies capturadas en la finca “Sac Wach Já” durante agosto-diciembre del año 2021	27
Cuadro 3. Esfuerzo de muestreo y éxito de captura total realizados durante los meses de agosto-diciembre en el muestro en la finca “Sac Wach Já”	28
Cuadro 4. Valores promedio de las variables ambientales registradas durante agosto-diciembre del año 2021	36
Cuadro 5. Coeficiente de las variables ambientales y la riqueza de murciélagos en la finca “Sac Wach Já”	36
Cuadro 6. Relación de las variables ambientales y la abundancia de murciélagos en la finca “Sac Wach Já”	37

Resumen

Los bosques nubosos son uno de los ecosistemas más amenazados y menos estudiados a nivel mundial. El declive de este hábitat en Guatemala, representa una disminución en la biodiversidad y un impacto en las poblaciones relacionados a ellos, así como amenazas a las fuentes hidrológicas abastecidas por estos bosques. Los murciélagos, son uno de los grupos de mamíferos más grandes, diversos y con las distribuciones más extensas. Su rol en los ecosistemas es indispensable, ya que contribuyen con la polinización, dispersión de semillas y el control de plagas manteniendo sanos los ecosistemas forestales y las dinámicas ecológicas vinculadas. De igual forma, son considerados especies indicadoras de perturbación ambiental. Por ende, estudiar a este taxón puede generar información útil sobre el estado de los hábitats y en especial, sobre el estado de los bosques nubosos en el país. La presente investigación tuvo como objetivo analizar la comunidad de murciélagos en un bosque nuboso de regeneración en San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala. La colecta de datos en el campo se realizó por medio del uso de redes de niebla y trampa arpa. Para el análisis estadístico, se determinó la diversidad alfa, la curva de acumulación, riqueza específica y abundancia relativa. Adicional, se determinó si las variables ambientales de temperatura, humedad y velocidad del viento influyeron en la actividad, riqueza y abundancia de los murciélagos en el área.

Abstract

Cloud forests are one of the most threatened and least studied ecosystems worldwide. The decline of this habitat in Guatemala represents a decrease in biodiversity and an impact on populations related to them, as well as threats to the hydrological sources supplied by these forests. Bats are one of the largest, most diverse groups of mammals with the most extensive distributions. Their role in ecosystems is essential, since they contribute to pollination, seed dispersal and pest control, keeping forest ecosystems healthy and related ecological dynamics. Similarly, they are considered indicator species of environmental disturbance. Therefore, studying this taxon can generate useful information on the state of the habitats and, especially, on the state of the cloud forests in the country. The objective of this research was to analyze the bat community in a regenerating cloud forest in San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala. Data collection in the field was carried out through the use of mist nets and harp traps. For the statistical analysis, the alpha diversity, the accumulation curve, specific richness and relative abundance were determined. Additionally, it was determined if the environmental variables of temperature, humidity and wind speed influenced the activity, richness and abundance of bats in the area.

I. Introducción

Los bosques nubosos, bosques montanos o bosques húmedos montanos tropicales o subtropicales, se caracterizan por dos factores, la presencia de nubes y la precipitación horizontal (Hamilton, 1995; Torres 2013). Estos, generan altos niveles de agua durante todo el año. Están distribuidos en un cinturón altitudinal estrecho entre 3500 msnm a 2000 msnm. No obstante, se pueden encontrar a 1000 msnm (Hamilton, 1995). El 50% de los bosques nubosos, están presente en América Latina (Kapos *et al.* 2000). Su composición botánica, se caracteriza por árboles bajos, frondosos, plantas epífitas y hepáticas (Brown & Kappelle 2001).

Entre las importancias de los bosques nubosos, se encuentran su función en cuencas hidrográficas, su alta diversidad y altos niveles de endemismo (SICA 2005). Su impacto hidrológico en la recolección y regulación de agua de lluvia para ríos y agua potable para comunidades presentes y aledañas, así como su función de barreras en el control de la escorrentía, reducir el impacto de las gotas en el suelo (Torres 2013; Mora 2015). Presentan alta riqueza de plantas epífitas, flora y fauna (Torres 2013). Se ha reconocido a estos hábitats como zonas importantes de especies endémicas de salamandras del género *Plethodontidae* (Rovito *et al.* 2015). Sin embargo, son uno de los ecosistemas más amenazados a nivel mundial, debido a la deforestación (Waltert *et al.* 2005). Esta amenaza puede generar un efecto dominó en toda la dinámica del bosque, dejándolo en un desbalance ecosistémico (Ariza 2015; León 2018,). Otras amenazas para estos bosques son el cambio climático, las especies exóticas invasoras y la sobreexplotación de recursos (Sánchez-Ramos & Dirzo 2014). Por ser un ecosistema con distribución limitada y con características específicas, el cambio climático puede llegar a ser una gran amenaza, ya que causaría una disminución en la precipitación y humedad (Quezada 2018; Ramírez 2019).

Dentro de la fauna característica de los bosques nubosos, se encuentran los murciélagos. Estos son uno de los grupos de mamíferos más exitosos a nivel mundial. Conforman más del 20% del total de mamíferos existentes (Caicedo 2020). Su capacidad de volar es única entre los mamíferos (Aguirre 2016). Existen más de 1200 especies distribuidas en todos los continentes, excepto en la Antártida (López 2018). En Guatemala, están registradas 104 especies de murciélagos, distribuidas en 8 familias. Representan la mitad de los mamíferos en el país (Grajeda 2014; Kraker *et al.* 2016; Fuentes 2019; Trujillo *et al.* 2020). Sus roles ecológico son indispensables, ya que son indicadores de perturbaciones ecosistémicas, polinizadores, dispersores de semillas y controlan plagas naturales (Caal 2013).

Por otro lado, son empleados como bioindicadores ecológicos y de disturbio de hábitats, por medio de su riqueza y abundancia (Caicedo 2020). Esto debido a que existen tanto especies sensibles a cambios ambientales y perturbaciones, como especies generalistas y menos sensibles a estos cambios (Caicedo 2020). Son considerados los principales mamíferos polinizadores, ya que poseen ventajas sobre el resto de polinizadores (Palacios 2011; Aybar & Wong 2012; Sánchez 2020) Asimismo, existen plantas con características específicas para atraer murciélagos y ser polinizadas por estos individuos (Aybar & Wong 2012). Son efectivos dispersores de semillas, por su constante movilización en grandes áreas y su resistencia a bordes de bosques y hábitats alterados. Por consiguiente, dispersan semillas de potenciales plantas pioneras para la sucesión vegetal (Estrada-Villegas, PérezTorres & Stevenson, 2007; Hernández 2018)

II. Antecedentes

A. BOSQUE NUBOSO

1. Generalidades de los bosques nubosos

Los bosques nubosos, también llamados bosques mesófilos de montaña, son bosques húmedos montaños tropicales o subtropicales. Se caracterizan por la presencia de nubes, de ahí su nombre, generalmente impulsadas por el viento (Torres 2013). Otra característica de estos bosques es la precipitación horizontal, definida como la constante intercepción directa del agua que contienen las nubes con el dosel del bosque. Gracias a la poca radiación solar y baja evaporación del agua generada por las nubes, el consumo de agua por parte de la vegetación es bajo. Esto causa grandes niveles de agua durante todo el año, con una precipitación anual de entre 500 mm y 2000 mm. Ocupan un cinturón altitudinal estrecho que ocurre desde los 3,500 msnm hasta los 2,000 msnm. No obstante, en las zonas costeras, estos bosques pueden descender hasta los 1,000 msnm. En raras ocasiones, se pueden observar bosques nubosos entre los 500 msnm y 350 msnm, debido a su ubicación en pequeñas islas con mucha humedad y condiciones ecuatorianas (Hamilton, 1995).

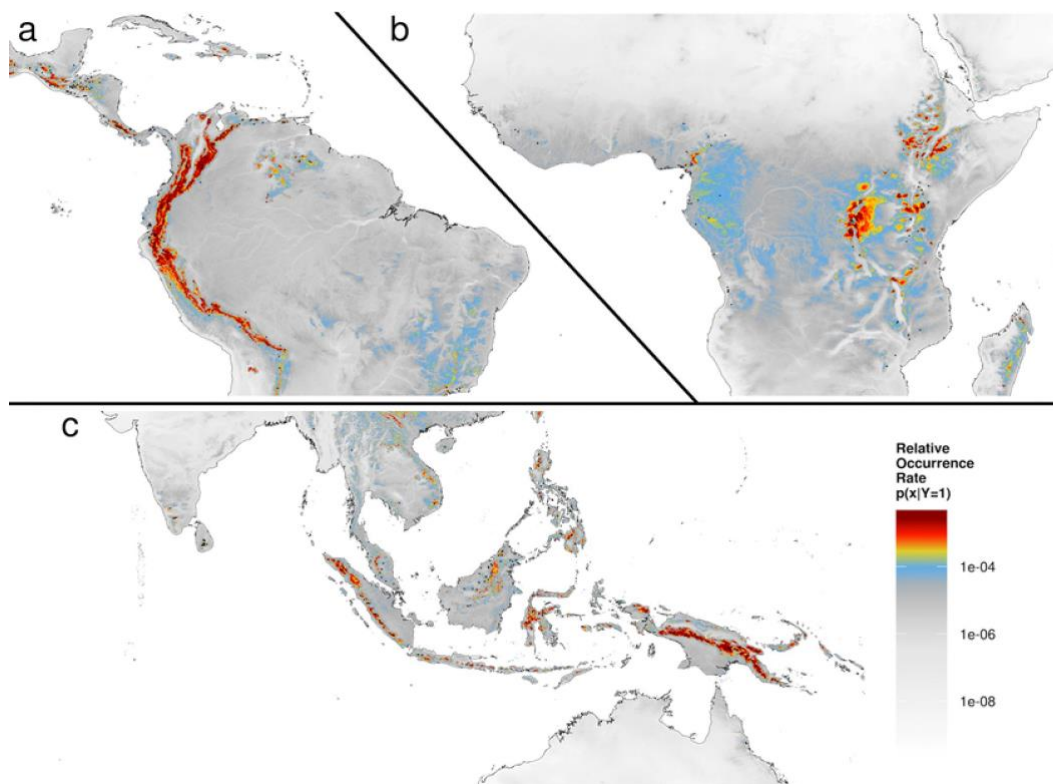


Figura 1. Mapa de predicción de la distribución de los bosques nubosos montaños tropicales en Centro y Sur América (A), África (B) y el Sureste de Asia y Australia (C) (Wilson & Jetz, 2016).

Se considera que existen alrededor de 48 millones de hectáreas de bosque nuboso por encima de los 1,000msnm, de los cuales, el 50% se encuentran en América Latina, principalmente en México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú, Colombia, Bolivia, Argentina y Venezuela (Kapos *et al.* 2000). En cuanto a su composición, los bosques nubosos presentan árboles de poca altura, frondosos y mucha vegetación. Generalmente, están presentes las plantas epífitas y hepáticas, estas últimas pueden llegar a abarcar hasta el 50% de la biomasa de los bosques. Los suelos son húmedos con abundante hojarasca (Brown & Kappelle 2001).

A nivel mundial, los bosques nubosos son ecosistemas que presentan altos niveles de endemismos y de riqueza de especies (Rovito *et al.* 2015). Con el aumento de los estudios dirigidos a estos ecosistemas, se evidencia que los valores de diversidad biológica son, incluso, mayores a los reportados para las selvas tropicales lluviosas. Debido a las características climáticas que presentan los bosques nublados, como una humedad alta, precipitación horizontal y la presencia de temperaturas bajas durante todo el año, generan una gran diversidad y riqueza de musgos, líquenes y plantas vasculares de familias como Orchidaceae, Araceae y Bromeliaceae (Agudelo *et al.* 2012). Asimismo, se ha registrado un gran número de especies endémicas de salamandras, ya que son organismos que necesitan altos niveles de humedad y se han especializado en utilizar bromelias y esteras de musgo que se encuentran en estos ecosistemas (Rovito *et al.* 2015).

2. Importancia de los bosques nubosos

A nivel mundial, los bosques nubosos son reconocidos por su importancia como fuentes de biodiversidad, así como su función en las cuencas hidrográficas. Uno de los factores que influyen en ser reconocidos como fuentes de biodiversidad, es el aislamiento geográfico que presentan. Asimismo, existen especies que poseen baja capacidad de movilidad o dispersión que, junto con el aislamiento geográfico, generan especies endémicas (SICA 2005). Un ejemplo, son las salamandras de la familia Plethodontidae. Muchas de estas especies se han adaptado a las condiciones ambientales que ofrecen los bosques nubosos. Con su estrecha relación, se pueden realizar estudios que aporten información sobre el impacto de la fragmentación de los bosques nubosos en la divergencia de las especies (Rovito *et al.* 2015).

Los bosques nubosos, también presentan una alta riqueza de plantas epífitas, plantas endémicas y alta diversidad biológica (Torres 2013). Un estudio realizado en el bosque nuboso del Volcán de Acatenango, demostró que esta área contiene alrededor del 10% de diversidad de plantas en Guatemala, con un total de 831 especies vasculares (Islebe & Véliz 2001). Otro estudio reciente, realizado en el 2020, describió una nueva especie nativa de Magnolia en Guatemala, *Magnolia poqomchi*, en el bosque nuboso de San Cristobal Verapaz, Alta Verapaz, sumando 10 especies nativas reportadas de este género para el país (Serrano *et al.* 2020).

Asimismo, como ya se mencionó, son reconocidos por su función en las cuencas hidrográficas. Poseen un gran impacto hidrológico en la recolección y regulación de agua de lluvia para ríos y agua potable para comunidad presentes y aledañas (Torres 2013). Son los encargados de generar depósitos y abastecer a la mitad de la población mundial con agua dulce. Su gestión debería ser de gran importancia hoy en día, debido a la escasez de agua dulce que está enfrentando el mundo (Agudelo *et al.* 2016). Otro beneficio que ofrecen los bosques nubosos, son los doseles arbóreos densos, afectando de forma positiva

la dinámica de agua que interceptan de las nubes. Actúan como barreras que controlan la escorrentía, reducen el impacto de las gotas en el suelo y mejoran la calidad de los suelos, permitiendo la infiltración y retención de agua (Mora 2015). Proveen una capa de residuos orgánicos gruesa, que, junto con las bajas temperaturas, la actividad biológica en los suelos y la meteorización disminuyen, formando suelos ácidos con un pH entre 3.0 y 3.5 (Agudelo *et al.* 2016).

3. Bosques nubosos en Guatemala

En Guatemala, los bosques nubosos se encuentran en altitudes entre los 3,000 y 1,800 msnm. La precipitación anual es mayor a los 2,000 mm y se estima un total de 190,000 hectáreas de este ecosistema en tierras guatemaltecas, siendo el país centroamericano con la mayor extensión de este tipo de bosque (GWP Guatemala 2013). Únicamente cubre el 1.05% del territorio nacional, pero son los ecosistemas con mayor número de especies endémicas en el país (Quezada 2018).

El Quetzal (*Pharomachrus mocinno*), ave nacional del país y símbolo de libertad y soberanía, tiene una distribución restringida únicamente para este ecosistema desde México hasta el oeste de Panamá. Realiza migraciones altitudinales entre sitios de anidamiento y sitios con mayor disponibilidad de alimento. Es una de las pocas especies centroamericanas listadas en el apéndice I de CITES. Esto indica que su comercialización está prohibida y su protección es estricta. No obstante, las únicas poblaciones estables se encuentran en Costa Rica, a causa de la destrucción de su hábitat (Juárez, Barrios & Bustamante 2010).

Algunas áreas con bosques nubosos son la Sierra de Los Cuchumatanes, en Huehuetenango, las Sierras Pocolcha, Xucunub, Pensal, las tierras altas de Cobán y el Río Negro, en Alta Verapaz, Sierra Las Minas, la cual se extiende desde Cerro Quisis hasta el Cerro Verde en el norte de Zacapa, en Las Montañas del Mico, Izabal, el Parque Nacional Monte Cristo o Trifinio, en el núcleo de la Reserva de Biósfera La Fraternidad (Ordóñez, 2003). Dentro del Corredor del Bosque Nuboso en Baja Verapaz, se encuentran el Biotopo del Quetzal, y las reservas naturales privadas Biotopín, Cerro Verde, El Círculo/Country Delight, Ram Tzul, Saq Ha, Posada Montaña del Quetzal, entre otros (Jiménez, 2009).

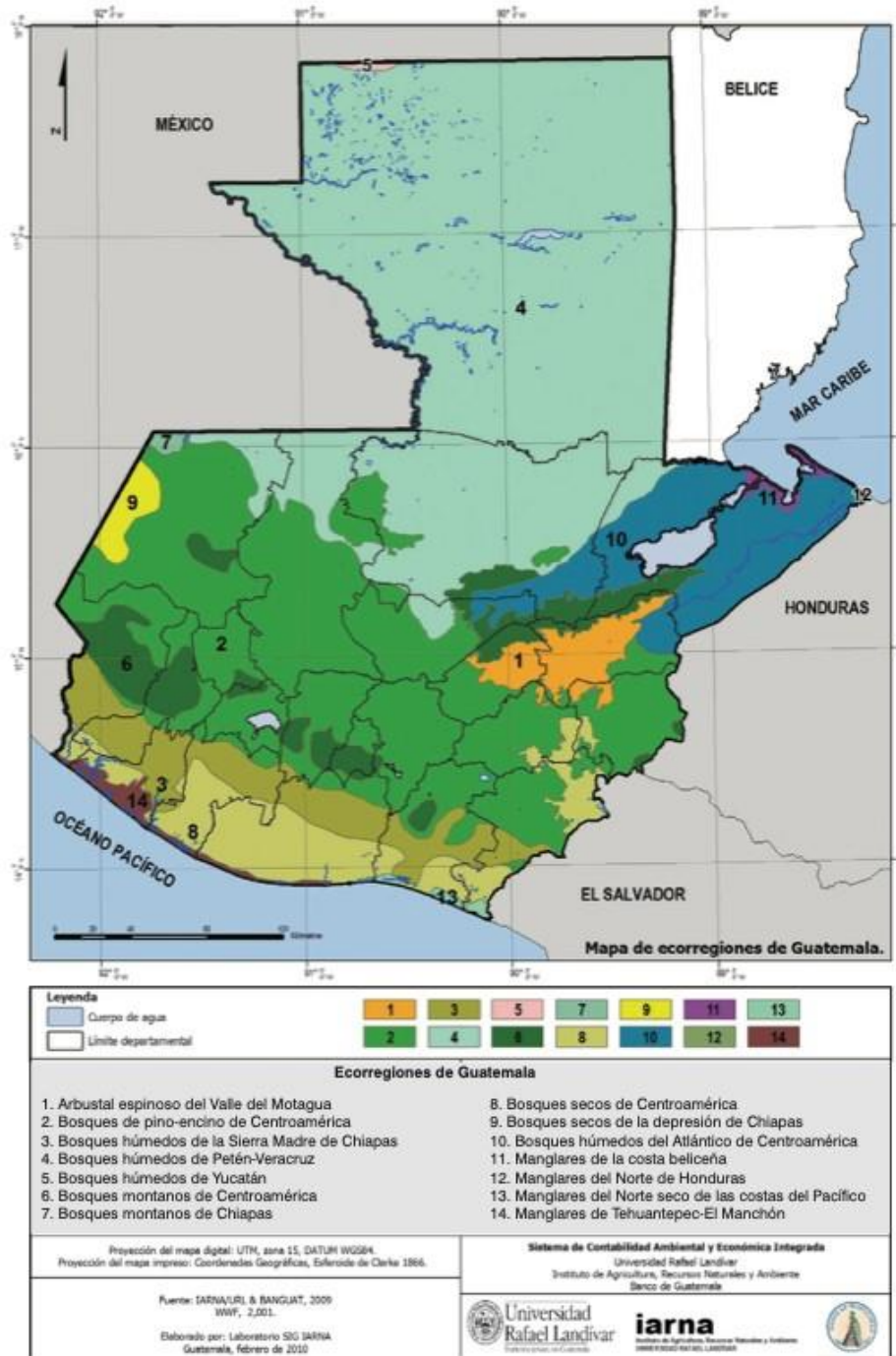


Figura 2. Mapa de ecorregiones de Guatemala (BANGUAT y URL, IARNA 2009)

4. Amenazas para los bosques nubosos

Actualmente, la situación de los bosques nubosos es delicada. Es uno de los ecosistemas más afectados por el impacto humano (Ariza 2015). Las principales amenazas que enfrentan, son la deforestación, el cambio climático, las especies exóticas invasoras y la sobreexplotación de recursos (Sánchez-Ramos & Dirzo 2014). La

deforestación para la transformación del suelo, es considerada la principal amenaza de los bosques nubosos y uno de los principales causantes de pérdida de biodiversidad (Walter *et al.* 2005). Como se encuentran ubicados en zonas altitudinales estrechas, principalmente en montañas (León 2018), están constantemente expuestos a la fragmentación para la expansión de la frontera agrícola y ganadera (Bubb, Aldrich & Sayer 2002).

Asimismo, están expuestos a la deforestación para la construcción de carreteras, caminos y caseríos, lo que pueden generar un efecto dominó en especies relacionadas, como un mayor alcance a zonas para cacería comercial, minería, producción de drogas opiáceas e introducción de especies invasoras (León 2018). Por otro lado, la fragmentación de los bosques nubosos genera parches aislados entre sí, lo que puede provocar pérdida de diversidad genética y endogamia en las especies que habitan este tipo de ecosistema (Ariza 2015).

A nivel mundial, es uno de los ecosistemas más vulnerables a los efectos del cambio climático debido a sus características climáticas específicas y distribución limitada (Quezada 2018). El calentamiento global está reduciendo la precipitación y la humedad, generando menos períodos de niebla y más de sequía lo que puede afectar la fenología de muchas especies (Ramírez, 2019).

Por su composición floral, los bosques nubosos no poseen comunidades dominantes de especies maderables, por lo que la extracción de madera no es un problema (León 2018). Sin embargo, son ecosistemas con una gran abundancia de plantas epífita, las cuales se emplean para medicina tradicional, alimento, artesanías y como productos hortícolas internacionales. La mayoría de su extracción y comercialización es ilegal, generando efectos negativos en la dinámica de las poblaciones (Francisco-Ventura *et al.* 2018).

5. Regeneración natural en el manejo de bosques nubosos

La regeneración natural es un ciclo de procesos para restablecer un medio natural tanto en el aspecto dinámico como el estático (Quimis 2016). Se basa en una serie de procesos, desde la producción, dispersión y germinación de semillas, hasta el establecimiento y desarrollo de reclutas. Este proceso ocurre a consecuencia de procesos bióticos y abióticos que afectarán un área (Pacheco-Cruz *et al.* 2019). El ritmo de regeneración es afectado por el clima, suelo, el uso de suelo que se le dio previamente, la vegetación circundante, entre otros (Tinjacá 2017).

La regeneración natural es una alternativa eficiente para generar una recuperación gradual de las funciones de los ecosistemas afectados. Favorece la acumulación de materia orgánica en el suelo, la captura de carbono, la regulación hidrológica, la biodiversidad y los ciclos de nutrientes. Este tipo de manejo, también favorece la conservación e interacción de especies, mejorando la dinámica, estructura y función de los bosques, así como el aumento de la conectividad del paisaje (Tinjacá 2017). No obstante, los cambios y/o las estrategias que se realizan para aprovechar los recursos naturales y el manejo de los mismos, así como los dispersores de semillas, tanto aves como murciélagos, los cuales cumplen roles importantes en las primeras etapas de la regeneración natural, se deben estudiar para garantizar la funcionalidad de los bosques (Muñoz 2017).

B. CHIROPTERA

1. Características generales de los murciélagos

El orden Chiroptera es uno de los grupos de mamíferos más exitosos a nivel mundial. Conforman más del 20% del total de mamíferos existentes (Caicedo 2020). Es el único orden de mamíferos que posee la capacidad de volar, gracias a una membrana de piel fina y elástica, que poseen entre los huesos de la mano, llamada patagio (Aguirre 2016). Hoy en día, se pueden encontrar más de 1200 especies dispersas en todos los continentes, excepto en la Antártida (López 2018). Los murciélagos se divide en dos subgrupos, megachiroptera y microchiroptera. El subgrupo megachiroptera está conformado por una única familia, Pteropodidae, mientras que el subgrupo microchiroptera está conformado por 16 familias. Se agrupan en seis categorías, basados en sus hábitos alimenticios, insectívoros, nectarívoros, hematógafos, ictiófagos, frugívoros y carnívoros (Caal 2013). La especie más grande de murciélago, *Acerodon jubatus*, o vulgarmente conocido como zorro volador filipino o murciélago diadema de Filipinas, pueden llegar a pesar 3.3 libras y a medir 55 centímetros de alto y 1.8 metros de largo con las alas extendidas. Es una especie perteneciente al subgrupo megachiroptera y a la familia Pteropodidae. Esta familia, se distribuye desde el centro hasta el sur de Asia (Stier & Mildestein 2005). La especie más pequeña de murciélago, *Craseonycteris thonglongyai*, conocido como murciélago nariz de cerdo o murciélago abejorro, puede llegar a pesar 2 gramos y a medir menos de 3 pulgadas. Se distribuye en Tailandia y Birmania. Pertenecen al subgrupo microchiroptera (Surlykke *et al.* 1993).

Los murciélagos pertenecientes al subgrupo microchiroptera, poseen ojos pequeños. Algunas especies presentan una segunda membrana de piel entre las extremidades posteriores, llamada uropatagio. El tamaño del uropatagio puede depender del tipo de alimentación. La cola puede estar presente o ausente. En caso esté presente, puede ser del largo del uropatagio, puede sobresalir del uropatagio o estar reducida, es decir, su longitud es menor a la del uropatagio. Poseen orejas desarrolladas, pero, así como el uropatagio, el tamaño de las orejas puede depender del tipo de alimentación. Las orejas presentan dos estructuras llamadas, trago y antitrago que sirven como receptores de las ondas de ecolocación (Aguirre 2016).

La ecolocación son sonidos ultrasónicos producidas por los murciélagos para orientarse mientras vuelan, detectan y capturan presas y para comunicarse (Aguirre 2016). El haber desarrollado la ecolocación para poder realizar sus actividades en la oscuridad, les dio una oportunidad de ocupar distintos nichos ecológicos y diversificarse (Aybar & Wong 2012). Se ha registrado dos tendencias reproductivas en los murciélagos, biomodales y unimodales. La reproducción biomodal, ocurre en época seca y lluviosa, mientras que la reproducción unimodal ocurre en época seca o en época lluviosa (Cajas, *et al.* 2019). Generalmente, dan a luz a una cría. Sin embargo, existen especies que llegan a tener gemelos. Las crías son alimentadas con leche materna hasta alcanzar el tamaño adulto, es decir, por unos cuantos meses (Reid 2009).

La actividad de los murciélagos es afectada por factores intrínsecos y extrínsecos, como la intensidad de la luz lunar, la precipitación, la disponibilidad de alimento, la temperatura y la velocidad del viento. El factor más estudiado que influye en la actividad de este taxón, es la intensidad de la luz lunar. Presentan fobia lunar y el efecto varía entre especies. Por ejemplo, Existen registros de especies que reducen su actividad de vuelo durante noches con luna llena e incluso especies que no abandona sus refugios en noches

muy claras. El viento, es otro factor que afecta a los murciélagos. Pero, es una variable ambiental que está poco estudiada. No obstante, se ha registrado que el viento puede afectar en la detección de presas. Especies insectívoras prefieren volar en áreas menos expuestas al viento. De igual manera, especies relacionadas a cuerpos de agua, prefieren no cazar en noches con mucho viento, ya que forman turbulencia y ondas en los cuerpos de agua que generan confusión y ecos en la ecolocación (Santos-Moreno, Ruiz & Sánchez 2010).

2. Importancia ecológica de los murciélagos

Los murciélagos poseen una gran importancia ecológica, son sensibles a perturbaciones ecosistémicas, por lo que cumplen la función de indicadores biológicos, proporcionan beneficios y servicios ambientales, como dispersar semillas, polinizar y controlar plagas (Caal 2013). En los ecosistemas tropicales y nubosos, la participación de los ensamblajes de murciélagos en la polinización, dispersión de semillas, regeneración de los bosques y regulación de las cascadas tróficas es esencial para el buen funcionamiento de los ecosistemas (Lou & Yurrita 2005; Aguilar 2017; Hernández 2018; Sánchez 2020).

a. Indicadores de perturbación ecosistémica

Los murciélagos ocupan distintos niveles tróficos y nichos ecológicos, gracias a sus características únicas, como poder volar y la ecolocación. Estas características, les han otorgado la capacidad de adaptarse a distintos ecosistemas, presentar alta riqueza y ser muy abundantes y con amplias distribuciones. Son fáciles de muestrear y estudiar (Aguilar 2017). Pueden ser empleados como bioindicadores ecológicos y de disturbio de hábitats. Indican la calidad y el nivel de degradación de un ecosistema, por medio de la diversidad y abundancia de especies (Caicedo 2020). Asimismo, pueden indicar distintos grados de perturbación ambiental y, en ocasiones, su origen, como la ganadería, zonas con uso de agroquímicos, monocultivos extensos o la pérdida de conectividad entre las islas de bosques y selvas que quedan por el cambio de uso de suelo (Medellín & Viquez 2014).

Un estudio realizado en Chiapas, en la selva Lacandona, demostró que la especie que más abunda en un área, está relacionada con el nivel de perturbación. Esto se debe a que existen especies que son más sensibles a perturbaciones (Medellín & Viquez 2014). Varios estudios han identificado que, ambientes con una alta abundancia de individuos pertenecientes a la familia *Carollinae*, son perturbados. Esto se debe a que la subfamilia *Carollinae* está conformada por especies generalistas. Mientras, la presencia de individuos pertenecientes a la subfamilia *Phyllostominae*, indican ambientes poco perturbados, ya que son especies muy sensibles a cambios ambientales (Caicedo 2020).

b. Polinización

Este grupo, se considera el principal mamífero polinizador (Palacios 2011). Actualmente, la agricultura, ganadería, industrialización y urbanización están reduciendo significativamente los bosques neotropicales y disminuyendo la diversidad biológica. Asimismo, están causando efectos negativos en las comunidades de animales y plantas. La polinización, es de vital importancia para la regeneración de los bosques remanentes y la sucesión (Zumbado 2003). Es por esto que, la interacción entre los murciélagos nectarívoros y las plantas, es importante para mantener la estabilidad de los ecosistemas y para la producción de alimento para los humanos y para otras especies de animales

(Saldaña-Vázquez & Ortega-García 2021). Una de las familias más conocidas por su importancia como polinizadores, es Glossophaginae (Sánchez 2020).

Debido a sus características biológicas, los murciélagos nectarívoros presentan ventajas sobre el resto de polinizadores. A diferencia de los insectos, los murciélagos nectarívoros poseen un mayor tamaño corporal, lo que genera un aumento en la cantidad de polen que se adhiere a ellos y que transportan (Sánchez 2020). Otra ventaja a su favor, es la capacidad de volar grandes distancias en relativamente poco tiempo. Esto permite un mayor flujo génico entre las plantas que son polinizadas por estos organismos (Aybar & Wong 2012).

Asimismo, existen plantas con características específicas para atraer murciélagos para ser polinizadas por ellos, llamadas quiropterofílicas (Aybar & Wong 2012). Una de estas plantas es el pequi o nuez souari (*Caryocar brasiliense* Camb.), una planta de importancia biológica, económica y social en Brasil y Paraguay, la cual es polinizada por individuos de la especie *Glossophaga soricina* (Peres, Oliveira & Ruiz 2013). Un estudio realizado en distintas localidades en Hidalgo, México, se determinó que los murciélagos nectarívoros son los principales polinizadores de tres especies de agave, planta con importancia económica y cultural (Trejo-Salazar, Scheinvar & Eguiarte 2015).

c. Control de plagas

Los murciélagos insectívoros son considerados un mecanismo alternativo para el control de plagas (Erazo 2020). Así como los plaguicidas agroquímicos, los murciélagos poseen un importante rol en mantener controladas las poblaciones de insectos y artrópodos, sin los costos a la sociedad, a la economía y al ambiente (Gándara, Correa & Hernández 2006). Considerados cosmopolitas, estos murciélagos se alimentan de distintas maneras, cazando presas en vuelo o atrapando presas posadas en superficies sólida e incluso en cuerpos de agua (Kunz, *et al.* 2011). Alrededor de dos tercios de todas las especies de murciélagos son insectívoros, por lo que poseen un gran rango de especies presa, entre ellas, escarabajos, chinches verdes, gorgojos y saltamontes (Erazo 2020). Ya que pueden comer alrededor de dos tercios de su cuerpo en insectos cada noche, se les atribuye el potencial de controlar potenciales plagas (Alpízar 2014).

Diversos estudios han demostrado que los murciélagos son predadores potenciales de insectos en áreas empleadas para la agricultura (Wanger *et al.* 2014). Por ejemplo, un estudio realizado en México, registró el beneficio de los murciélagos en reducir la abundancia de insectos en plantaciones de café (Williams-Guillen, Perfecto & Vandermeer 2008). Otro estudio realizado en Nuevo León, demostró que la especie *Tadarida brasiliense*, se alimenta de 53 especies de insectos y artrópodos clasificados en 40 familias, en diversas plantaciones (Gándara, Correa & Hernández 2006). Esta misma especie cumple la función de control de plagas y de reducción de costos en plaguicidas agroquímicos en plantaciones de algodón en Estados Unidos, en cualquier etapa de crecimiento de la planta (Cleveland, *et al.* 2006).

d. Dispersores de semillas

Los murciélagos frugívoros son efectivos dispersores de semillas (Estrada-Villegas, Pérez-Torres & Stevenson, 2007). A comparación de las aves, los murciélagos movilizan una mayor cantidad y diversidad de semillas, muchas de ellas son pioneras en

la sucesión vegetal, siendo estos organismos de mucha importancia para la sucesión primaria y secundaria de los bosques (Hernández 2018). A diferencia de las aves, los murciélagos frugívoros presentan una menor resistencia a sobrevolar los bordes de los bosques y habitats alterados, dispersando semillas en esas zonas (semillas (Estrada-Villegas, PérezTorres & Stevenson, 2007).

Un estudio realizado en el Parque Nacional Lachuá en Alta Verapaz, Guatemala, se registró que, en efecto, en esa área, los murciélagos disperan una mayor cantidad de semillas que las aves. Asimismo, encontraron que los murciélagos portaban 33 especies de semillas de familias Piperaceae, Moraceae y Solanaceae (Ávila *et al.* 2005). Otro estudio realizado en Yaxhá, Petén, Guatemala, analizó cómo era el nicho alimenticio de la comunidad de murciélagos frugívoros. Se determinó que la dieta de los murciélagos frugívoros estaba representada por géneros de las familias, Moraceae, Cecropiaceae, Piperaceae y Solanaceae. También, observaron que cada especie de murciélago tiene preferencias a ciertos géneros y especies de plantas (Lou & Yurrita, 2005). En México, en la selva lacandona en Chiapas, se determinó la diversidad de frutos consumidas por tres especies de murciélagos, *Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata* y *Sturnira lilium*. Se identificó que, tanto *Artibeus lituratus* como *Carollia perspicillata* consumen frutos de especies pioneras y persistentes, mientras que *Sturnira lilium* únicamente consume frutos de especies pioneras (Olea-Wagner *et al.* 2007).

3. Diversidad de murciélagos en Guatemala

En Guatemala, se han registrado 104 especies de murciélagos (Kraker *et al.* 2016, Trujillo *et al.* 2020), las cuales represtan la mitad de las especies de mamíferos presentes en el país (Grajeda 2014). Sin embargo, ninguna especie es endémica para el país (Romero & Cajas, s.f.). Están distribuidas en 8 familias relacionadas a climas neotropicales, Emballonuridae, Mormoopidae, Noctilionidae, Natalidae, Vespertilionidae, Molossidae, Phyllostomidae y Thyropteridae (Fuentes 2019). Guatemala, al ser un país con distintos hábitats y ecosistemas tropicales y neotropicales, su diversidad de murciélagos es alta (Kraker 2015). Sin embargo, la familia Vespertilionidae, así como dos especies de la familia Phyllostomidae, *Leptonycteris yerbabuenae* y *Choeronycteris mexicana*, están más relacionada a características neárticas y semiáridas. Estas dos últimas especies mencionadas, están registradas para Guatemala como nectarívoras migratorias (Cajas 2008) y sincronizan sus migraciones con la floración de los cactus columnares, *Stenocereus* sp. y *Pilosocereus* sp. que se encuentran en el valle del Motagua, Nentón, Cuilco y Salamá (Kraker 2015).

La familia Phyllostomidae, es la familia que más especies posee y la más abundante, con un total de 51 especies, debido a su diversidad de gremios alimenticios (Kraker *et al.* 2016). La diversidad de plantas en Guatemala, permite a las especies frugívoras, el gremio alimenticio más abundante en la familia, diferenciar su consumo de frutos y la distribución espacial entre los hábitats (Lou 2007). Se caracteriza por la presencia de la hoja nasal lanceolada, la cual poseen la mayoría de sus miembros. Se divide en 5 subfamilias, Glossophaginae, Phyllostominae, Carrollinae, Stenodermatinae y Desmodontinae (Lorenzo, Kraker, Bolaños 2015). Muchas de las especies, pertenecientes a esta familia, son importantes para el control de plagas (Kunz *et al.* 2011).

La familia Emballonuridae, se caracterizan por la presencia de una cola incluida en el uropatagio, la cual se extiende hasta que la punta de la cola sobresale de la membrana, quedando libre. Algunas familias presentan un saco glandular en la membrana

antebraquial. No obstante, los miembros del género *Diclidurus*, poseen el saco glandular en el uropatagio cercano a la cola. Su distribución es pantropical, con una distribución desde el norte de México hasta el sur de Brasil (Iñiguez 1999). Algunas especies presentan dos líneas paralelas de pelaje pálido en el dorso (Medellín, Arita & Sánchez 2007). En Guatemala están reportadas 9 especies, distribuidas en 6 géneros, *Balantiopteryx*, *Centronycteris*, *Diclidurus*, *Peropteryx*, *Rynchonycteris*, *Saccopteryx* (Kraker *et al.* 2016).



Figura 3. Saco glandular en la membrana antebrachial (Medellín, Arita & Sánchez 2007)

La familia Molossidae, se caracteriza por una cola larga y gruesa que se extiende más allá del uropatagio, dando lugar a una “cola libre”. Posee labios gruesos y, generalmente, con arrugas. Las orejas varían en forma y tamaño. Alas largas y estrechas, las cuales le otorgan agilidad y rapidez durante el vuelo (Vaughan 1966). Para Guatemala están registradas 9 especies, distribuidas en 5 géneros, *Eumops*, *Molossus*, *Nyctinomops*, *Promops* y *Tadarida* (Kraker *et al.* 2016).

La familia Noctilionidae es endémica de América con dos especies. Son de tamaño grande, con patas y garras grandes muy desarrolladas. El uropatagio, también está muy desarrollado, ya que es necesario por el tipo de alimentación, basada en peces e insectos. Habitan cerca de ríos o cuerpos de agua dulce (Alvarez-Castañeda 1999). En Guatemala están registradas las dos especies de *Noctilo*, *Noctilo albiventris* y *Noctilo leporinus*. La familia Mormoopidae, es endémica de los trópicos americanos. Son conocidos como la familia de murciélagos con hojas en la barba y los murciélagos bigotones (AlvarezCastañeda 1999). En Guatemala, están registradas 5 especies distribuidas en 2 géneros, *Mormoops* y *Pteronotus* (Kraker *et al.* 2016).

Tanto los miembros de la familia Mormoopidae como los miembros de la familia Noctilionidae tienen ubicadas las alas en la parte dorsal. Esta ubicación, le otorga al dorso una apariencia “desnuda”. Poseen orejas puntiagudas o redondas. No obstante, se diferencian entre sí por la hendidura en labio superior en la familia Noctilionidae con un aspecto de “labio leporino”. En el caso de la familia Mormoopidae, el labio superior no está dividido y el labio inferior presenta pliegues marcados o con excrescencias (Medellín, Arita & Sánchez 2007).

La cola, el uropatagio y las patas son más largas que el cuerpo y la cabeza en la familia Natalidae (Medellín, Arita & Sánchez 2007). Es una familia endémica de América (Alvarez-Castañeda 1999). Las orejas y el hocico son pálidos y las primeras son grandes y en forma de embudo. Ojos muy pequeños. Se caracterizan por el órgano natálido. En los machos, este órgano está presente en el hocico. Su apariencia es de una masa glandular (Medellín, Arita & Sánchez 2007). En Guatemala está presente una única especie, *Natalus mexicanus* (Kraker *et al.* 2016).



Figura 4. Esquema del órgano natálido en miembros de la familia Natalidae (Medellín, Arita & Sánchez 2007)

La familia Thyropteridae, se caracteriza por la presencia de cola y discos adhesivos en los tobillos y/o en los pulgares (Medellín, Arita & Sánchez 2007). Así como es el caso de la familia Natalidae, para Guatemala también se tiene registrada una única especie de esta familia, *Thyroptera tricolor* (Kraker *et al.* 2016).



Figura 5. Discos adhesivos de la familia Thyropteridae (Medellín, Arita & Sánchez 2007)

La familia Vespertilionidae es una familia diversa y con distribución en todos los continentes, a excepción de la Antártida. Las características morfológicas varían entre especies. El nombre de esta familia surge de la hora “vespertina” en la que se observan, es decir, en las últimas horas de la tarde y/o primeras después de ponerse el sol. Generalmente, son murciélagos de tamaño pequeño con hocico simple. No obstante, se

pueden encontrar especies de gran tamaño. Las orejas están muy desarrolladas. La cola se extiende a lo largo del uropatagio, el cual es bastante largo (Schwartz & Schwartz 2001, Gardner 2007). En Guatemala, están reportadas 22 especies distribuidas en 6 géneros, *Eptesicus*, *Lasiurus*, *Rhogeessa*, *Perimyotis*, *Bauerus* y *Myotis* (Kraker *et al.* 2016).

4. Amenazas

Se ha registrado un declive en las poblaciones de murciélagos a nivel mundial a causa de las actividades antropogénicas (Jones *et al.* 2009). La constante expansión de la frontera urbana y agrícola, la deforestación y la conversión de la tierra, específicamente en regiones tropicales, ha causado una serie de daños ambientales y efectos adversos en la diversidad de murciélagos. Así como existen especies poco sensibles a cambios en el uso de la tierra, la riqueza de especies en estas áreas, sí se ve afectada por la desaparición de las especies sensibles a estos cambios (Ávila & Benton 2005). La urbanización tiene un efecto negativo en las poblaciones de murciélagos, ya que genera la pérdida y fragmentación de sus hábitats, la disminución de los refugios naturales y el alimento (Arias-Aguilar, Chacón-Madrigal & Rodríguez-Herrera 2015).

El cambio climático es una de las principales amenazas a la diversidad a nivel mundial. Se estima que afectará los rangos de distribución de las comunidades de animales, especialmente de mamíferos. Por otro lado, se ha registrado que en las comunidades, los individuos se ven afectados de distintas formas, como la disminución del tamaño corporal, mutaciones, expectativas de vida más cortas y cambios en los períodos de las épocas reproductivas. Asimismo, se ha registrado que el éxito en los períodos de reproducción, gestación y lactancia en los mamíferos, se relaciona a las condiciones climáticas, como la temperatura, la precipitación (Isaac 2009).

La expansión de la frontera agrícola e industrial genera contaminación de los cuerpos de agua y, por ende, una disminución de las poblaciones de insectos relacionadas a estos, que termina afectando a los murciélagos, principalmente, insectívoros (Jones *et al.* 2009). Lo mismo ocurre con el uso de pesticidas y agroquímicos. Varios estudios han determinado la diversidad y abundancia de murciélagos en campos de cultivo donde emplean agroquímicos y pesticidas y en campos agrícolas orgánicos. Han demostrado que en campos orgánicos, la abundancia y diversidad de murciélagos es mayor, ya que presentan mejor calidad de cuerpos de agua y de insectos (Wickramasinghe *et al.* 2003). Un estudio realizado en Nuevo México, determinó que la mortalidad de las crías de *Tadarida brasiliense* es mayor debido a la ingesta, por parte de las madres, de insectos contaminados con residuos organoclorados (Geluso, Altenbach & Wilson 1981).

Por último, la persecución directa y percepción negativa hacia los murciélagos, es otra de sus grandes amenazas (Rodríguez & Sánchez 2015). Es uno de los órdenes de mamíferos más incomprendido en todo el mundo, por su aspecto y sus hábitos nocturnos (Barragán-Tabaras *et al.* 2018). Asimismo, son considerados portadores de inmunizables enfermedades, entre ellas, la rabia (Montañez & Martínez 2013). En Guatemala, desde la cultura maya, los murciélagos, “zotz”, han sido considerados animales de mala reputación. En el libro, Popol Vuh, estos individuos están vinculados al inframundo. Poseen una casa de tormento, Tzotzi ha, “la casa de los murciélagos”. La única derrota que enfrentan los hermanos Hunahpú e Ixbalanqué es adentro de Tzotzi ha y Hunahpú es decapitado (Montañez & Martínez 2013).

En la mayoría de áreas rurales y zonas ganaderas, todos los murciélagos son vistos como potenciales portadores de rabia y hematófagos. En Guatemala solo dos especies son portadoras del virus, *Desmodus rotundus* y *Diphylla eucadata*. Muchas veces, las acciones para controlar las poblaciones de estos individuos son de manera indiscriminada, debido a la falta de información, causando la destrucción de los refugios naturales y exterminio de comunidades completas de murciélagos inofensivos (Kraker-Castañeda & Echeverría-Tello 2012).

5. Técnicas de muestreo de murciélagos

Hoy en día, son tres técnicas de captura de murciélagos las que más se emplean en sus estudios, redes de niebla, trampas arpa y detectores ultrasónicos. Cada técnica proporciona distintos resultados y la eficiencia de captura varía conforme al método. Sin embargo, se sugiere emplear dos o más técnicas para obtener mejores resultados (Hourigan *et al.* 2008).

a. Redes de niebla

Las redes de niebla, es la técnica más empleada para estudiar poblaciones y diversidad de murciélagos (MacCarthy *et al.* 2006). Consisten de una malla delgada de nylon que posee dos polos. Cada polo se debe de mantener tenso, por medio de tubos. Están divididas en estantes, las más utilizadas poseen cuatro. Cada estante está dividido por varios bolsillos de red. En estos, terminan atrapados los murciélagos al chocar (Mitchell-Jones & McLeish, 2004). Debido a la detección de las redes por medio de ecolocación, la eficacia en la captura de murciélagos empleado este método puede ser baja (Hourigan *et al.* 2008).

Los factores que pueden afectar la eficacia de captura de las redes de niebla, son el clima, la ubicación de las redes, la tensión con la que se colocan y la estructura del habitat (Remsen & Good 1996). No obstante, si se coloca en un lugar estratégico, puede aumentar la eficiencia (Hourigan *et al.* 2008). Cabe mencionar que, esta técnica, puede causar estrés y heridas en los individuos al quedar atrapados y al momento de sacarlos de las redes (Dai, *et al.* 2001). Un factor que se debe de tomar en cuenta siempre que se van a utilizar este tipo de redes, es la fase lunar. Se ha registrado que la captura de murciélagos insectívoros y frugívoros disminuye en las noches de luna llena o noches muy iluminadas (Larsen *et al.* 2007).

b. Trampas arpa

Las trampas arpa están diseñadas para atrapar murciélagos, principalmente insectívoros que, al volar sobrepasan las redes de niebla. Consisten de un marco con dos hileras de hilos de pescar colocados de forma vertical. A diferencia de las redes de niebla, en las trampas arpa, los murciélagos vuelan hacia las hileras y pueden caer deslizados al chocar con la primera hilera o pasarla y quedar atrapados entre ambas hileras. Al quedar atrapados, se deslizan entre las dos hileras y quedan atrapados en la bolsa de colecta directamente (Berry *et al.* 2004). Esta técnica es menos invasiva que las redes de niebla, ya que el murciélago no queda enredado (Mitchell-Jones & McLeish 2004).

III. Justificación

Los bosques nubosos son el ecosistema más amenazado y con los mayores índices de diversidad y endemismo de especies a nivel mundial. En Mesoamérica, estos ecosistemas están altamente fragmentados debido a actividades antropogénicas en el cambio del uso del suelo. En Guatemala, estos bosques son los ecosistemas más deforestados y uno de los más explotados en recursos. Esto, incluso ha causado la fragmentación y transformación de bosques nubosos en áreas protegidas o sitios de interés para su conservación (Grajeda 2010).

Los estudios de mamíferos menores son importantes para estudios ecológicos y de conservación. Las investigaciones basadas en estos individuos generan información útil sobre dinámicas locales y biodiversidad en distintos ecosistemas. Asimismo, los métodos empleados para captura y manipulación son fáciles y de bajo costo (Grajeda 2010). El conocimiento sobre las comunidades de murciélagos en bosques nubosos es valioso, ya que la composición y la abundancia relativa de los ensamblajes en estos hábitats, es diferente a los que se encuentran en los bosques de tierras bajas (Estrada-Villegas, PéresTorres & Stevenson 2010).

Los murciélagos son el segundo orden de mamíferos más diverso. Poseen una gran diversidad de gremios alimenticios, como el consumo de polén, frutos, néctar, insectos, vertebrados y sangre. Su importancia ecológica y económica como controles naturales de plagas, dispersores de semillas y polinizadores, son de vital importancia para el ser humano. Existen alrededor de 250 especies de murciélagos que se alimentan de néctar, polen y frutos. Asimismo, se estima que sirven como dispersores para más de 750 especies de plantas (Grajeda 2014). A comparación de las aves y otros mamíferos, son los organismos más abundantes en la dispersión de semillas, ya que movilizan una mayor cantidad y diversidad de semillas (Hernández 2018).

Los murciélagos insectívoros cumplen la función de controladores biológicos naturales en zonas agrícolas, ya que son los mayores depredadores de insectos nocturnos (Bracamonte 2013). Estudios han demostrado que cada murciélago puede consumir hasta una vez y medio veces su peso, en insectos. Se estimó que solo en Estados Unidos, los servicios ecosistémicos que brindan los murciélagos insectívoros son más de tres mil millones de dólares anuales. Así como otros estudios demostraron que estas especies no solo controlan las plagas de insectos, también controlan de forma indirecta las enfermedades asociadas a las plagas de los cultivos (Rodales 2015).

Varios estudios han demostrado que los murciélagos son sensibles a cambios en los hábitats y pueden cumplir el papel de indicadores biológicos, ya que en zonas deforestadas, disminuye la diversidad de especies. No obstante, todavía se posee poca información y existen pocas investigaciones basadas en ensamblajes de murciélagos en bosques montanos (Vargas *et al.* 2008).

Esta investigación, es la primera investigación de este tipo realizado en el área de estudio determinada. Pretendió generar información y establecer una línea base sobre el ensamblaje de murciélagos para futuros planes de implementación y estrategias de monitoreo biológico. Ofrece datos del estado del bosque, utilizando los índices de diversidad alfa, riqueza y abundancia relativa. De igual manera, determinó si las variables ambientales influyeron en su actividad, riqueza y abundancia. Con la información

generada en este estudio, se espera poder mejorar las futuras tomas de decisiones por parte de los propietarios en el área, con el fin de generar el menor impacto en la comunidad de murciélagos.

IV. Objetivos

A. Objetivo general

Analizar la composición del ensamblaje de murciélagos del bosque nuboso de regeneración, en la finca Sac Wach Já, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.

B. Objetivos específicos

- Caracterizar el ensamblaje de murciélagos en el bosque nuboso de regeneración en la finca Sac Wach Já, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.
- Determinar los índices de diversidad biológica del ensamblaje de murciélagos del bosque nuboso de regeneración en la finca Sac Wach Já, San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.
- Determinar si las variables ambientales influyen en los patrones de actividad de los murciélagos afectando la riqueza y abundancia de murciélagos capturados.

V. Hipótesis

A. Hipótesis nula

La velocidad del viento, humedad y temperatura influyen en los patrones de actividad del ensamblaje de murciélagos en la finca “Sac Wach Já”.

B. Hipótesis alterna

La velocidad del viento, humedad y temperatura no influyen en los patrones de actividad del ensamblaje de murciélagos en la finca “Sac Wach Já”.

VI. Métodos

A. Área de estudio

El municipio de San Cristóbal Verapaz, se ubica al sur de la cabecera departamental de Alta Verapaz, dentro del valle de La Sierra Pampacché. Posee una extensión de 19,200 hectáreas y una altitud de 1,393 msnm. La latitud norte es 15°21'50'' y la longitud oeste es 90°25'54''. Es uno de los cuatro municipios de la región poqomchí en Alta Verapaz. Se encuentra dividido en 12 microrregiones para su funcionamiento. (SEGEPLAN 2010). Su clima es templado, con una temperatura que oscila entre los 12 °C y los 34 °C, dependiendo de la época. La humedad anual es de 87.2% y la precipitación es de 1,646 mm (Calderón 2009). Las 3 zonas de vida presentes son bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT), bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT) y bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT) (infoiarna 2020).

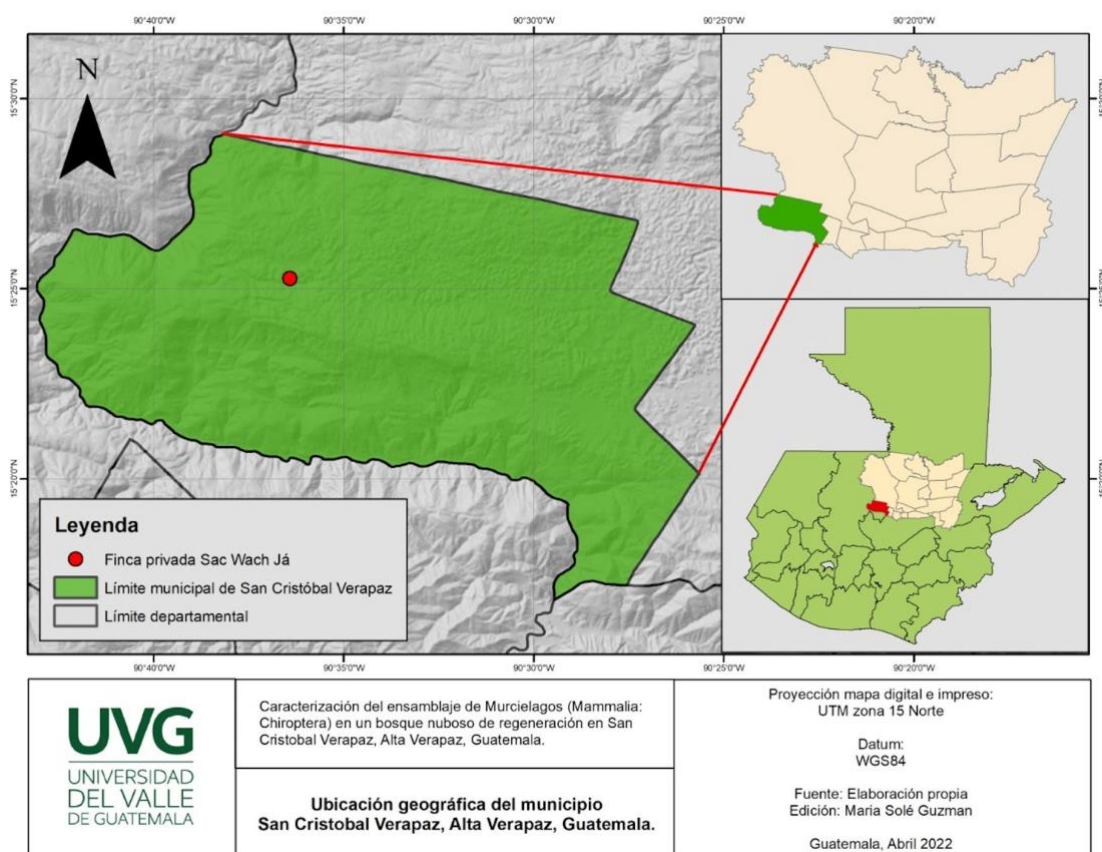


Figura 6. Ubicación geográfica del municipio San Cristóbal Verapaz en Alta Verapaz

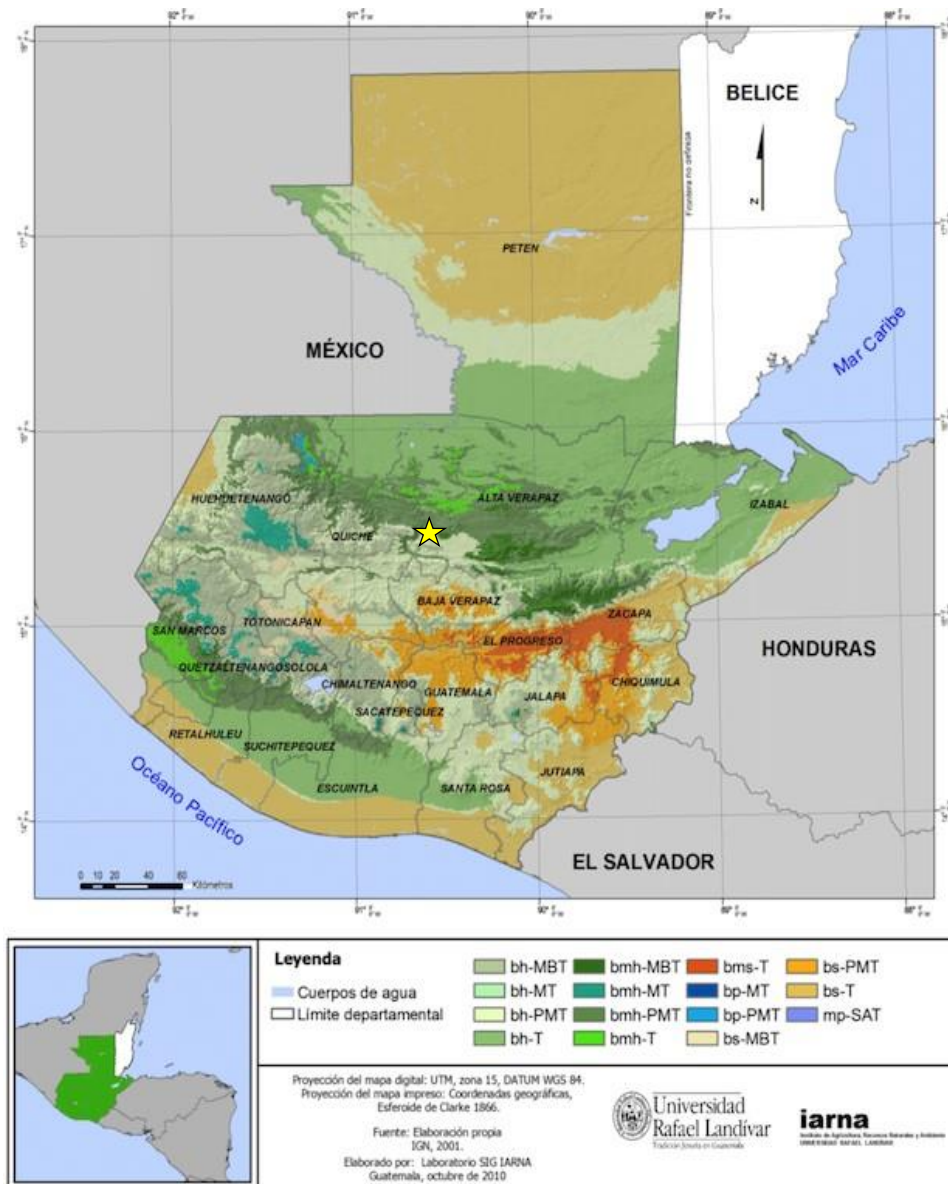


Figura 7. Mapa de zonas de vida de Guatemala (infoiarna, 2020)

En el territorio, existe lluvia constante, la cual ha sido afectada por la deforestación. Sin embargo, todavía se encuentran áreas de bosques naturales. Se considera un territorio boscoso y de vocación forestal, debido a su topografía (Calderón 2009).

La finca Sac Wach Já, se encuentra en la aldea Mexabaj, en la microrregion Pampachché. En la aldea, se encuentra tanto bosque natural como plantaciones (Calderón 2009). La finca Sach Wach Já posee una extensión de 17.47 hectáreas, las cuales están divididas por una carretera. Las coordenadas para el campamento son latitud norte 15°25'8.86" y longitud oeste 90°36'24.17". Las coordenadas de la reserva son latitud norte 15°24'11.67" y longitud oeste 90°36'16.03". Desde el 2015 se encuentra inscrita en el Programa Pinpep para fines de conservación. La finca fue previamente utilizada para la extracción de 2 especies de chipe, *Cyathea* sp., familia Cyatheaceae y *Alsophila* sp.,

familia Cyatheaceae. Actualmente, ya no se realiza dicha actividad (Serrano, comunicación personal 2021).

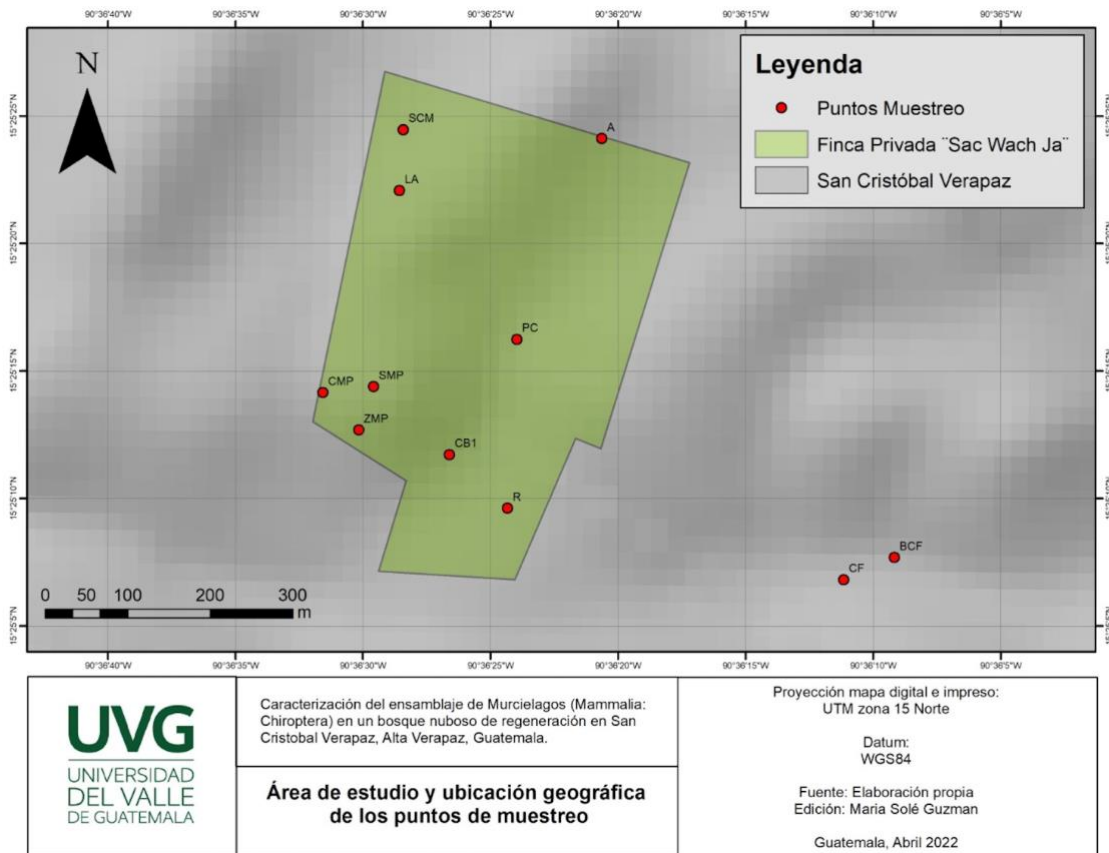


Figura 8. Área de estudio y ubicación geográfica de los puntos de muestreo. SMP: Sendero a Montaña *Peromyscus*; CMP: Cima en Montaña *Peromyscus*; A: Antena; ZMP: Zigúan a la par Montaña *Peromyscus*; PC: Bosque a la par de Plantación de Cardamomo; CB1: Calle a Bosque; R: Rancho; LA: Laguna de *Agalychnis*; SCM: Sendero Cueva Montaña; BCF: Barranco por casa Felipe; CF: Casa Felipe. Estos últimos dos puntos, son parte del terreno de la finca “Sac Wach Já”, pero se encuentran separados por casas de la comunidad de San Cristóbal Verapaz.

B. Sujeto de estudio

El sujeto de estudio objetivo es la comunidad de murciélagos presente en la finca Sac Wach Já en San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz. El ensamblaje estará conformado por distintas especies de las familias registradas para Guatemala, las cuales son Emballonuridae, Molossidae, Mormoopidae, Phyllostomidae, Natalidae, Noctilionidae, Thyropteridae y Vespertilionidae.

C. Permisos

1. Permiso CEUCA-CICUAL

Se solicitó el debido permiso para el estudio al Comité de ética, uso y cuidado animal de la Universidad del Valle de Guatemala (CEUCA).

2. Permiso de investigación y colecta por parte del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, CONAP, Guatemala

Licencia de Colecta e Investigación de investigador principal de la Universidad del Valle de Guatemala de Luis Ríos con extensión de licencia a María Solé Guzmán Rodríguez, según la Normativa de Investigaciones e Investigadores de la Diversidad Biológica, resolución 03-25-2019. Número de registro del investigador principal: Luis Ríos I-0142002.

D. Captura de murciélagos

Los muestreos se realizaron en un período de 5 meses, entre los meses de agosto a enero. durante o cercanos la luna nueva para optimizar las capturas (Santos-Moreno, Ruiz & Sánchez 2010). Se llevó a cabo un muestreo por mes de 3 noches cada uno, para un total de 15 noches. Se estableció un sitio de muestreo por noche a lo largo de la finca “Sac Wach Já”. Las cuevas fueron sitios de muestreo por aparte a los puntos establecidos. Se pretendió que cada punto de muestreo fuera diferente en características y composición para abarcar más diversidad en el área.

Las capturas se realizaron por medio de 3 redes de niebla, dos de 6x2.5m y una de 15x2.5 m. Se utilizó una trampa arpa, la cuál se colocó cerca de cuevas. Las redes se abrieron entre las 18:00 y las 1:00 horas y fueron revisadas cada 30 minutos. Los murciélagos capturados se retiraron de las redes de niebla y fueron colocados en bolsas de tela. Se empleó una bolsa de tela limpia por murciélago, para prevenir la transmisión de enfermedades entre individuos.

En caso uno de los individuos sufriera una lesión de ala o de pata, así como signos de miopatía por captura, se dispuso de pentobarbital de sodio durante los muestreos, para ser aplicado en forma intraperitoneal y proceder con la dislocación cervical del individuo. Sin embargo, no fue necesario realizar los procedimientos mencionados, ya que ninguno de los individuos capturados presentó alguna lesión o signos de miopatía por captura. Tanto la aplicación del fármaco, como la técnica de dislocación cervical fueron impartidos en una capacitación por la médico veterinaria del CEUCA, Vanessa Granados.

E. Identificación de murciélagos

La identificación de los murciélagos capturados fue por medio de guías de identificación (Medellin, Arita & Sánchez 2007; Lorenzo, Kraker & Bolaños 2015). A cada individuo capturado, se le tomó datos de sexo, estado reproductivo, peso, lugar y hora en el que fue capturado. Por último, fueron marcados con barníz de uñas en una de las garras de la pata derecha, con el fin de identificar recapturas. Antes de ser liberados, se revisó que el murciélago no presentara lesiones ocasionadas por las redes de niebla en los patagios o en la boca, las cuales ocurren rara vez.

En todo momento se trabajó con guantes de hule y mascarilla para prevenir posible transmisión del virus COVID-19 a los murciélagos.

F. Variables ambientales

Se midieron las variables ambientales de velocidad del viento (Km/h), humedad (%) y temperatura (°C) con la estación meteorológica portátil Kestrel (Jiménes 2019), tres

veces por cada noche de muestreo. Las horas en las que se midieron fueron a las 18:00 horas, 22:00 horas y 00:00 horas.

G. Análisis de datos

1. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó por medio del programa PAST 4 (versión 4.09) y R (2022.02.0). PAST 4 es un software de libre acceso, originalmente creado para el análisis de datos paleontológicos. Actualmente, se emplea como un medio de comprensión estadística en distintos temas científicos, económicos y de ingeniería. En análisis científicos, destacan la estadística multivariante y univariante, análisis ecológicos, análisis espaciales y análisis morfométricos (Universidad de Oslo s.f.). R, también es un software de libre acceso empleado en análisis computacionales estadísticos y técnicas de gráficos (The R Foundation s. f.).

Se determinó la diversidad alfa por medio de la riqueza y la abundancia relativa. Para la riqueza, se generará una curva de acumulación de especies con ajuste en Clench y se determinó la riqueza específica. Para la abundancia relativa, se empleó el índice de diversidad Shannon-Weiner (H') (Rivera 2014). Asimismo, se verificó el éxito de captura y el esfuerzo de captura (Roncancio & Estévez 2007).

a. Esfuerzo y éxito de captura

El esfuerzo y éxito de captura se calcularán siguiendo a Guerrero (2017). El esfuerzo de captura se calculó por medio de la fórmula

$$Em = m^2h$$

Donde m^1 son los metros de redes utilizados y h es el total de horas muestreadas. El

éxito de captura será calculado por medio de la fórmula

$$Ec = \frac{Ni}{Em} 100$$

Donde Ni es el número de individuos capturados y Em es el esfuerzo de muestreo

b. Diversidad Alfa

Este parámetro permite evaluar la diversidad de especies dentro de una comunidad. Existen dos métodos que miden la diversidad alfa, la riqueza específica (número de especies) y la abundancia relativa (basado en la estructura del ensamblaje), indicando el valor de importancia de cada especie. Se ha sugerido emplear ambos métodos en estudios basados en la diversidad de una comunidad de organismos. La riqueza específica puede ser un método mucho más sencillo que la abundancia relativa, pero esta última puede proporcionar información útil. Medir la abundancia relativa puede aportar conocimiento a la teoría ecológica para apoyarse en parámetros al momento de tomar decisiones o emitir recomendaciones en beneficio de la conservación de taxones o áreas amenazadas. También, permite monitorear el efecto de perturbaciones ambientales, identificando las

especies sensibles a cambios ambientales y que son poco comunes, lo que apoyaría en la identificación de cambios en la diversidad (Moreno 2001).

c. Curva de acumulación de especies

Determinar la cantidad de especies en un área puede ser una problemática al realizar inventarios de fauna. Es poco probable poder registrar el total de especies durante los muestreos. Sí, el tamaño de la muestra aumenta conforme el esfuerzo de trabajo, pero puede generar sesgos en los datos. Uno de estos sesgos es la época del año, ya que genera variaciones en las capturas tanto en la cantidad de muestras como en el número de especies. Una aproximación sencilla a esta problemática es por medio de las curvas de acumulación de especies, también llamadas curvas de colecta (Jiménez-Valverde & Hortal 2003).

En todo muestreo, las especies más comunes son las primeras en ser colectadas. Esto causa que la curva de acumulación sea elevada, ya que suman muchas especies en poco tiempo. Sin embargo, llega un momento en el que solo se adicionan especies “raras” o poco comunes, lo que causa que la pendiente de la curva descienda. Lo ideal es hacer a la pendiente llegar a cero. Esto significa que, en teoría, todas las especies que se encuentran en el área estudiada fueron capturadas en el tiempo establecido. No obstante, pocas veces ocurre esto debido a diversos factores, como las ampliaciones en la distribución de una especie por cambios ambientales, época en la se realizaron los muestreos y especies migratorias, ya que no son habitantes permanentes, pero importantes miembros de los inventarios de biodiversidad del lugar (Jiménez-Valverde & Hortal 2003).

d. Riqueza específica

Método más sencillo para medir la biodiversidad. Se basa únicamente en el número de especies presente en la muestra (Moreno 2001). Se debería de medir mediante un inventario completo que muestre el total de especies en una comunidad, en un tiempo y espacio puntual (Moreno 2001).

e. Abundancia relativa

La abundancia relativa es un factor que sugiere que no todas las especies de individuos en un ensamblaje, poseen la misma distribución. Índica, por medio de porcentajes, el número de individuos de cada especie que forman una comunidad y la forma cómo se distribuyen, por lo que es requerido para explicar la estructura de las comunidades (Villar 2018).

En este estudio, se empleará el índice de equidad de Shannon-Wiener, con la formula:

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

Donde p_i es la proporción de individuos capturados en i cantidad de especies (Tinajero 2017).

Este índice asume que todos los individuos capturados fueron al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Rivera 2014). Asimismo, es empleado en

estudios donde no se posee conocimiento, con certeza, el total de especies presentes en el área a estudiar (Calderón-Patrón, Briones-Salas & Moreno 2013).

f. Análisis de variables ambientales

En distintos estudios, se ha demostrado que las variables ambientales de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y fase lunar influyen en los patrones de actividad de los ensamblajes de murciélagos (Gómez 2006). Para este estudio, se tomaron en cuenta las variables ambientales mencionadas anteriormente, a excepción de la fase lunar, debido a las fechas programadas de los muestreos, durante las noches más oscuras de cada mes de trabajo, para determinar si existe una relación de estas con los patrones de actividad del ensamblaje de murciélagos presente en el área de estudio.

Para determinar si las variables ambientales influyeron en los patrones de actividad del ensamblaje, de primero se realizó una prueba de Shapiro Wilks para determinar si las variables presentaban una distribución normal (Romer-Saldaña 2016). Seguido, se realizó un análisis de correlación no paramétrico de Spearman para determinar el grado de asociación entre las variables ambientales y los índices comunitarios de abundancia relativa y riqueza específica (Martínez, Tuya, Martínez, Pérez 2009).

+

VII. Resultados

A. Composición del ensamblaje de murciélagos

En los cinco muestreos realizados, durante los meses de agosto-diciembre, se capturó un total de 57 individuos, los cuales pertenecen a 10 especies, representados en 1 familia, Phyllostomidae, y en 4 subfamilias, Carrollinae (2 especies), Desmodontinae (1 especie), Glossophaginae (3 especies) y Stenodermatinae (4 especies) (Cuadro 1). Se realizó un esfuerzo de muestreo de 8, 437 m³h, contabilizando tanto las horas de trabajo con redes de niebla como en la trampa arpa, mostrando un éxito de captura de 0.675 ind/m³h (Cuadro 2).

Cuadro 1. Especies de murciélagos capturadas en los cinco muestros realizados en los meses de agosto-diciembre del año 2021.

Familia	Subfamilia	Especie
Phyllostomidae	Carrollinae	<i>Carollia perspicillata</i>
		<i>Carollia sowelli</i>
	Desmodontinae	<i>Diphylla ecaudata</i>
	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>
		<i>Glossophaga commissarisi</i>
		<i>Glossophaga soricina</i>
	Stenodermatinae	<i>Artibeus lituratus</i>
		<i>Artibeus jamaicensis</i>
		<i>Dermanura tolteca</i>
		<i>Sturnira hondurensis</i>

Las especies más abundantes durante los muestreos fueron *S. hondurensis* y *C. perspicillata*, con un total 25 y 14 individuos, respectivamente, mostrando una abundancia relativa de 43.9% y 24.6%. Por otro lado, se capturaron 4 individuos de *A. jamaicensis* (7.02%), 3 individuos de *A. lituratus* (5.26%), *C. soricina* (5.26%) y *A. geoffroyi* (5.26%) y 2 individuos de *D. tolteca* (3.51%). Las especies menos abundantes, en relación al esfuerzo de muestreo realizado, son *D. ecaudata* (1.75%), *G. commissarisi* (1.75%) y *C. sowelli* (1.75%). La mayoría de las especies observadas durante los muestreos, son consideradas especies muy comunes (Figura 11).

Cuadro 2. Abundancia absoluta y relativa de las especies capturadas en la finca “Sac Wach Já” durante agosto-diciembre del año 2021.

Especie	Abundancia	Abundancia relativa (%)
<i>Anoura geoffroyi</i>	3	5.26
<i>Artibeus jamaicensis</i>	4	7.02
<i>Artibeus lituratus</i>	3	5.26
<i>Carollia perspicillata</i>	14	24.6
<i>Carollia sowelli</i>	1	1.75
<i>Dermanura tolteca</i>	2	3.51
<i>Diphylla ecaudata</i>	1	1.75
<i>Glossophaga commissarisi</i>	1	1.75
<i>Glossophaga soricina</i>	3	5.26
<i>Sturnira hondurensis</i>	25	43.9
Total	57	100

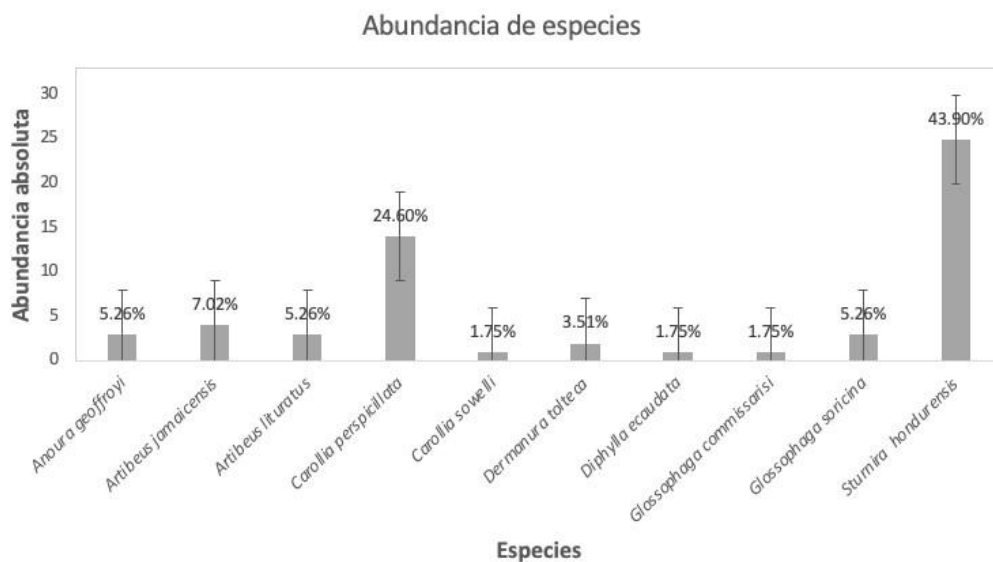


Figura 9. Abundancia absoluta y relativa de las diez especies de murciélagos registradas en la finca “Sac Wach Já” entre los meses de agosto-diciembre del año 2021.

B. Esfuerzo de muestreo y éxito de captura

Cuadro 3. Esfuerzo de muestreo y éxito de captura total realizados durante los meses de agosto-diciembre en el muestro en la finca “Sac Wach Já”

Número de noches de muestreo	15
Horas totales de muestreo	125
Metros cuadrados de redes (m^2)	67.5
Individuos capturados	57
Esfuerzo de muestreo ($m^2 h$)	8,437
Éxito de captura ($ind/m^2 h$)	0.675

El éxito de captura por mes de la finca “Sac Wach Já”, mostró valores muy distintos durante los muestreos. En los meses de agosto (1.7010) y septiembre (0.687), se obtuvieron los valor más altos. Sin embargo, se observó una disminución drástica en el éxito de captura a finales del muestreo, en el mes de diciembre (0.2116).

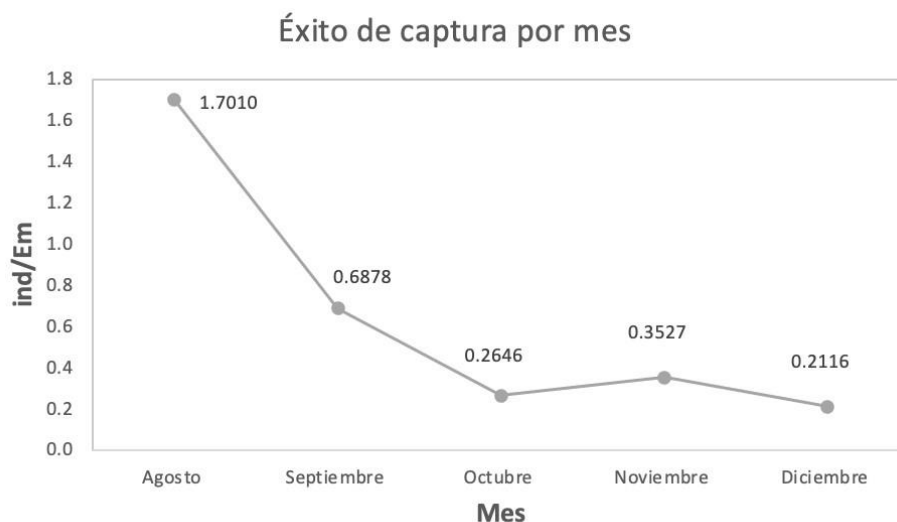


Figura 10. Éxito de captura por mes en la finca “Sac Wach Já” durante los muestreos realizados en agosto-diciembre del año 2021 ($Em = m \cdot h$).

La curva de acumulación de especies, muestra que se alcanzó la asintota de la misma. Considerando el estimador no paramétrico para máxima diversidad, Chao 2, obtenido mediante PAST 4 (versión 4.09), el número de especies esperados en la comunidad equivale a 10.54. Este valor muestra que el esfuerzo de muestreo realizado fue suficiente para alcanzar la asíntota de la curva, ya que el número de especies capturadas fue de 10.

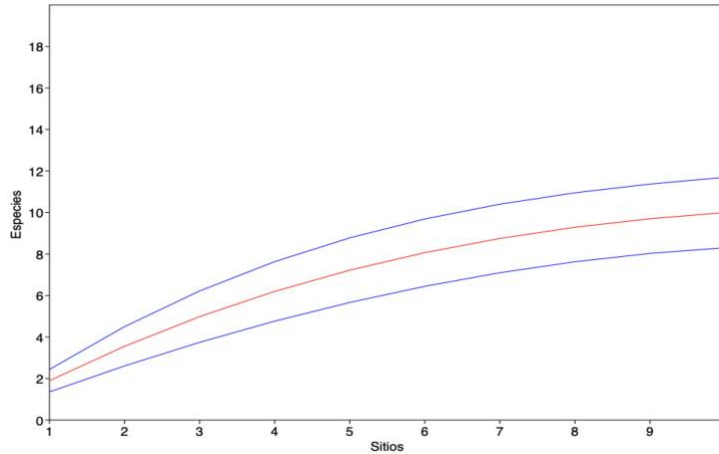


Figura 11. Curva de acumulación de especies con el modelo Mao – Tau, de las especies observadas en la finca “Sac Wach Já” en los meses de agosto-diciembre del año 2021, obtenida por medio del programa PAST 4 (versión 4.09). Los intervalos de confianza (95%) superior e inferior, están representados en azul.

Al analizar el número de capturas realizadas por la hora, se observó que la actividad de los murciélagos en la finca “Sac Wach Já”, presenta un pico de mayor actividad de 20:30 a 21:00 horas con 18 individuos capturados. Ocurre otro pico de menor actividad entre las 22:00 y las 22:30 horas, con 13 capturas. Por último las 19:30 horas y 00:00 horas, se pueden observar dos pequeños picos de mucha menor actividad, con un total de 8 y 6 capturas, respectivamente.

C. Patrones de actividad nocturna



Figura 12. Patrón actividad de los murciélagos en la finca “Sac Wach Já” en relación al número de individuos totales capturados por hora.

El patrón de actividad nocturna de *S. hondurensis* muestra actividad durante toda la noche, posiblemente un patrón unimodal, con varios picos de actividad pasadas las primeras horas. Asimismo se registran varios períodos de inactividad.

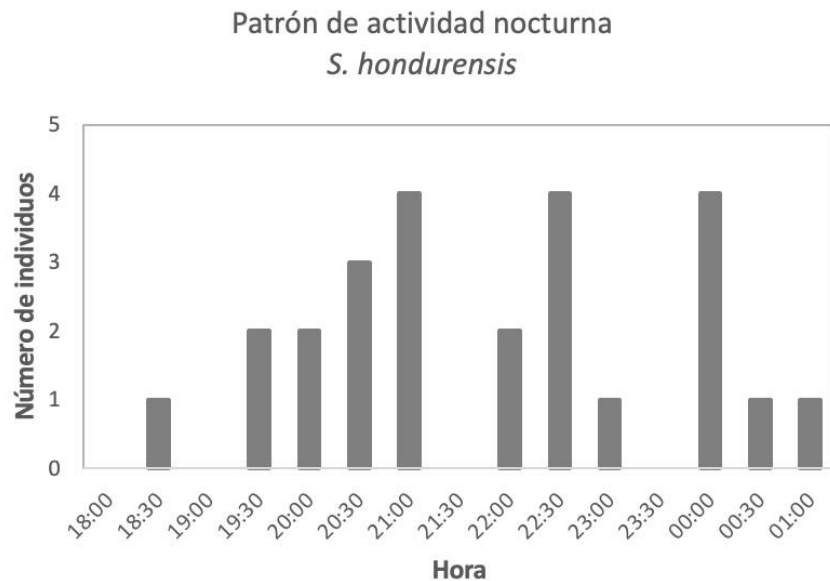


Figura 13. Patrón de actividad nocturna de *S. hondurensis* en la finca “Sac Wach Já”.

Al analizar el patrón de actividad nocturna por estado de desarrollo de *S. hondurensis* se observa que las hembras preñadas fueron capturadas en el mismo horario y sin la captura de individuos en otro estado de desarrollo. Las hembras no reproductivas, presentaron un patrón de actividad más extenso, con capturas desde las primeras horas de muestreo hasta las últimas. Los juveniles fueron capturados. Los juveniles fueron capturados en distintos horarios.

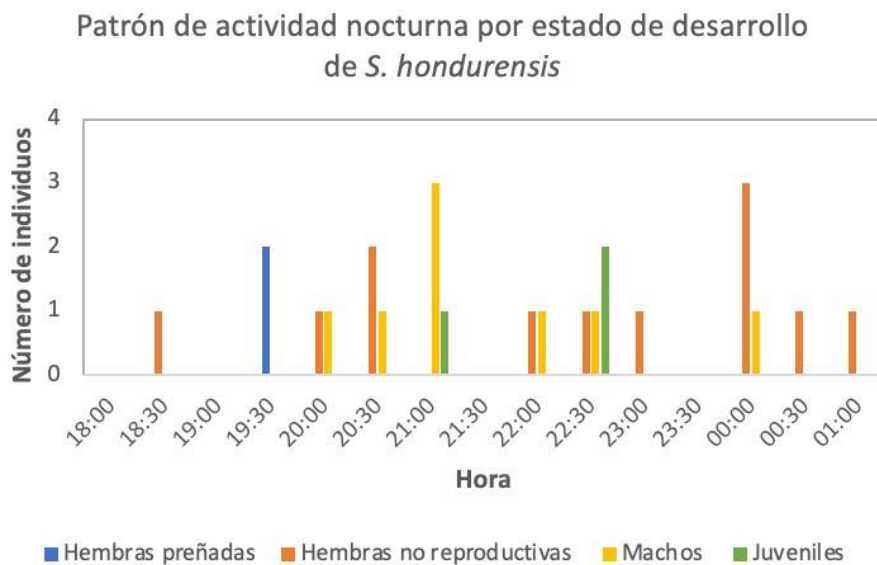


Figura 14. Patrón de actividad nocturna por estado de desarrollo de *S. hondurensis* en la finca “Sac Wach Já”.

El patrón de actividad nocturna de *C. perspicillata* muestra mayor actividad en las primeras cinco horas del muestreo, reflejando un patrón unimodal. Se registraron varios períodos de inactividad.



Figura 15. Patrón de actividad nocturna de *C. perspicillata* en la finca “Sac Wach Já”.

Al analizar el patrón de actividad nocturna por estado de desarrollo de *C. perspicillata* se observa que las hembras preñadas presentan un patrón de actividad más extenso, a comparación los demás estados de desarrollo. Solo se capturó una hembra no reproductiva durante el estudio. Los juveniles fueron capturados en el mismo horario.

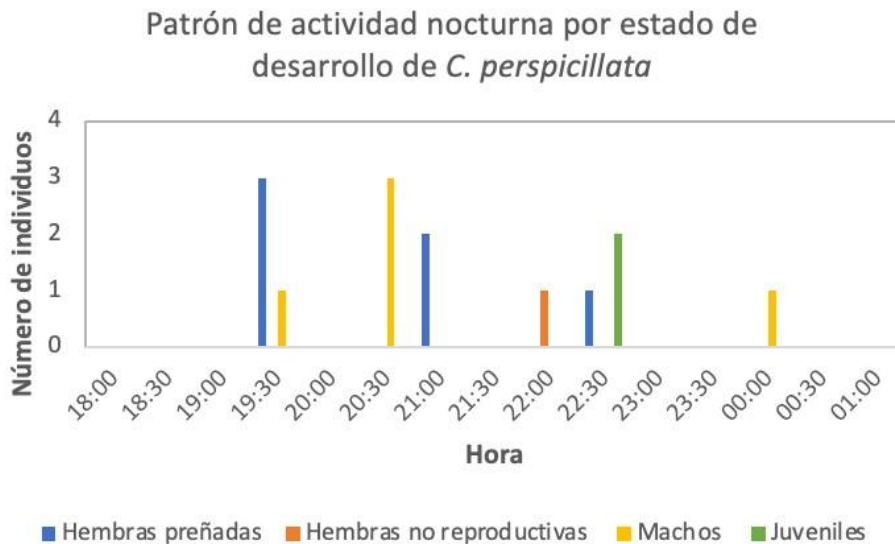


Figura 16. Patrón de actividad nocturna por estado de desarrollo de *C. perspicillata* en la finca “Sac Wach Já”.

A. jamaicensis, no mostró actividad durante las primeras horas del muestreo y se observa un período de inactividad muy extenso.



Figura 17. Patrón de actividad nocturna de *A. jamaicensis* en la finca “Sac Wach Já”. *A. lituratus* presenta un período de actividad a mitad del muestreo con pequeños intervalos de inactividad.

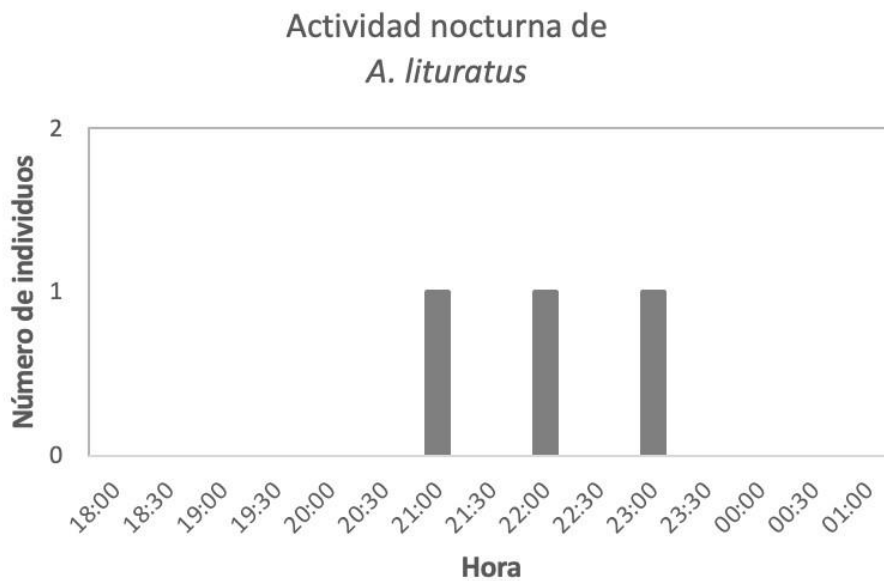


Figura 18. Patrón de actividad nocturna de *A. lituratus* en la finca “Sac Wach Já”.

Los dos individuos de *D. tolteca* fueron capturados en distintos horarios, pero durante las primeras horas de la noche.

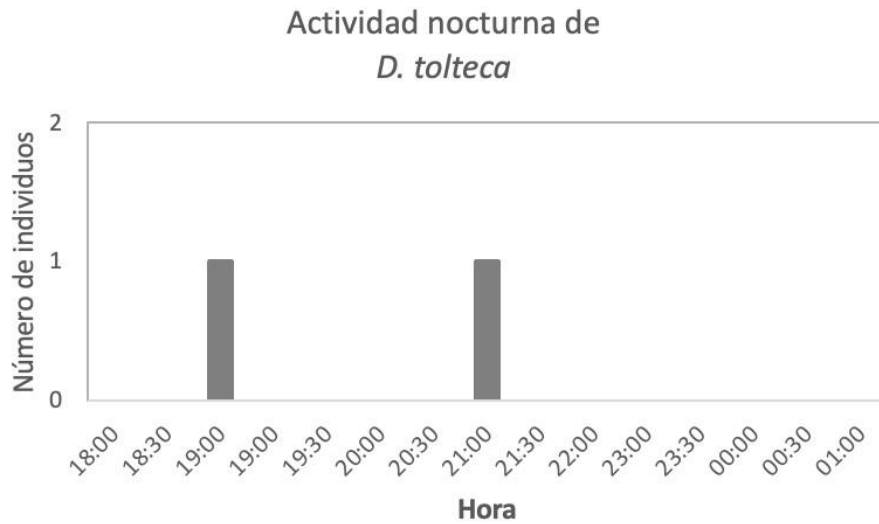


Figura 19. Patrón de actividad nocturna de *D. tolteca* en la finca “Sac Wach Já”.

Los tres individuos de *G. soricina* fueron capturados en distintos horarios, durante las primeras horas de la noche y en las últimas horas, mostrando un posible patrón bimodal.

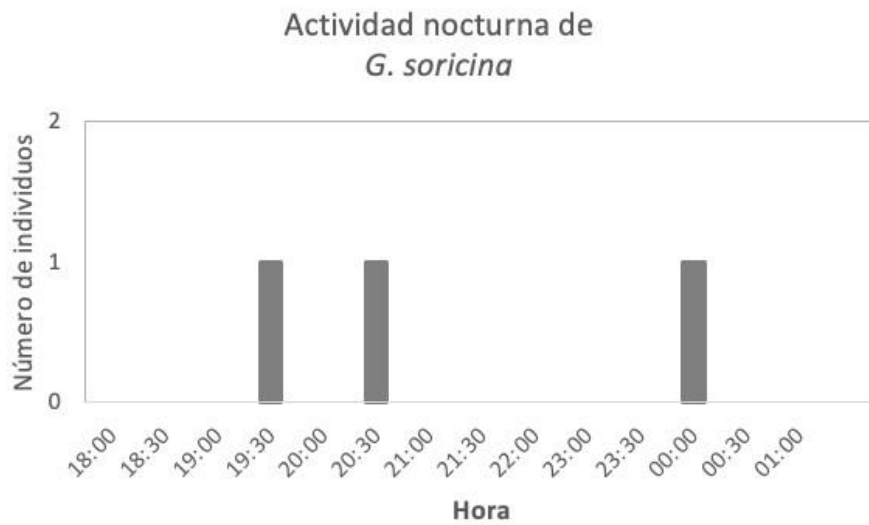


Figura 20. Patrón de actividad nocturna de *G. soricina* en la finca “Sac Wach Já”.

Los tres individuos de *A. geoffroyi* fueron capturados en distintos horarios, durante las primeras horas de la noche y en las últimas horas, mostrando un posible patrón bimodal.

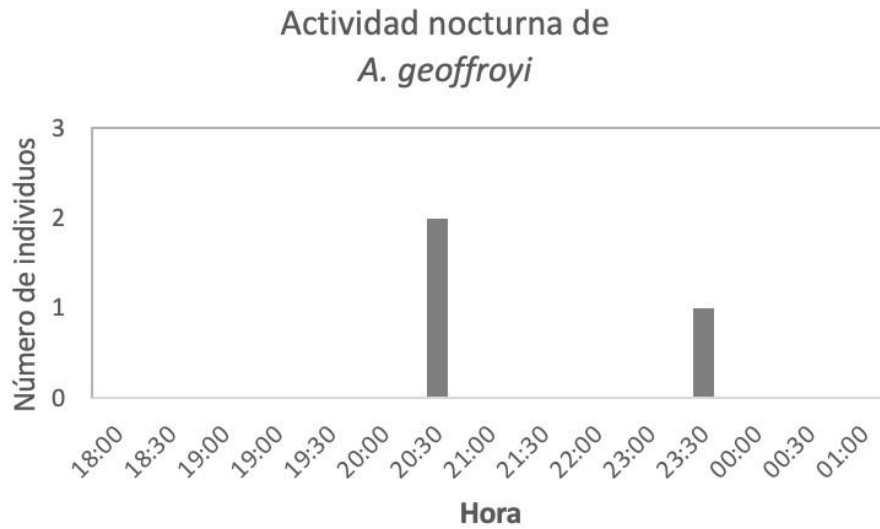


Figura 21. Patrón de actividad nocturna de *A. geoffroyi* en la finca “Sac Wach Já”.

D. Capturas por sexo

La cantidad de individuos pertenecientes a un sexo, por mes de muestreo, mostró que las capturas de hembras fueron mayores en la mayoría de los meses, a excepción del mes de agosto, en el que se registraron más individuos machos.

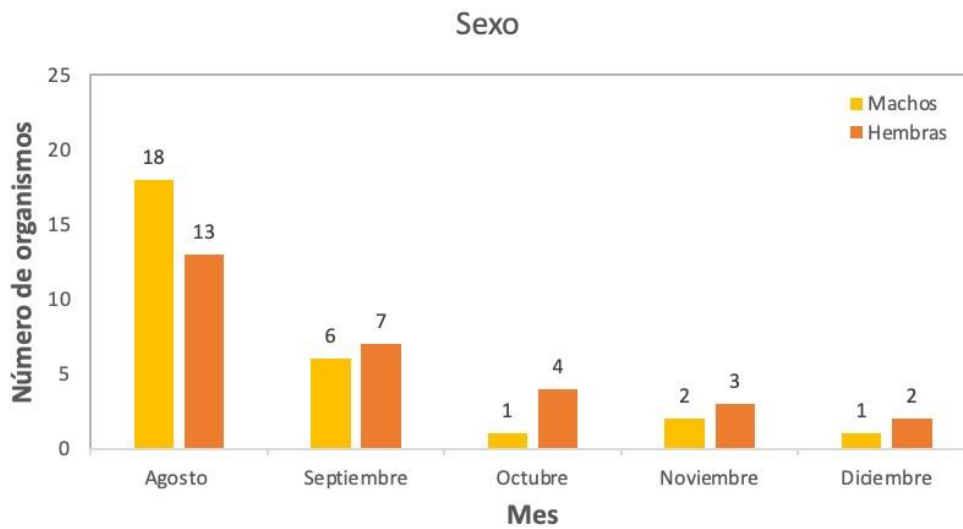


Figura 22. Sexo de los murciélagos capturados por mes en la finca “Sac Wach Já” durante los muestreos realizados en agosto-diciembre del año 2021.

E. Patrón reproductivo

Al examinar el estado de desarrollo de los individuos capturados por mes, se observó que en todos los meses de muestreo, los individuos no reproductivos fueron los más abundantes. Únicamente, se capturaron hembras preñadas en el mes de agosto, representando el 38.7% del total de murciélagos colectados durante el mes. En los meses de agosto, septiembre y octubre, se capturaron juveniles, representando el 9.7%, 7.7% y 40% del total de la muestra por mes.



Figura 23. Estado de desarrollo y proporción de los murciélagos capturados, por mes, en la finca “Sac Wach Já” durante los muestreos realizados en agostodiciembre del año 2021.

Al analizar los datos del mes de agosto, se observó la captura de individuos pertenecientes a 8 especies. Se registraron hembras preñadas distribuidas en 5 especies. En las 3 especies que no se capturaron hembras preñadas, la muestra consistió únicamente de machos. Del total de hembras capturadas en el mes, solo 1 no estaba preñada. La mayoría de hembras preñadas pertenecieron a *C. perspicillata*.

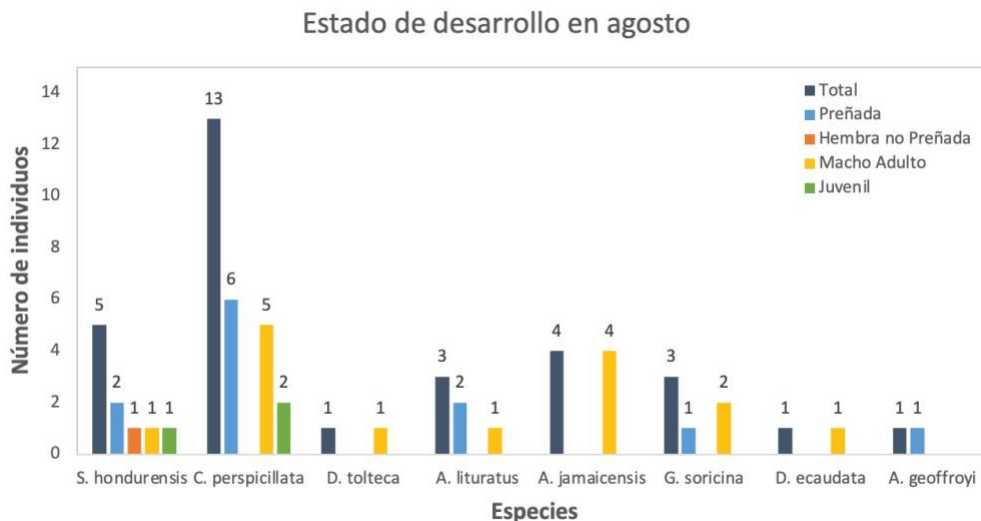


Figura 24. Estado de desarrollo de los murciélagos capturados durante el mes de agosto en la finca “Sac Wach Já” del año 2021.

F. Análisis de las variables ambientales

Los valores promedios de temperatura por mes , indican que en agosto se registraron las temperaturas más cálidas (19.9°C) y en noviembre las más frías (15.1°C). En cuanto a la humedad, se observa que en agosto se registró el promedio más bajo de humedad (87.7%) y en septiembre el más alto (95.2). Los valores de velocidad del viento durante todos los muestreos fue de 0.0 Km/h.

Cuadro 4. Valores promedio de las variables ambientales registradas durante agostodiciembre del año 2021.

Mes	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (Km/h)
Agosto	19.9	87.7	0.0
Septiembre	18.9	95.2	0.0
Octubre	18.9	91.5	0.0
Noviembre	15.1	93.2	0.0
Diciembre	17.2	94.3	0.0

El análisis de correlación de Spearman entre las humedad y la riqueza de murciélagos mostró una correlación negativa no significativa ($p=-0.322$, $r^2=0.104$). En cambio, para la temperatura, la correlación fue positiva, pero igualmente no significativa ($p=0.222$, $r^2=0.049$).

Cuadro 5. Coeficiente de las variables ambientales y la riqueza de murciélagos en la finca “Sac Wach Já”.

	Velocidad del Viento (Km/h)	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)
Coeficiente de correlación de Spearman (p)	---	-0.322	0.222
Coeficiente de determinación	---	0.104	0.049

El análisis de **correlación** de Spearman entre las humedad y la abundancia de murciélagos mostró una correlación negativa no significativa ($p=-0.288$, $r^2=0.083$). En cambio, para la temperatura, la correlación fue positiva, pero igualmente no significativa ($p=0.237$, $r^2=0.056$).



Cuadro 6. Relación de las variables ambientales y la abundancia de murciélagos en la finca “Sac Wach Já”

	Velocidad del Viento (Km/h)	Humedad (%)	Temperatura (°C)
Coefficiente de correlación de Spearman (p)	---	-0.288	0.237
Coefficiente de determinación	---	0.083	0.056

G. Análisis de agrupamiento jerárquico

El análisis de agrupamiento jerárquico, muestra que los sitios de muestreo se dividen en 2 conglomerados. El primero, está compuesto por 7 sitios de muestreo, con un valor de 0.33 y posee un subgrupo de 5 sitios con un valor de 1.00. El segundo conglomerado está compuesto por 3 sitios, con un valor de 0.33.

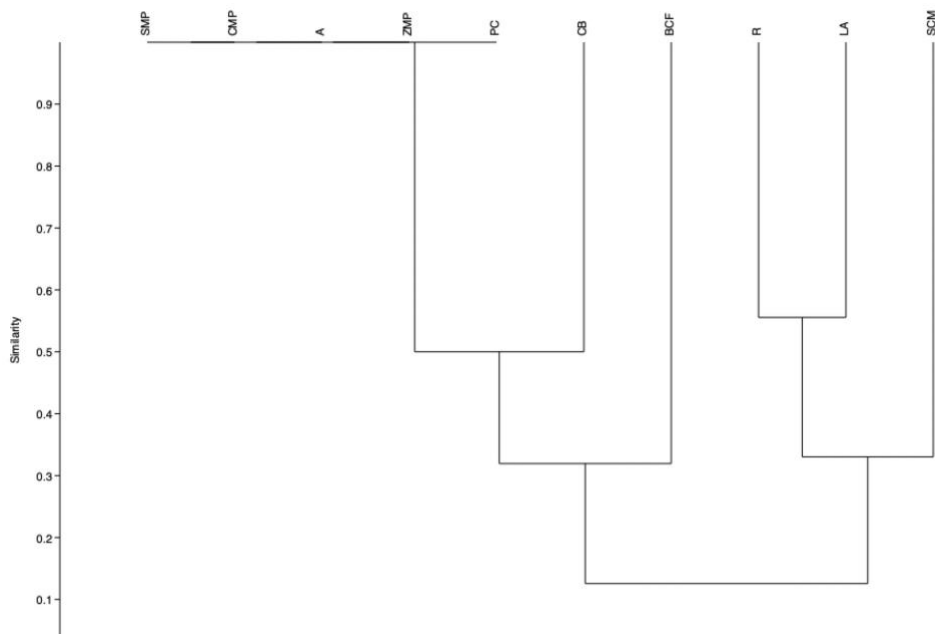


Figura 25. Dendrograma basado en los sitios de muestreo en la finca “Sac Wach Já”. La similitud es obtenida mediante el índice de Jaccard, mediante el programa PAST 4 (versión 4.09). SMP: Sendero a Montaña *Peromyscus*; CMP: Cima en Montaña *Peromyscus*; A: Antena; ZMP: Zigúan a la par Montaña *Peromyscus*; PC: Bosque a la par de Plantación de Cardamomo; CB1: Calle a Bosque; BCF: Barranco por casa Felipe; R: Rancho; LA: Laguna de *Agalychnis*; SCM: Sendero Cueva Montaña.

VIII. Discusión de resultados

A. Composición del ensamblaje de murciélagos

En la finca “Sac Wach Já” coexisten, al menos, 10 especies de murciélagos, las cuales representan el 10% del total de especies reportadas para Guatemala (Kraker *et al.* 2016). Cabe mencionar que, por la técnica de muestreo establecida para el estudio, centrándose únicamente en especies de sotobosque, este análisis es una visión parcial de la comunidad de murciélagos en el área de estudio (Guerrero, 2017). El índice de diversidad de Shannon fue de $H' = 1.767$, lo que indica una baja diversidad de especies en el área de estudio. Por otro lado, el índice de dominancia de Simpson fue de $D = 0.745$, lo que demuestra una alta dominancia (Moreno 2001).

De los 57 individuos capturados, la familia Phyllostomidae fue la única representada (Cuadro 2). La alta presencia de esta familia, concuerda con su alta diversidad reportada para zonas neotropicales (Fleming 1986). Al haber capturado solo especies pertenecientes a esta familia, no es de sorprender dado que es una de las familias de mamíferos más amplia en el mundo (Trujillo 2013). De la distribución de especies observadas en las subfamilias, 2 especies pertenecen a Carrollinae, representando el 20% del total de especies capturadas, 3 especies a Glossophaginae (30%), 4 especies a Stenodermatinae (40%) y una sola especie a Desmodontinae (10%).

Stenodermatinae es la subfamilia con mayor representación y abundancia en el ensamblaje. Es una subfamilia muy común de observar en habitats fragmentados, debido a su hábito de forrajeo y su alimentación basada en vegetación secundaria (Durán & Perez 2015; Guerrero 2017). Por otro lado, *S. hondurensis* fue la especie con mayor capturas (25 individuos) y con una abundancia relativa de 43.9% (Figura 11). Es una especie muy común en bosques nubosos y al ser una especie con un amplio nicho alimenticio de frutos, su abundancia puede ser elevada en los ensamblajes (Hernández, Ortega & León 2019).

La segunda subfamilia más abundante es Carrollinae, ya que, con un total de 14 capturas y una abundancia relativa de 24.6%, *C. perspicillata* fue la segunda especie más capturada durante los muestreos realizados. Se ha reportado que es una de las especies más comunes en regiones neotropicales, junto con el género *Artibeus* sp. (Cloutier, 1992; Martínez 2010).

Por otro lado, *A. jamaicensis*, la tercera especie más capturada (4 ejemplares) con una abundancia relativa de 7.02%, también está distribuida en esta familia. Esta especie se caracteriza por recorrer extensas distancia para encontrar alimento. Es generalista y se alimenta de frutos tanto en bosques primarios como secundarios (Marinho 1991; Plasencia *et al.* 2020; Martínez 2010). Glossophaginae posee una representación del 30% en el ensamblaje. No obstante, de las 3 especies observadas, el total de individuos capturados fue de 7, lo que indica que su abundancia es muy baja (12.27%). La subfamilia menos abundante es Desmodontinae, ya que solo se capturó una especie (10%), con un solo ejemplar (1.75%).

La composición de los ensamblajes de murciélagos, se basan, por lo general, en 3 categorías, las especies muy comunes, especies intermedias y especies poco comunes (Fleming 1986; Trujillo 2013). Para la comunidad de murciélagos analizada, este patrón

fue observado. Las especies comunes fueron *S. hondurensis* y *C. perspicillata*. Las especies intermedias fueron *A. jamaicensis*, *A. lituratus*, *D. tolteca* y *A. geoffroyi* y las poco comunes fueron *G. commissarisi*, *C. sowellii*, *G. soricina* y *D. ecaudata*. La especie *C. sowellii* se conoce por ser una especie común de observar (Trujillo 2013). Sin embargo, solo se capturó un individuo.

Se ha reportado que tanto *C. sowellii* como *C. perspicillata* poseen distribuciones geográficas en común y mantienen interacciones competitivas, lo que causa que *C. sowellii* pueda presentar una dieta alimenticia más diversa, así disminuir la competencia por alimento y no desaparecer en el área (Kraker 2008). El género *Carollia* se conoce por presentar un mayor consumo de plantas del género *Piper* y *Solanum* (Maguiña, Amanzo & Huamán, 2012; Ríos & Pérez 2015). En la finca “Sac Wach Já”, el género *Piper* es muy común de observar, lo que se relaciona con la alta abundancia de *C. perspicillata*. Esta especie podría estar generando presión en el nicho alimenticio del género, disminuyendo la cantidad de alimento disponible y causando una disminución en la abundancia de *C. sowellii*.

Con respecto a *A. jamaicensis* y *A. lituratus*, ambas especies se caracterizan por ser muy comunes en los ensamblajes de murciélagos en zonas neotropicales donde abundan plantas del género *Ficus* y *Cecropia* (Fleming 1986). En la finca “Sac Wach Já” ambas especies son abundantes. Inclusive, uno de los individuos capturados de *A. lituratus* llevaba consigo un fruto de *Ficus* sp. Sin embargo, ambas especies se alimentan en el dosel (Morrison 1978), lo que puede indicar porque se capturaron menos individuos de estas especies, a comparación de *S. hondurensis* y *C. perspicillata*, las cuales se alimentan, por lo regular, en el sotobosque (Fleming 1988).

Adicionalmente, un individuo de *D. ecaudata* fue capturado en el área de estudio. Para Guatemala, es una de las dos especies de murciélagos hematofagos registradas (Kraker *et al.* 2016). Se caracteriza por su dieta especializada en sangre de aves, a diferencia de *D. rotundus*, la cual se alimenta de sangre de mamíferos. Sin embargo, se ha registrado que puede alimentarse de sangre de mamíferos, en ausencia de sus presas regulares. Es una especie considerada rara de observar (Scheffer *et al.* 2015). Se tiene registro de esta especie en el Biotopo Universitario El Zotz, Parque Nacional Laguna del Tigre, Reserva de Biósfera Maya (Petén), Alta Verapaz, entre otros. Su rango altitudinal alcanza los 1200 msnm (Lorenzo, Kraker, Bolaños 2015), sin embargo, este individuo fue capturado a 1324 msnm.

En el municipio de San Cristóbal Verapaz, las actividades pecuarias de producción de ganado bovino, porcino y la producción avícola de patos, pollos y pavos, representan el 0.66% y el 0.34% de los ingresos en el municipio. La actividad que más ingresos genera, es la agrícola (Calderón 2009). La especie *D. rotundus*, está relacionada a zonas ganaderas y potreros (Bolívar *et al.* 2019), una actividad que se realiza muy poco en zonas cercanas al área de estudio y que podría explicar la ausencia de la especie en el ensamblaje. No obstante, la presencia de pavos, gallinas y patos domésticos es elevada, lo que puede indicar la presencia de *D. ecaudata* en el ensamblaje.

Por último, cabe mencionar no se recapturó ninguno de los murciélagos marcados en los 5 meses del estudio.

B. Curva de acumulación de especies

El éxito de captura durante el estudio fue de $0.675 \text{ ind}/\text{m}^2\text{h}$ (Cuadro 2). Sin embargo, este varió entre los meses de agosto-diciembre (Figura 12). En el mes de agosto se registró el mayor éxito de captura ($E_c = 1.7010$) y se observó una disminución drástica hasta alcanzar el valor más bajo en el mes de diciembre ($E_c = 0.2116$). Por otro lado, el esfuerzo de muestreo total, incluyendo las horas trabajadas con redes de niebla y trampa arpa en el estudio, fue de $8,437 \text{ m}^2\text{h}$ (Cuadro 2). Al realizar la curva de acumulación de especies (Figura 13), se observa que se alcanzó la asíntota de la curva, lo que indica que el esfuerzo de muestreo fue el necesario, ya que se asume que se capturó el 90% de las especies estimadas para el ensamblaje (Moreno & Halffter 2000; Leal 2018).

Al analizar los estimadores no paramétricos generados por el programa PAST 4 (versión 4.09), el índice de Chao 2 ($\text{Chao } 2 = 10.54$) predice que hace falta una especie por capturar, mientras que el estimador de Bootstrap ($\text{Bootstrap} = 11.50$), estima que hacen falta 2 especies de las 10 registradas.

Existen dos estimadores Chao. Chao 1, el cual se basa en los datos de abundancia, o bien, en la proporción de especies, representadas por su abundancia. Esto indica que, al aumentar la abundancia de una especie, aumenta la riqueza (Moreno 2001; Mugaran 2004; Bautista, Pulido & Monks 2013). Chao 2 se basa en la incidencia de las especies y se puede emplear en muestras pequeñas, ya que es el estimador menos sesgado cuando no se poseen tantos datos (Moreno 2001; Bautista, Pulido & Monks 2013). Por otro lado, el índice de Bootstrap es uno de los estimadores menos variables. No sobreestima la riqueza aunque la frecuencia de ciertas especies raras sea alta, sin embargo, sí trabaja menor cuando hay presencia de las mismas (Poulin 1998; Bautista, Pulido & Monks 2013). Cabe mencionar que Moreno 2001, indica que puede ser un estimador menos preciso que Chao 2 y Jackknife.

Jackknife es el tercer método no paramétrico para estimar riqueza. Jackknife de primer orden (jackknife 1) toma en cuenta el número de especies en una muestra. Jackknife de segundo orden (Jackknife 2), se basa en la cantidad de especies en una como en dos muestras (Moreno 2001). Al comparar los estimadores Jackknife, tanto de primer orden (Jackknife 1), como Jackknife de segundo orden (Jackknife 2), se observa que estos pueden que sobreestimen la riqueza de un área. Ambos estimadores indican que hacen falta 3 especies por capturar (Jackknife 1 = 12) (Jackknife 2 = 12.25).

Con base en lo anterior discutido, cabe mencionar que se debe de tomar en cuenta que existe sesgo en la captura de especies por utilizar un solo método de muestreo, ya que existen especies que vuelan sobre el dosel del bosque, así como especies que pueden detectar las redes de niebla (Medellín Equihua & Amín 2000; Moreno & Halffter 2000; Leal 2018). El utilizar redes de niebla proporciona una visión bastante amplia de la estructura del ensamblaje, pero al ser una técnica que genera buenos resultados de captura en la familia Phyllostomidae, la captura de individuos distribuidos en familias como Vespertilionidae, no es óptima (Aguirre 2007; Lutz 2013).

Por último, aunque se realice un esfuerzo de muestreo elevado, realizar un inventario de comunidades de murciélagos puede no incluir todas las especies presentes en la zona debido a factores como la temporada en la que se realiza el estudio y los factores

ambientales durante los muestreos (Kalko & Handley 2001; Santos-Moreno, Ruiz & Sánchez 2010; Bernard y Fenton 2002; Estrada-Villegas *et al.* 2010; Lutz, 2013).

C. Patrones de actividad nocturna del ensamblaje de murciélagos

La actividad nocturna de los murciélagos se describe como el número de individuos capturados de una especie, en diferentes intervalos de la noche (Sampedro *et al.* 2007). Este factor ha sido una de las razones por la que son uno de los grupos de mamíferos más exitosos. Al realizar sus actividades en la noche, les permite evadir depredadores diurnos como aves de presa, evitar temperaturas elevadas y ocupar un nicho aéreo vacío por la falta de aves presentes durante la noche (Welbergen 2006; Voigt & Lewanzik 2011; Graco *et al.* 2017).

Se pueden evidenciar distintos picos de actividad durante la noche, dependiendo de la especie, por lo que puede que no exista un patrón de actividad generalizado en los ensamblajes de murciélagos (Brown 1968; Vásquez, García & Machado 2017). Al analizar la hora en la que los individuos, en la finca “Sac Wach Já” fueron capturados, se determinó que el ensamblaje muestra dos patrones de actividad marcados (Figura 14). El mayor pico de actividad ocurre entre las 20:30 y las 21:00 horas, con 18 individuos capturados. El segundo pico de actividad sucede entre las 22:00 y las 22:30 horas, con 13 capturas. Además, se producen dos pequeños picos de actividad a las 19:30 y a las 00:00 horas en donde se capturaron 8 y 6 individuos.

Adicionalmente, se ha evidenciado que las especies pueden presentar dos tipos de patrones de actividad, unimodal y bimodal. En algunas ocasiones puede que no se presente un patrón definido (Weinbeer 2006; Sampedro *et al.* 2007; Vásquez, García & Machado 2017). Para las especies insectívoras, se ha determinado que la mayoría presentan un patrón bimodal, en el que cazan en las últimas horas del atardecer/primeras horas de noche y en las últimas horas, antes del amanecer (Rodríguez & Lewis 1987). Las especies con alimento constante durante toda la noche, presentan un patrón de actividad unimodal y sin picos de actividad muy marcados, como puede ser el caso de especies frugívoras. Este patrón puede variar dependiendo de la época y de la cantidad de alimento disponible (Fenton & Kunz 1977; Kalko *et al.* 1999). Por otro lado, el tamaño corporal, las estrategias de forrajeo y las condiciones ambientales, también pueden determinar los patrones de actividad de cada especie (Weinbeer *et al.* 2006; Erickson & West 2002).

Un factor muy estudiado que afecta los patrones de actividad de los murciélagos, es la luz lunar (Gannon & Willig 1997; Presley *et al.*, 2009; Santos-Moreno, Ruiz & Sánchez 2010). Sin embargo, los muestreos realizados entre agosto y diciembre fueron llevados a cabo durante las noches más oscuras de cada mes, por lo que no es un factor que influyó en los patrones de actividad registrados.

Con base en lo anterior y dada la poca cantidad de datos para cada especie, solamente se pudo generar un potencial patrón nocturno de actividad de *S. hondurensis* (Figura 15) y *C. perspicillata* (Figura 17). Esto se debe a que los análisis de patrones de actividad, con tan pocos individuos, no son confiables. No se puede determinar comportamientos comunitarios en base a unos cuantos individuos, ya que pueden ser horas de captura accidentales o atípicas (Erkbert, 1978; Esbérard & Bergallo 2010; Serrano 2017). Para *S. hondurensis*, se registraron individuos durante toda la noche, con picos de abundancia al transcurrir las horas y pequeños intervalos de inactividad. *C.*

perspicillata mostró un pico de actividad mayor en las primeras cinco horas de la noche. Luego, la actividad disminuyó drásticamente. Para ambas especies, se observa un posible patrón unimodal, el cual está reportado en otros estudios (Fenton & Kunz 1977; Kalko *et al.* 1999).

Al analizar los patrones de actividad nocturnos por etapa de vida, se observa que en *S. hondurensis*, las hembras preñadas (n=2) fueron capturadas en el mismo horario y a temprana hora. No obstante, al tener solo dos capturas, su patrón de actividad no es muy confiable. Por el otro lado, Las hembras no reproductivas (n=13) presentaron un rango de actividad mayor a los machos (n=8) (Figura 16). Para *C. perspicillata*, el período de actividad de las hembras preñadas (n=5) y de los machos (n=5) fue más largo. Solo se capturó una hembra no reproductiva de *C. perspicillata*, por lo que no (Figura 18). se puede deducir ningún patrón diferenciado entre hembras preñadas y no reproductivas La mayor captura de juveniles para ambas especies ocurrió en la misma hora (22:30 horas), pero al tener tan pocos individuos juveniles, el patrón de actividad es poco fiable.

Al examinar las horas de captura de *A. jamaicensis* (Figura 19) y *A.* (Figura 20), se observa que ninguna de las especies mostró actividad durante las primeras horas de la noche. Este patrón lo presentan algunas especies de la subfamilia Stenodermatinae (Morrison 1978; Bernard 2002). Sin embargo, se ha reportado que *A. lituratus*, al ser la especie más grande del género, puede ser capturado durante todo el transcurso de la noche, ya que necesita suplir sus altas demandas energéticas, aumentando el período de forrajeo (Esbérard & Bergallo 2008). Por otro lado, en un estudio realizado en Costa Rica, se observó que *A. jamaicensis* presenta un patrón bimodal, con un pico de actividad pasadas las primeras horas de la noche y otro en las últimas horas (LaVal 1970).

Se ha registrado que el patrón de actividad nocturno de *D. tolteca* también es bimodal, con poca actividad en las primeras horas (Fenton & Kunz 1977; Garcia 2007). Sin embargo, Una de las dos capturas durante el estudio, ocurrió durante este período (19:30 horas) (Figura 21) Como se mencionó anteriormente, los patrones de actividad pueden ser afectados por la época del año (Fenton & Kunz 1977; Kalko *et al.* 1999) y al haber realizado los muestreos en una de las épocas más frías, las temperaturas bajas podrían haber causado que algunos individuos de esta especie salieran de sus refugios en las horas más templadas.

Por otro lado, las especies nectarívoras presentan un patrón de actividad bimodal, con actividad en las primeras y en las últimas horas de la noche (LaVal 1970). Al alimentarse del néctar de las flores durante las primeras horas de la noche, estas tienen un período de varias horas para producir una segunda cantidad de néctar y así los murciélagos puedan alimentarse de nuevo antes del amanecer (Heithaus, Fleming & Opler 1975). En base a lo anterior y de acuerdo a las dos especies nectarívoras capturadas con mayor número de individuos, las cuales fueron *G. soricina* (n=3) (Figura 22) y *A. geoffroyi* (n=3) (Figura 23), se observó que los horarios de captura fueron similares. Los 6 individuos se distribuyeron con un período de actividad en las primeras horas de la noche, seguido de un período de inactividad y un segundo período de actividad entre las 00:00 horas, mostrando un posible patrón bimodal.

Para *G. commissarisi* (20:30 horas) *C. sowellii* (18:30 horas) y *D. ecaudata* (19:30 horas), no se pudo determinar ningún posible patrón de actividad, ya que solo se capturó un individuo de cada especie.

Cabe mencionar que el estudio se realizó en la época lluviosa y principios de la época seca, temporadas en las que la disponibilidad de alimento es alta, por lo que este factor no influyó en los patrones de actividad observados.

D. Capturas por sexo y patrón reproductivo

La cantidad de machos y hembras en una comunidad, puede determinar la estructura social de la misma. Se ha reportado que en muchas especies de filostómidos, los harems o grupos constituidos por varias hembras y un macho, son comunes (Timm 1987; Brandbury 1977). Por lo regular, las poblaciones de murciélagos filostómidos en cuevas, están compuestas por una mayor cantidad de hembras, debido al sistema poligínico estable que forman (Kunz 1982; Altringham 1996). De los 57 individuos capturados, 28 fueron machos y 29 hembras, por lo que no hay una diferencia marcada en la abundancia de un solo sexo. Esto se ha reportado en otros estudios y está asociado con la formación de harems en sitios de descanso, o bien, “dormideros” formados con hojas. Estos sitios para descansar, si bien, pueden ser usados durante varios días, no son permanentes (Timm 1987). Lo mismo sucede con los harems que los utilizan, haciendo que la lealtad hacia estos sitios sea menor y que la organización social no sea estable (Fleming *et al.* 1972; Kunz, *et al.* 1983; Wilson 1979).

Al analizar las capturas por mes y por sexo, se observó una mayor captura de hembras por mes, a excepción de (Figura 24). Lo cual podría estar relacionado con la época reproductiva (Kunz 1873), ya que ese fue el único mes en el que se registraron hembras preñadas (Figura 25). En la etapa temprana de gestación, las hembras aumentan su tiempo y espacio de forrajeo en busca de alimento, para cubrir la alta demanda energética que conlleva el desarrollo del feto. En la lactancia, las hembras necesitan cubrir la demanda energética que conlleva el producir leche materna para las crías. Sin embargo, deben de volver a los refugios constantemente para alimentar a las crías (Rydell 1993; Shiel & Fairley 1999; Vonhof & Betts 2010). Un mecanismo para asegurar la disponibilidad de alimento para las hembras, es reduciendo la cantidad de machos en busca de alimento en áreas cercanas a los refugios (Kunz 1873), lo que podría indicar porque se capturaron más hembras en los meses siguientes al período de gestación.

La mayoría de especies presentan un sistema reproductivo poligínico, aunque existen especies que pueden presentar sistemas monógamos y poliándricos (Kunz 1982; Altringham 1996; MacCracken & Wilkinson 2000). Por otro lado, los patrones reproductivos pueden ser de tipo monoestro y poliestro. Generalmente, el patrón monestro ocurre en zonas con climas fríos. El patrón poliestro es común en bosques neotropicales (Kunz, 1982; Altringham, 1996). Estos patrones están fuertemente relacionados con el ambiente, ya que, para tener éxito deben sincronizar las fases de vida que son más costosas energéticamente, con las temporadas donde hay una alta disponibilidad de recursos (Bronson 1985). Los períodos reproductivos, gestación, lactancia y el destete de crías, son las fases de vida con mayor demanda energética (Fleming 1988; Kurta *et al.* 1989; Handley *et al.* 1991; Racey & Entwistle 2000).

La mayoría de especies de filostómidos presentan un patrón reproductivo poliestro estacional. Este se caracteriza por dos reproducciones al año, sincronizados con las temporadas con mayor disponibilidad de alimento, las cuales son al inicio y al final de la época lluviosa. (Fleming *et al.* 1972; Wilson, 1979; Estrada y Coates-Estrada 2001;

Zortéa 2003). En Guatemala, la época lluviosa corresponde a los meses de mayo a octubre (Gómez 2014). Asimismo, los patrones reproductivos pueden estar determinados por la precipitación y la temperatura (Estrada y Coates-Estrada, 2001).

Al examinar las capturas por estado de desarrollo en cada mes, se observa que únicamente se registraron hembras preñadas (n=12) en el mes de agosto (Figura 25). A consecuencia, se analizaron las capturas en dicho mes y se determinó que de las 8 especies registradas en la finca “Sac Wach Já” durante dicho mes, se capturaron hembras preñadas distribuidas en 5 especies, *A. lituratus* (n=2), *A. geoffroyi* (n=1), *C. perspicillata* (n=6), *G. soricina* (n=1) y *S. hondurensis* (n=2), lo que corresponde a una abundancia relativa del 38.7% del total de individuos capturados en agosto (Figura 26). Del total de hembras capturadas en el mes (n=13), solo un individuo perteneciente a *S. hondurensis* no estaba preñada. Un estudio realizado en el Cerro Cahui, Petén, registró la presencia de hembras preñadas, en las subfamilias Carollinae y Stenodermatinae, únicamente en el mes de agosto. Por lo que sugiere que la actividad reproductiva para estas subfamilias es a mediados de la época lluviosa (Sergio Pérez *et al.* 2001).

Por otro lado, es recurente observar que en los ensamblajes de murciélagos, se captura un mayor número de individuos adultos que de juveniles. Esto debido a que la supervivencia de los juveniles es baja. Por ejemplo, se ha observado que la probabilidad de supervivencia de juveniles de *A. jamaicensis* es del 31% en el segundo año de vida (Kunz *et al.* 1983; Gardner *et al.* 1991). Es por ello que de los 57 individuos capturados, solo 6 eran juveniles. Los meses en los que fueron capturados corresponden a agosto (n=3), septiembre (n=1) y octubre (n=2), con una abundancia relativa de 9.7%, 7.7% y 40% respectivamente (Figura 25).

E. Variables ambientales

Los murciélagos son animales pequeños, endotérmicos y muy activos. Son sensibles a las condiciones ambientales como la temperatura, el viento, la precipitación y la humedad, ya que representa un mayor gasto energético mantener la temperatura corporal (Lewis 1993). Estudiar las variables ambientales que afectan la actividad de los murciélagos puede generar información sobre sus distribuciones y comportamientos, en especial en áreas donde estas condiciones son fuertes (Erickson 2002).

Uno de los mecanismos que muestran los murciélagos para regular su temperatura corporal en climas y/o épocas frías, es disminuyendo su actividad para ahorrar energía y reducir las salidas de sus sitios de descanso (Bozinovic *et al.* 1985), ya que mantener la termoregulación a temperaturas bajas, representa un mayor gasto energético (McCain 2007). Es por ello que, la riqueza, la abundancia y el éxito de captura en redes de niebla, es mayor cuando las temperaturas son más cálidas (O’Farrell & Bradley 1970). Al descender la temperatura, la actividad de los murciélagos disminuye (Moreno & Tuttle 2005; Chrome & Richards 1988; Ortiz 2015).

En los muestreos realizados, se observó una disminución en la actividad de los murciélagos conforme a los meses más fríos durante el estudio. En el mes de agosto, se registraron las temperaturas más altas, con un promedio de 19.9 °C. (Cuadro 4). Las temperaturas más bajas se registraron en noviembre, con un promedio de 15.1 °C. Varios estudios han determinado que el descenso de la abundancia de murciélagos en temporadas de bajas temperaturas, podrían indicar una migración altitudinal a zonas más templadas o

entrar en un período de torpor (Findley 1993; Giannini 1999; Timm & Laval 2000; Marques 2003).

Con base en lo anterior, se podría estar observando algún proceso de migración altitudinal por parte del ensamblaje hacia el río Chixoy o río Negro, el cual se encuentra a menos de 2 kilómetros del área de estudio y su altura desciende alrededor de los 700 msnm, presentando un clima más cálido. Es por esto que, la conectividad de los remanentes de bosque ocasionados por la actividad humada en esta área, debería de ser objeto de conservación para priorizar y facilitar el desplazamiento entre hábitats de estos organismos y no generar un efecto negativo en su interacción (Alonso-F *et al.* 2017).

A menos de 2 kilómetros de la finca, se encuentra el río Chixoy o río Negro.

La prueba de Shapiro Wilks mostró que la temperatura presenta una distribución normal ($W = 0.893$, $p = 0.0002$) y la correlación es positiva con respecto a la riqueza ($p = 0.222$, $r^2 = 0.049$) (Cuadro 5), y abundancia ($p = 0.237$, $r^2 = 0.056$) (Cuadro 6) de murciélagos, lo que demuestra que existe una tendencia de a menor temperatura, menor riqueza y abundancia de murciélagos, como lo indica la literatura (Moreno & Tuttle 2005; Chrome & Richards 1988; Ortiz 2015). Sin embargo, debido a los valores tan bajos, no se ha encontrado evidencia suficiente que sugiera una correlación significativa entre las variables analizadas, lo que plantea que existen otras variables que causan la variabilidad en los muestreos, como la metodología utilizada o los sitios de muestreo (González 2018).

En distintos estudios se ha observado que la humedad es la variable ambiental que menos afecta la actividad de los murciélagos. (Jhonson *et al.* 2011; Verboom & Spoelstra 1999; Barros *et al.* 2014). Sin embargo, los murciélagos están constantemente expuestos a las condiciones físicas de sus refugios y a sus efectos en el desarrollo embrionario, demanda energética y comportamiento (Kunz 1982). Es por esto que los refugios presentan condiciones específicas de temperatura y humedad (Aguirre *et al.* 2012).

La humedad relativa promedio mínima registrada fue en el mes de agosto (87.7%) y la máxima en el mes de septiembre (95.2%) (Cuadro 4). La prueba de Shapiro Wilks mostró que la humedad no presenta una distribución normal y la correlación es negativa, pero poco significativa con respecto a la riqueza ($p = -0.322$, $r^2 = 0.104$) (Cuadro 5) y la abundancia ($p = -0.288$, $r^2 = 0.083$) (Cuadro 6). Esto indica una tendencia en base a lo mencionado en la literatura (Kunz 1982; Aguirre *et al.* 2012; Barros *et al.* 2014), a mayor humedad, menor riqueza y abundancia de murciélagos. Se ha determinado que porcentajes muy altos de humedad pueden afectar la ecolocalización de los murciélagos, atenuando las altas frecuencias generando múltiples ecos que causa complicaciones al procesar la información colectada y provoca una disminución en el uso del espacio (Griffin 1971; Fenton & Kunz 1977; Bernal 2018).

La tercera variable medida fue la velocidad del viento. Estudios indican que al sobrepasar los 20 km/h, la actividad de los murciélagos es nula (O'Farrell *et al.* 1967), Sin embargo, se ha registrado que a partir de los 4 km/h la actividad disminuye significativamente (Ossa 2010). Entre los efectos que causa el aumento de la velocidad del viento está la disminución en la capacidad de detectar presas, especialmente insectos (Ayuso 2005) y los murciélagos que cazan en cuerpos de agua, evitan hacerlo cuando el agua está turbulenta, ya que el viento aumenta las ondas de la superficie formando ecos que afectan la ecolocalización y el éxito de captura (Boonman *et al.* 1998; Rydell *et al.*

1999). Las especies menos afectadas por esta variable climática, son aquellas que poseen patagios amplios (Mann 1967) y no son de tamaño pequeño (Verboom & Huitema 1997). Durante cada muestreo realizado, la velocidad del viento registrada fue de 0.0 km/h, por lo que no se pudo determinar si genera algún efecto en la actividad de murciélagos en la finca “Sac Wach Já”.

La precipitación es otra variable ambiental que se relaciona con la actividad de los murciélagos. Entre los efectos que puede causar está generar interferencia con la ecolocación y ocasionar problemas en la termorregulación corporal debido al pelaje húmedo. En estos períodos, reducen su actividad (Thies *et al.* 2006; Fenton *et al.* 1977). No obstante, se ha determinado que su efecto en la actividad, depende de la intensidad, ya que existen especies que parecen no ser afectadas cuando hay una leve a moderada precipitación, como en el caso de los murciélagos frugívoros (Thies *et al.* 2006; Sánchez & Giannini 2014).

Los bosques nubosos son reconocidos por ser cinturones de condensación de vapor de agua atmosférica, contribuyendo en la recolección de agua por medio de la precipitación vertical y horizontal (Stadtmüller & Agudelo 1990). El departamento de Alta Verapaz, presenta un período de lluvia de mayo a noviembre (Chavarría 2017). Es una de las regiones más lluviosas en el país. Por ello, la lluvia es constante durante todo el día en estos meses (Reyes 2015).

Al realizar los muestreo durante meses lluviosos, se esperó un efecto por parte de la lluvia en las capturas de murciélagos. Las redes se mantuvieron cerradas en los momentos de lluvia, ya que los murciélagos detectan las redes por la presencia de gotas en los hilos y es preferible no capturar individuos por los efectos que puede causa en ellos (Carvalho *et al.* 2011), independientemente sea leve o fuerte. Sin embargo, se observaron murciélagos volando durante estos períodos, lo que lleva a pensar que la precipitación no es un factor que afecte tanto los murciélgos como se esperaría, debido a que es una variable ambiental muy común en la región. No obstante, para determinar si existe o no un efecto, se recomienda utilizar otros métodos de detección de murciélagos, como lo son los detectores ultrasónicos (Murray *et al.* 1999).

F. Análisis de agrupamiento jerárquico y sitios de importancia

La conversión de grandes extensiones naturales a pequeños parches aislados y los remanentes de bosques, afectan a las comunidades de organismos, causando la desaparición de especies sensibles a cambios ambientales. Estudios basados en el efecto del tamaño del parche de bosque y la riqueza de especies, han sido inconclusos. Se ha considerado que, a mayor tamaño de parche, mayor riqueza. Sin embargo, en varios estudios, se ha reportado la misma riqueza de especies en parches amplios como pequeños y la riqueza está altamente dominadas por especies generalistas (Bernard & Fenton, 2003; Faria, 2006).

Por otro lado, la estructura de un hábitat influye en las comunidades de murciélagos, especialmente en la diversidad de la misma. Las perturbaciones ecosistémicas y de hábitat, por muy pequeñas que sean, afectan las comunidades (Ávila & Benton 2005). La especie más abundante en los sitios de muestreo fue *S. hondurensis*. Esta especie es indicadora de perturbación ecosistémica, ya que pertenece a un género con una amplia dieta alimenticia de frutos. La segunda especie más abundante registrada

fue *C. perspicillata*. Esta especie también es considerada generalista y está relacionada a árboles sucesionales, como *Piper* y a ambientes perturbados (Medellín Equihua & Amín 2000).

Con la finalidad de determinar el grado de similitud que puede existir entre los sitios de muestreo en la finca “Sac Wach Já”, para establecer posibles sitios de importancia para la conservación de estos organismos y generar el menor impacto en la comunidad de murciélagos en futuras acciones dentro del área de estudio, se realizó un análisis de agrupamiento utilizando el índice de Jaccard, el cual generó un dendograma que divide los sitios de muestreo en dos conglomerados (Figura 27). El primer grupo (extremo izquierdo) está compuesto por siete sitios en los que se capturó una menor riqueza de especies y un segundo conglomerado (extremo derecho) compuesto por tres sitios de muestreo con una mayor riqueza.

En el primer conglomerado, se observa que los primeros 5 sitios son completamente similares entre sí, debido a la captura de una única especie, *S. hondurensis*. Estos sitios corresponden a el sendero hacía montaña *Peromyscus* (SMP), Cima en montaña *Peromyscus* (CMP), Antena (A), Zigúan a la par Montaña *Peromyscus* (ZMP) y Bosque a la par de la Plantación de Cardamomo (PC). Por otro lado, en el sitio de muestreo Calle a Bosque (CB), se capturó una segunda especie, *Carollia perspicillata* y para el último sitio, Barranco por casa Felipe (BCF), se registraron dos especies más, *A. geoffroyi* y *G. commissarisi*, siendo este punto el más diferenciado en el conglomerado.

Para el segundo conglomerado, en el sitio de muestreo el Rancho (R), se capturaron 8 especies, en el sitio Laguna de *Agalychnis*, se capturaron 6 especies y en el Sendero Cueva Montaña (SCM), se capturaron 3 especies. Este último sitio se diferencia de los demás por la ausencia de *S. hondurensis* y el registro de *G. soricina*, *A. lituratus* y *C. perspicillata*. En el Rancho (R), se capturó el único individuo de *D. ecaudata*, una especie poco común de observar y que está relacionada a áreas con alta presencia de aves (Scheffer *et al.* 2015). Este punto de muestreo fue el más cercano a las casas de la comunidad que mantienen aves domésticas para consumo propio. En la Laguna de *Agalychnis* (LA) se capturó el único individuo de *C. sowellii*. Esta es una especie muy común de observar en los estudios de murciélagos (Trujillo 2013), pero fue poco abundante en el área de estudio.

En base a lo anterior, tanto el Rancho (R) como la Laguna de *Agalychnis*, son los dos sitios con la mayor diversidad registrada y por ende, con mayor importancia en el estudio. Se ha observado que en el Rancho (R), los murciélagos utilizan el sitio como zona de paso, ya que es un área bastante abierta. Por otro lado, la Laguna de *Agalychnis* (LA) es un sitio que se caracteriza por una pequeña laguna, la cual presenta agua tanto en época seca como lluviosa, por lo que los murciélagos la están utilizando como fuente de agua. El Rancho (R), al ser un sitio de alto uso para los propietarios de la finca y para los visitantes, es el lugar en el que se puede generar los mayores cambios físicos y de actividades humanas que podrían afectar a la comunidad de murciélagos.

IX. Conclusiones

El ensamblaje de murciélagos del sotobosque en la finca “Sac Wach Já” está representada por 10 especies de la familia Phyllostomidae, principalmente especies frugívoras y generalistas, apoyando en la dispersión de semillas y la restauración vegetal.

Las especies más abundantes en el sotobosque de la finca “Sac Wach Já” fueron *Sturnira hondurensis* y *Carollia perspicillata*, lo que refleja que el ecosistema en el área se encuentra degradado y frágil debido a la fragmentación presente en el área y al estado de sucesión del bosque en la finca “Sac Wach Já”, por lo que todavía no puede sostener a especies menos generalistas.

El ensamblaje de murciélagos posee una actividad temporal fluctuante durante toda la noche. Presenta máximos de actividad en algunas horas y varía a un nivel más interespecífico en otros horarios, lo que mostró una tendencia a dos patrones de actividad definidos en el presente estudio, tanto unimodal como bimodal.

Se determinó que en agosto ocurre la época de reproducción para varias de las especies que conforman el ensamblaje, lo que podría explicar por qué en ese mes se capturaron más machos que hembras, a diferencia de los otros meses de muestreo.

No hay evidencia suficiente que sugiera una correlación entre los estimadores del ensamblaje (riqueza y abundancia) y las variables ambientales (velocidad del viento km/h, humedad % y temperatura °C), por lo que no se puede determinar una relación entre los mismos. Por lo consiguiente, los datos sugieren que podría haber otra variable que afecte significativamente el ensamblaje de murciélagos.

Tanto el sitio de muestreo Rancho (R), como la Laguna de *Agalychnis* (LA) son los sitios que presentan la mayor diversidad de especies en la finca “Sac Wach Já”, por lo que se debería de considerar el efecto hacía el ensamblaje, por parte de futuras acciones y actividades humanas en el lugar para su conservación.

X. Recomendaciones

Para realizar un mejor acercamiento a la composición del ensamblaje de murciélagos en la finca “Sac Wach Já”, se recomienda utilizar otros métodos de muestreo, en especial metodologías con acústica, ya que el empleo de redes de niebla se limitó únicamente a especies de sotobosque, excluyendo las especies de dosel. Asimismo, en la trampa arpa solo se capturaron especies de sotobosque. Por lo que se recomienda realizar estudios focales en cuevas empleando trampas arpa, así como el mapeo de refugios que utilizan los murciélagos.

Debido a la alta presencia de especies frugívoras, se debe de tomar en consideración la capacidad que tienen estas especies en la regeneración de bosques, debido a su papel como dispersores de semillas y poca sensibilidad en habitats fragmentados, como en el área en la que se encuentra la finca “Sac Wach Já”. Por lo que, se recomienda realizar estudios enfocados en los nichos alimenticios de las especies frugívoras, para determinar si existe competencia entre estas especies.

Es necesario recopilar más información sobre las variables ambientales de velocidad del viento (Km/h), humedad (%) y temperatura (°C) y los estimadores del ensamblaje murciélagos para poder determinar si existe un efecto entre estas variables a lo largo del año y poder llegar a una conclusión más acertada.

Se debe continuar las investigaciones que permitan comprender la dinámica espacial y temporal de la comunidad de murciélagos, con el fin de poder predecir, prevenir y mitigar la degradación ambiental y la pérdida de hábitat en el área. Según lo anterior, se recomienda continuar con el estudio de la comunidad de murciélagos de la finca “Sac Wach Já”, especialmente en los meses donde no se realizó ningún muestreo. Esto con el objetivo de generar un mayor acercamiento sobre la estructura y composición de la comunidad de murciélagos y poder establecer de mejor forma patrones de actividad nocturnos, patrones reproductivos, así como comparar el efecto de las variables ambientales en meses donde no son tan extremas. Asimismo, se recomienda evaluar la dinámica de conectividad entre remanentes de bosque en el área y el impacto de la fragmentación en los posibles procesos migratorios altitudinales del ensamblaje.

Se sugiere abordar el tema de educación ambiental sobre los murciélagos para la comunidad de San Cristóbal Verapaz, con el fin de educar acerca de este grupo de mamíferos y eliminar la mala percepción que la población podría tener de ellos, con el fin de ayudar en su conservación.

Por último, el registro de la especie *Diphylla ecaudata* en el área de estudio, permite contribuir en su distribución geográfica y causa interés en el área de estudio con el objetivo de generar información sobre la especie, ya que es muy limitada para el país. Asimismo, se recomienda expandir el estudio de esta especie en el área de estudio y su percepción para la comunidad de San Cristóbal Verapaz.

XI. Bibliografía

- Agudelo, N., Mora, J. M., Pérard, S., Jut, J.C. (2012). Extensión del bosque nublado y su contribución de la lluvia horizontal a la precipitación total en la Reserva Biológica Uyuca, Honduras. *Ceiba*, 53(2), 109-124.
- Aguilar, A.G. (2017). Estructura de la comunidad de murciélagos en cafetales próximos al Santuario Nacional Pampa Hermosa (Junín, Perú) en noviembre 2012 y julio 2013. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú), 116 p.
- Aguirre, L. F. (2007). Avances en la metodología para el estudio de murciélagos en Bolivia. *Fundación Simón I. Patiño, Santa Cruz*. 137-154.
- Aguirre, L. F., Rodríguez, B., Nassar, J. M., Navarro, L., Medellín, R. A. Barquez, R. (2012). Una alianza a favor de los murciélagos latinoamericanos. *Boletín de la red latinoamericana para la conservación de los murciélagos*, 3(1), 20.
- Aguirre, Y. S. (2016). Estructura biológica de la comunidad de murciélagos en el ismo de Rivas 2013-2014. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. 67 p.
- Alonso-F., A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., Palomeque, X., (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 140-156.
- Alpízar, P. (2014). Murciélagos insectívoros aéreos en agroecosistemas: el caso de piñeras y bananeras en Sarapiquí, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 51 p.
- Altringham, J. D. (1996). *Bats: biology and behaviour*. Oxford University Press. Nueva York, EE.UU. 272 p.
- Alvarez-Castañeda, S. T. (1999). Familia Noctilionidae. Mamíferos del noroeste de México. *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.* 63-65.
- Alvarez-Castañeda, S. T. (1999). Familia Mormoopidae. Mamíferos del noroeste de México. *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.* 67-76.
- Alvarez-Castañeda, S. T. (1999). Familia Natalidae. Mamíferos del noroeste de México. *Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.* 135-137.
- Arias-Aguilar, A., Chacón-Madrigal, E., Rodríguez-Herrera, B. (2015). El uso de los parques urbanos con vegetación por murciélagos insectívoros en San José, Costa Rica. *Mastozoología Neotropical*, 22(2), 229-237.
- Ariza, M.A. (2015). Estructuración genética de *Partamona bilineata* (Hymenoptera: Apoidea) en el Corredor del Bosque Nuboso de Baja Verapaz, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 62 p.

- Ávila, F. R., Fenton, B. (2005). Use of Spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy*, 86, 1193-1204.
- Ávila, R., Csjas, J., Grajeda, A., Machuca, O. Benítez, L. (2005). Aves y murciélagos como dispersores de semillas en tres etapas sucesionales de la Ecorregión Lachuá, Alta Verapaz, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 55 p.
- Aybar, D., Wong. A. (2012). Murciélagos y bosques tropicales. *Xilema*, 25, 56-60.
- Ayuso, A. M. (2005). Uso del hábitat en quirópteros en un área alterada por la construcción por la línea de tren de alta velocidad en el sur de la península Ibérica. Implicaciones para su conservación y estudio de los registros sonoros del género *Pipistrellus*. Universidad de Granada. 251 p.
- BANGUAT y URL, IARNA. (2009). Cuenta integrada de Tierra y Ecosistemas (CITE). *Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada de Guatemala*, 8, 28.
- Barragan-Tabares, L., Prada, S.S., Benalcazar-Marcillo, M.D., González, D. (2018). Análisis y evaluación de las percepciones y actitudes etnozoológicas de Chiroptera, en la comunidad Tocagón, Imbabura-Ecuador. *Ethnoscientia*, 3, 1-16.
- Barros, M. A., Pessoa, D. M., Rui, A. M. (2014). Habitat use and seasonal activity of insectivorous bats (Mammalia: Chiroptera) in the grassland of southern Brazil. *Zoologia*, 31(2), 153-161.
- Bautista, C. E., G. Pulido, Monks, S. (2013). Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. *Zea Books*. 13-17.
- Bernal, K, A. (2018). Uso del espacio por murciélagos insectívoros en un gradiente urbano-rural en Villavicencio-Meta. Universidad de los Llanos. 57 p.
- Bernard, E., Fenton, M. B. (2002). Species diversity of bats (Mammalia: Chiroptera) in forest fragments, primary forests, and savannas in Central Amazonia, Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 80, 1124-1140.
- Bernard, E., Fenton, M. B. (2003). Bat mobility in a fragmented landscape in Central Amazonia. *Biotropica*, 35, 262-277.
- Berry, N., Connor, W.O, Holderied, M, W., Jones, G. (2004). Detection and avoidance of harp traps by echolocating bats. *Acta Chiropterologica*. 6(2), 335-346.
- Bolívar, B., et al. (2019). Influence of landscape structure on the abundance of *Desmodus rotundus* (Geoffroy 1810) in northeastern Yucatan, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 263-21.

- Boonman, A. M., Boonman, M., Bretschneider, F., Van de Grind, W. A. (1998). Prey detection in trawling insectivorous bats: duckweed affects hunting behaviour in Daubenton's bat *Myotis daubentonii*. *Behavioural Ecology and Sociobiology* (44), 99–107.
- Bozinovic, F., Contreras, L.C., Rosenmann, M., Torres J.C. (1985). Bioenergetica de *Myotis chiloensis* (Quiróptera: Vespertilionidae). *Rev Chil Hist Nat.*, 58, 39-45.
- Bracamonte, J. C. (2013). Hábitos alimenticios de un ensamble de murciélagos insectívoros aéreos de un bosque montano de las Yungas Argentinas. *Chiroptera Neotropical*, 19(1), 1157-1162.
- Brandbury, J. W. (1977). Social organization and communication. *in: Biology of bats* (W. A. Wimsatt, ed.). *Academic Press, New York*. 651 p.
- Bronson, F. H. (1985). Mammalian reproduction: an ecological perspective. *Biology of Reproduction*, 32, 1-26.
- Brown, J. H. 1968. Activity patterns in some neotropical bats. *Journal of Mammalogy*. 49 (4): 754-7.
- Brown, A.D., M. Kappelle. (2001). Introducción a los bosques nublados del neotrópico: una síntesis regional. *Editorial INBio, Costa Rica*. 704 p.
- Caal, A. M. (2013). Diagnóstico de la comunidad de murciélagos en el área de las lagunas de oxidación de Zamorano. Zamorano. 17 p.
- Caicedo, A. S. (2020). Caracterización del conjunto de murciélagos del Bosque Protector Privado Jardín de los Sueños con fines de conservación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 68 p.
- Cajas, J.O. (2008). Ecología de la polinización de los cactus columnares *Stenocereus pruinosus* y *Pilosocereus leucocephalus* en los valles de Salamá y El Motagua. Proyecto FONDECYT No. 37-2006. 38 p.
- Cajas, J.O., Pérez-Consuegra, S.G., López-Gutiérrez, J.E., Ávila-Santa Cruz, R.C., EcheverríaTello, J.L., Grajeda-Godínez, A.L., Trujillo, L.A., Hernández, M.J., Briones-Carrillo, S., Núñez, L. (2019) Actividad reproductiva en 41 especies de murciélagos en 4 biomas de Guatemala. *Perspectiva de investigación sobre los mamíferos silvestres de Guatemala*. 55-71.
- Calderón, M, E. (2009). Financiamiento de unidades artesanales (Panadería) y proyecto: producción de aguacate Hass. Municipio de San Cristóbal Verapaz, departamento de Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. 145 p.
- Calderón-Patrón, J.M., Briones-Salas, M., Moreno, C.E. (2013). Diversidad de murciélagos en cuatro tipos de bosque de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Therya*, 4(1), 121-137.

- Chavarría, O. I. (2017). Estudio de la dinámica y evolución climática de mesoamérica a partir del registro elemental de alta resolución espacial de estalagmitas desarrolladas en las grutas del Rey Marcos, San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. 70 p.
- Chrome, F. H. J., Richards, G. C. (1988). Bats and gaps: microchiropteran community structures in a Queensland rainforest. *Ecology*, 69, 1960-1968.
- Cleveland, C. *et al.* (2006). Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south central Texas. *Front in Ecol and the Environ*, 4(5), 238-243.
- Cloutier, D., Tomas, D. (1992). *Carollia perspicillata*. *The American society of mammalogists*, 3 (417), 1-9.
- Córdova, H. (2002) Naturaleza y sociedad. Una introducción a geografía. 1era edición. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. 307 p.
- Dai, F., Tadashi, I., Naoki, A., Toshiki, A. (2001). Efficiency of harp trap for capturing bats in boreal broad-leaved forest in Japan. *Eurasian J. For. Res.*, 3, 23-26.
- Durán, A.A., Perez, C., S. (2015). Ensamblaje de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en dos zonas del Departamento de Sucre, Colombia. *Acta zoológica mexicana*, 31(3), 358-366.
- Erazo, J. D. (2020). Valoración económica de los costos evitados en salud por el control biológico de plagas por murciélagos en el cantón “La Maná” 2019. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 54 p.
- Erickson, J. L., West, S. D. (2002) The influence of regional climate and nightly weather conditions on activity patterns of insectivorous bats. *Acta Chiropterologica*, 4(1), 17-24.
- Erkbert, H. G. (1978). Sunset-related timing of flight activity in neotropical bats. *Oecologia*, 37, 59-67.
- Esbérard, C. E., Bergallo, H. G. (2010). Foraging activity of the free tailed bat *Molossus molossus* (Chiroptera; Molossidae) in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70, 10111014.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R. (2001). Species composition and reproductive phenology of bats in a tropical landscape at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 17, 27-646.
- Estrada-Villegas, S., Pérez-Torres, J., Stevenson, P. (2007). Dispersión de semillas por murciélagos en un borde de bosque montano. *Ecotropicos*, 20(1), 1-14.
- Estradas-Villegas, S., Pérez-Torres, J., Stevenson, P. R. (2010). Ensamblaje de murciélagos en un bosque subandino colombiano y análisis sobre la dieta de algunas especies. *Mastozoología Neotropical*, 17(1), 31-41.

- Faria, D. (2006). Phyllostomid bats of a fragmented landscape in the north-eastern Atlantic forest, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 22, 531-542.
- Fenton, M. B., Kuntz, T. H. (1977). Movements and behavior. Special Publications, *The Museum, Texas Tech University*, 13, 351-364.
- Findley, J. S. (1993). Bats: a community perspective. Cambridge University Press, New York, 167 p.
- Fleming, T. H., E. T. Hooper, Wilson, D. E. (1972). Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology*, 4, 555-569.
- Fleming, T. H. (1986). The structure of neotropical bat communities: a preliminary analysis. *Revista Chilena de Historia Natural*, 59, 135-150.
- Fleming, T.H. (1988). The short-tailed fruit bat: a study in plant–animal interactions. 2nd ed. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Francisco-Ventura, E., Menchaca-García, R.A., Toledo-Aceves, T., Krömer, T. (2018). Potencial de aprovechamiento de epífitas vasculares caídas en un bosque mesófilo de montaña de Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 89, 1263-1279.
- Fuentes, C. E. (2019). Análisis de la diversidad funcional de los murciélagos (Mammalia: Chiroptera) y su señal filogenética según sus hábitos alimenticios dentro del Área de Usos Múltiples Hawaii, Santa Rosa, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala 60 p.
- Gándara, G., Correa, A. N., Hernández, C. A. (2006). Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el norte de México. Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública, Working paper No. 2006-5. 1-18.
- Gannon M. R., Willig M.R. (1997). The effect of lunar illumination on movement and activity of the red fig-eating bat (*Stenoderma rufum*). *Biotropica* 29 (4): 525-9.
- Gardner, A. L. (2007). Mammals of South America, vol 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats. University of Chicago Press. Chicago y Londres 690 p.
- Gardner, A. L., C. O. Handley Jr., Wilson, D. E. (1991). Survival and relative abundance. Pp. 53-75. *in*: Demography and natural history of the common fruit bat, *Artibeus jamaicensis*, on Barro Colorado Island, Panamá (C. O. Handley Jr., D. E. Wilson, and A. L. Gardner, eds.). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 511, 1-173.
- Geluso, K. N., Altenbach, J. C., Wilson, D. E. (1981). Organochlorine residues in young Mexican free-tailed bats from several roosts. *The American Midland Naturalist*, 105(4), 249-257.

- Giannini, N. (1999). Selection of diet and elevation by sympatric species of *Sturnira* in an Andean rainforest. *Journal of Mammalogy*, 80(4), 1186-1195.
- Gómez, R. C. (2014). Evidencia del cambio climático en la vertiente del pacífico de Guatemala, período 1971-2010 con base en información estadística, diagnóstico y servicios prestados en el departamento de investigación y servicios climáticos del Instituto nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH, Guatemala,. C. A. Universidad San Carlos de Guatemala. 153 p.
- Graco, C., I. Jeronimo, Costa, K. M., P. Fracasso, Serramo, L. C. (2017). Description of Wholenight Activity Patterns for Neotropical Bat Species. *Acta Chiropterologica*, 9(1), 155-160.
- Grajeda, A. L. (2014). Distribución Altitudinal de murciélagos nectarívoros migratorios y residentes y su potencial importancia como polinizadores y dispersores de semillas en bosques de pino encino y bosques secos de Guatemala. 89 p.
- Grajeda, A. L. (2010). Ensamblajes de pequeños mamíferos en hábitats naturales y modificados en el Biotopo Universitario para la Conservación del Quetzal Mario Dary y su área de amortiguamiento. Proyecto FODECYT No. 12-2006. 91 p.
- Griffin, D. R. (1971). The importance of atmospheric attenuation for the echolocation of bats (Chiroptera). *Animal Behavior*, 19, 55-61.
- Guerrero, A. M. (2017). Estructura y composición del ensamblaje de murciélagos de la Reserva Natural Rey Zamuro y Matarredonda en San Martín, Meta, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. 39 p.
- GWP Guatemala. (2013). Informe de los talleres para la elaboración de la Estrategia de Bosque Nuboso. 11 p.
- Hamilton, L. (1995). Mountain cloud forest conservation and research: A synopsis. *Mountain Research and Development*, 15(3), 259-266.
- Handley, C. O., Gardner, A. L., Wilson, D. E. (1991) Demography and natural history of the common fruit bat, *Artibeus jamaicensis*, on Barro Colorado Island, Panamá. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 511, 1-173.
- Heithaus, E. R., T. H. Fleming, Opler, P. A. (1975). Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. *Ecology*, 56(4), 841-854.
- Hernández, G., Ortega, J., L. León. (2019). *Sturnira hondurensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian Species*, 53(1001), 23-34.
- Hernández, M.J. (2018). Dispersión de semillas por murciélagos frugívoros en bosques de la ciudad de Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 28 p.

- Hourigan, C. L., Catterall, C. P., Jones, D., Rhodes, M. (2008). A comparison of the effectiveness of bat detectors and harp traps for surveying bats in an urban landscape. *Wildlife Research*, 35, 8, 768-774.
- Isaac, J. L. (2009). Effects of climate change on life history: implications for extinction risk in mammals. *Endangered species research*, 7, 115-123.
- Iñiguez, L.I. (1999). Familia Emballonuridae. Mamíferos del noroeste de México. Centro de Investigación Biológica del Noroeste, S. C. 57-61.
- Infoiarna, (2020). Mapa de zonas de vida de Guatemala. Mapas. <http://www.infoiarna.org.gt/ecosistemas-de-guatemala/mapas/>
- Islebe G. & Véliz M. 2001. Guatemala. pp.231–241. (En Kapelle M. & Brown A. D. eds. Bosques Nublados del Neotrópico. Costa Rica: INBio, 2001. 704pp.)
- Jiménez, J.B. (2009). Diversidad de helechos (Monilophyta) en las áreas protegidas del Corredor del Bosque Nuboso, en Purulhá, Baja Verapaz. 97 p.
- Jiménez-Valverde, A., Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151161.
- Jiménez, U. A. (2019). Períodos de actividad y parámetros poblacionales de *Rhogeessa parvula* (Chiroptera: Vespertilionidae) en el Área Natural Protegida Estero El Salado, Puerto Vallarta, Jalisco, México. 37 p.
- Johnson, J. B., Gates, J. E., Zegre, N. P. (2011). Monitoring seasonal bat activity on a coastal barrier island in Maryland, USA. *Environmental Monitoring and Assessment* 173(1), 685-699.
- Jones, G., Jacobs, D.S., Kunz, T.H., Willig, M.R., Racey, P. (2009). Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered species research*, 8, 93-115.
- Juárez, D., Barrios, M., Bustamante, M. (2010). Fenología de las plantas nutricias del quetzal (*Pharomachrus mocinno mocinno* de La Llave) y su efecto sobre la abundancia de quetzales en el Biotopo del Quetzal y Corredor Biológico del Bosque Nuboso, Baja Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. 43 p.
- Kalko, E. K., V. D. Friemel, C. O. Handley, Schnitzler (1999). Roosting and foraging behavior of two neotropical gleaning bats, *Tonatia silvicola* and *Trachops cirrhosis* (Phyllostomidae), *Biotropica*, 31, 344-353.
- Kalko, E. K., Handley C. O. (2001) Neotropical bats in the canopy: diversity, community, structure and implications for conservation. *Plant Ecology*, 153, 319-333.
- Kapos, V., Rhind, J., Edwards, M., Price, M.F. (2000). Developing a map of the world's mountain forest. In: Price, M.F, Butt, N. (eds.) Forest in sustainable mountain

development: a state-of-knowledge report for 2000. Wallingford, CAB International. *Wallingford*, 4-9.

- Kraker, C. (2008). Comparación de nicho entre dos especies simpátricas de murciélagos del género *Carollia* (Mammalia: Chiroptera) en Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 56 p.
- Kraker, C. (2015). La insospechada riqueza de murciélagos en Guatemala. *Ecofronteras*, 19(53), 26-29.
- Kraker-Castañeda, C., Echeverría-Tello, J.L. (2012). Riqueza de especies y variabilidad trófica de murciélagos en zonas de riesgo de rabia de origen silvestre en Izabal, Guatemala. *Therya*, 3(1), 87-99.
- Kraker, C., Pérez, S. G., Cajas-Castillo, J.O., Echeverría-Tello, J. L. (2016). Primera edición. Lista actualizada de los murciélagos (Mammalia, Chiroptera) de Guatemala. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(2), 409-416.
- Kunz, T. H. (1973). Resource utilization: temporal and spatial components of bat activity in central Iowa. *J. Mammal.*, 54, 14-32.
- Kunz, T. H. (1982). Ecology of reproduction. Pp. 57-93 En: Kunz, T. H. (ed.). *Ecology of bats*. Plenum Press, New York, EE.UU.
- Kunz, T. H., August, P. V., Burnett C. D. (1983). Harem social organization in cave roosting *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Biotropica*, 15, 133-138.
- Kurta, A., Bell, G. P., Nagy, K., Kuntz, T. H. (1989). Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology*, 62, 804-818.
- Larsen, R.J., Boegler, K.A., Genoways, H.H., Masefield, W.P., Kirsch, R.A., Pedersen, S.C. (2007). Mist netting bats, species accumulation curves, and the rediscovery of two bats on Montserrat (Lesser Antilles). *Acta Chiropterologica*, 9(2), 423-435.
- LaVal, R. K. (1970). Banding returns and activity periods of some Costa Rica bats. *Southwestern Nat.*, 15, 1-10.
- Leal, L. C. (2018). Caracterización del ensamblaje de murciélagos en la Estación Experimental *Arboretum* del Instituto de Biología Experimental, Colinas de Bello Monte, Municipio Baruta, Estado Miranda, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 101.
- León, A. (2018). Efecto de la perturbación de bosque mesófilo de montaña sobre 4 especies de anuros nativos de la comunidad de la esperanza, Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional. 71 p.
- Lewis, S. E. (1993). Effect of climatic variation on reproduction by pallid bats (*Antrozous pallidus*). *Canadian Journal of Zoology*, 71, 1429-1433.

- López, D. M. (2018). Caracterización de comunidades de murciélagos en cuevas de Napo, Ecuador y posibles efectos del espeleoturismo. Pontífica Universidad Católica del Ecuador. 52 p.
- Lorenzo C., Kraker, C., Bolaños, J. (2015). Los murciélagos filostómidos de Chiapas, México y Guatemala. 138 p.
- Lou, S. (2007). Dinámica de dispersión de murciélagos frugívoros en el paisaje fragmentado del Biotopo Chocón Machacas, Livingston, Izabal. Proyecto FODECYT No. 21-03. 56 p.
- Lou, S. & Yurrita, C. (2005). Análisis de nicho alimentario en la comunidad de murciélagos frugívoros de Yaxhá, Petén, Guatemala. *Acta zoológica mexicana*, 21(1), 83-94.
- Lutz, M. A. (2013). Relación de los ensamblajes de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) y el uso de la tierra en el noreste de la región pampeana de Argentina. Universidad Nacional de La Plata. 219 p.
- MaacCarthy, K. A., Carter, T. C., Steffen, B. J., Feldhamer, G.A. (2006). Efficacy of the mistnet protocol for Indiana bats: a video analysis. *Northeastern naturalist*, 13(1): 25-28.
- Maderey, L.A., Jiménez, A. (2005). Principios de Hidrogeografía. Estudio del ciclo Hidrológico. 1era edición. UNAM, México. 95 p.
- Maguiña, R., Amanzo J., Huamán, L. (2012). Dieta de murciélagos filostómidos del valle de Kosñipata, San Pedro Cusco – Perú. *Rev. peru. biol.*, 19 (2), 159-166.
- Mann, G. (1967). Los pequeños mamíferos de Chile. *Zoología*, 40, 348 p.
- Marinho-Filho, J.S. (1991). The coexistence of two frugivorous bat species and the phenology of their food plants in Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 7, 59-67.
- Marques, R.V. (2003). Migração, deslocamento e anilhamento. Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia UBEA/PUCRS, publicação especial 2, Porto Alegre. 19-21.
- Martínez, D. (2010). Estructura social de *Carollia perspicillata* (Chiroptera, Phyllostomidae) en la cueva Macaregua, Santander, Colombia. Pontifica Universidad Javeriana. 29 p.
- Martínez, R. M., Tuya, L. C., Martínez, M., Pérez, A. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2).
- McCain, C. (2007). Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 1,13.
- McCracken, G. G., Wilkinson, G. S. (2000). Bat mating systems. Pp. 321-362. En: Crichton, E. G., Krutzsch P. H. (eds.). Reproductive biology of bats. Academic Press, Cambridge, United Kingdom.

- Medellín, R. A., M., Echihua, Amín, M. (2000). Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation Biology*, 14, 1666-1675.
- Medellín, R. A., Arita, H. T., Sánchez, O. Primera edición. (2007). Identificación de los murciélagos de México, clave de campo. Instituto de Ecología, UNAM, 80 p.
- Medellín, R. A., Viquez, L. R. (2014). Los murciélagos como bioindicadores de la perturbación ambiental. 521-539.
- Mitchell-Jones, A.J., McLeish, A.P. (2004). Bat workers' manual. Joint Nature Conservation Committee. 178 p.
- Montañez, A.L., Martínez, R. (2013). La naturaleza como víctima de la conquista española caso: los murciélagos. *Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 15(2), 153-164.
- Mora, J. (2015). Importancia de los doseles arbóreos para mejorar la producción y generar servicios ecosistémicos. *Agroforestería neotropical*, 5, 4-6.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir biodiversidad. M & T – Manuales y Tesis SEA. Vol 1. CYTED, ORCYT-UNESCO & SEA, Zaragoza, España. 84 p.
- Moreno, C. E., Halffter, G. (2000). Assessing the Completeness of Bat Biodiversity Inventories Using Species Accumulation Curves. *J. Appl. Ecol*, 37, 149-158.
- Moreno, A., Tuttle, M. D. T. (2005). Murciélagos cavernícolas del Norte de México, su importancia y problemas de conservación. *Bat Conservation International. EUA*. 49 pp.
- Magurran A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell, Oxford 235 p.
- Muñoz, J. (2017). Regeneración natural: una revisión de los aspectos ecológicos en el bosque tropical de montaña del sur del Ecuador. *Revista Indexada Bosque Latitud Cero*, 7, 2, 130-143.
- Murray, K. L., Britzke, E.R., Hadley, B.M., Robbins, L.W. (1999). Surveying bat communities: a comparison between mist nets and the Anabat II bat detector system. *Acta Chiropterologica*, 1(1), 105-112.
- O'Farrell, M. J., Bradley, W. G., Jones, G. W. (1967). Fall and winter activity at a desert spring in southern Nevada. *The Southwestern Naturalist*. 12(2): 163-171.
- O'Farrell M. J., Bradley, W.G. (1970). Activity patterns of bats over a desert spring. *J Mammal.*, 51(1), 18-26.
- Olea-Wagner, A., Lorenzo, C., Naranjo, E., Ortíz, D., León-Paniagua, L. (2007). Diversidad de frutos que consumen tres especies de murciélagos (Chiroptera:Phyllostomidae) en la selva lacandona, Chiapas, México. *Rev. Mex. Biodiv.*, 78, 1, 191-200.

- Ordóñez, N. (2003). Mamíferos menores y entomofauna del bosque nuboso del área núcleo de la Reserva de la Biósfera La Fraternidad, Guatemala. Proyecto 61-01. 57 p.
- Ortiz, R. M. (2015). Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal en el estado de Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. 116 p.
- Ossa, G. (2010). Métodos bioacústicos: una aproximación a la ecología de comunidades de murciélagos en las eco-regiones mediterráneas y el bosque templado de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. 143 p.
- Pacheco, Cruz, N., Clark, R., Campos, J. E., Gorgonio-Ramírez, M., Naranjo-Luna, F., Corrales, A., Alfonso-Corrado, C. (2019). Regeneración de *Oreomunnea mexicana* (Juglandaceae), una especie reclito, amenazada del bosque de niebla de Sierra Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, 25,3, 1-14.
- Palacios, T.M. (2011). Estructura y dieta del ensamble de los murciélagos nectarívoros de San Marcos Arteaga, Sierra Mixteca, Oaxaca. Instituto Politécnico Nacional. 55 p.
- Peres, C.C., Oliveira, P.E., Ruiz, J. (2013). Los murciélagos como vector de polinización del Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb. Caryocaraceae), un recurso clave en las comunidades tradicionales brasileñas. *Cronica naturae*, 3, 38-48.
- Plascencia, A. H. *et al.* (2020). Diversidad de murciélagos en la selva baja inundable del sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 623-640.
- Presley S.J., Willig M.R., Castro I., Weaver S. C. (2009). Effects of habitat conversion on temporal activity patterns of phyllostomid bats in lowland Amazonian rain forest. *J Mammal.* 90 (1): 210-21
- Poulin, R. (1998). Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology*, 84, 485–490.
- Quezada, M. L. (2018). Valoración de hongos comestibles en dos ecosistemas de importancia nacional: aportes de la diversidad biológica para la mitigación de cambio climático y la reducción de la vulnerabilidad en seguridad alimentaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. 131p.
- Quimis, O. J. (2016). Regeneración natural de especies forestales nativas y su incidencia en la conservación del bosque de la granja experimental Andil, Jipijapa, año 2015. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 95 p.
- Racey, P. A., Entwistle, A. C. (2000). Life history and reproductive strategies of bats. Pp- 363-414 in *Reproductive biology of bats* (Crichton E. G. Krustsch P. H., eds.). Academic Press, San Diego, California.
- Ramírez, M.F. (2019). Estructura comunitaria de dos fragmentos de bosque mesófilo de montaña en la Sierra Otontepec, Veracruz. Universidad Veracruzana. 64 p.

- Reid, F. (2009). 2 ed. A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico. Oxford University Press. 346 p.
- Remsen, J.V., Good, D.A. (1996). Misuse of data from mist-net captures to assess relative abundance in bird populations. *The Auk*, 113(2), 381-398.
- Reyes, H. A. (2015). La contaminación ambiental visual en el área urbana de Cobán, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala. 143 p.
- Ríos, M. C., Pérez J. (2015). Dieta de las especies dominantes del ensamblaje de murciélagos frugívoros en un bosque seco tropical (Colombia). *Mastozoología Neotropical*, 22 (1), 103-111.
- Rivera, I. (2014). Diversidad de murciélagos en la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec, Veracruz. Universidad Veracruzana. 40 p.
- Rodales, A. L. (2015). Dieta de murciélagos insectívoros en Uruguay: una aproximación al conocimiento sobre su potencialidad como controladores de insectos nocivos. Universidad de la República. 74 p.
- Rodríguez, B., Sánchez, R. (2015). Estrategia centroamericana para la conservación de los murciélagos. Universidad de Costa Rica, 85 p.
- Rodríguez, A., Lewis, R. (1977). Patterns of population size, diet, and activity time for a multispecies assemblage of bats at a cave in Puerto Rico. *Caribbean Journal of Sciences*, 23, 352-360.
- Romero, J.C., Cajas, J.C. (2019). Mamíferos Silvestres de la Cadena Volcánica Central de Guatemala. Gobierno de Guatemala. 5 p.
- Romero-Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo*, 6(3), 105-114.
- Roncancio, N., Estévez, J. (2007). Evaluación del ensamblaje de murciélagos en áreas sometidas a regeneración natural y a restauración por medio de plantaciones de aliso. Universidad Nacional de Colombia. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural*, 11, 131-143.
- Rovito, S. M., Vásquez-Almazán, C. R., Papenfuss, T. J., Parra-Olea, G., Wake, D. B. (2015). Biogeography and evolution of Central American cloud forest salamanders (Caudata: Plethodontidae: *Cryptotriton*), with the description of a new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 175, 150-166.
- Rydell, J., Entwistle, A., Racey, P.A. (1996) Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. *Oikos*, 76, 243–252.
- Rydell, J., Miller, L. A., Jensen, M. E. (1999). Echolocation constrains of Daubenton's bat foraging over water. *Functional Ecology* (13), 247–255.

- Saldaña-Vázquez, R.A., Ortega-García, S. (2021). Conocimiento de la dieta de los murciélagos nectarívoros de México: concentrado en pocas especies y en provincias biogeográficas tropicales. SciELO Preprints. 1-23.
- Sampedro A. C, Martínez C. M., De La Ossa K., Otero Y.L., Santos L.M., Osorio S., *et al.* 2007. Nuevos registros de especies de murciélagos para el departamento de Sucre y algunos datos sobre su ecología en esta región colombiana. *Caldasia*.29(2):355- 62.
- Sánchez, M. B., Carreto, M., González, J. M. (1997). Programa de diversificado curricular. Área científico-específico (Guía didáctica). Ediciones de la Torre, Madrid. 148p.
- Sánchez-Ramos, G., Dirzo, R. (2014). El bosque mesófilo de montaña: un ecosistema prioritario amenazado. Bosques Mesófilos de montaña de México, Offset Rebosán, S.A. México. 109-137.
- Sánchez, X. M. (2020). Eficiencia de polinización de los murciélagos que visitan flores de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae) en Zapotitlán Salinas, Puebla. Benemérita Universidad de Puebla. 95 p.
- Santos-Moreno, A., Ruíz, E., Sánchez, A. (2010). Efecto de la intensidad de la luz lunar y de la velocidad del viento en la actividad de murciélagos filostómidos de Mena Nizanda, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.*, 81, 3, 839-845.
- Scheffer, K. *et al.* (2015). *Diphylla ecaudata* y *Diaemus youngi*, biología y comportamiento. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(3), 436-445.
- Schwartz, C.W., Schwartz, E. R. (2001). 2nd ed. The Wild Mammals of Missouri. University of Missouri Press. 368 p.
- SEGEPLAN. (2010). Plan de Desarrollo San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz 2011-2025. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. 106 p.
- Serrano, M.J., Grajeda-Estrada, R., Villalobos, A., Álvarez-Ruano, M.R., Vázquez-García, J.A. (2020). *Magnolia poqomchi*, a new species of subsection *Magnolia* (Magnoliaceae) from San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala. *Phytotaxa*, 454(4), 231-243.
- Shiel, C.B., Fairley, J.S. (2000) Observations at two nursery roosts of Leisler's bats *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817) in Ireland. *Myotis*, 37, 41–53.
- SICA. (2005). La importancia de la conservación y la gestión sostenible del área protegida trinacional Montecristo. 106 p.
- Sadtmüller, T., Agudelo, N. (1990). Amount and variability of cloud moisture input in a tropical cloud forest. *International Association of Hydrological Sciences Publication*. 193,25-3.

- Stier, S.C., Mildestein, T.L. (2005). Dietary habits of the world's largest bats: the philippine flying foxes, *Acerodon jubatus* and *Pteropus vampyrus lanensis*. *Journal of Mammalogy*, 86(4), 719-728.
- Surlykke, A., Miller, L.A., Mohl, B., Andersen, B.B., Chirstensen-Dalsgaard, J., Jorgensen, M.B. (1993). Echolocation in two very small bats from Thailand: *Craseonycteris thonglongyai* and *Myotis siligorensis*. *Behav Ecol Sociobiol*, 33, 1-12.
- The R Foundation, (s. f.). About R. <https://www.r-project.org/about.html>
- Thies, W., Kalko, E. K., Schnitzler, H. U. (2006). Influence of environment and resource availability on activity patterns of *Carollia castanea* (Phyllostomidae) in Panama. *J Mammal*, 87(2), 331-338.
- Tinajero, J. (2017). Composición de los ensambles de comunidades de murciélagos del Bosque Protector Cerro Blanco, Guayaquil. Pontífica Universidad Católica del Ecuador. 79 p.
- Tinjacá, Z. L. (2017). Potencial de regeneración natural del bosque humedo montano en áreas de pastizal y helechal en el PNN Serrania de los Yariguies, Santander-Colombia. Pontífica Universidad Javeriana 39 p.
- Timm, R. M. (1987). Tent construction by bats of the genera *Artibeus* and *Uroderma*. Pp. 187-212, in: *Studies in Neotropical Mammalogy: essay in Honor of Philip Hershroviitz* (B. D. Patterson & R. M. Timm, eds). *Fieldiana Zoology*, 39, 187-212.
- Timm, R.M., Laval, R.K. (2000). Mammals. In: *Monteverde: Ecology and Conservation of a Tropical Cloud Forest* (N.M. Nadkarni & N.T. Wheelwright eds). Oxford University Press, New York, 223-244.
- Torres, R., A. (2013). Características y funciones hidrológicas de los bosques nublados en la Provincia de Zamora Chinchipe. Universidad Nacional de Loja. 73 p.
- Trejo-Salazar, R.E., Scheinvar, E., Eguiarte, L.E. (2015). ¿Quién poliniza realmente los agaves? Diversidad de visitantes florales en 3 especies de *Agave* (Agavoideae: Asparagaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 358-369.
- Trujillo, L., A. (2013). Análisis de nicho trófico de la comunidad de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del Parque Nacional Laguna Lachuá: un enfoque ecomorfológico. Universidad de San Carlos de Guatemala. 97 p.
- Trujillo, L. A., Barahona, R., Pérez, S. G. (2020). Filling gaps in the distribution of the free-tailed bat species of the genus *Nyctinomops* Miller, 1902 (Mammalia, Chiroptera, Molossidae), with three new records for Guatemala. *Check List*, 16(6), 1747-1754.
- Universidad de Oslo. (s.f.). Past 4. The Past for the future. Natural History Museum. <https://www.nhm.uio.no/english/research/infrastructure/past/>

- Vásquez, O., García F. J., Machado, M. (2017). Actividad nocturna y uso del espacio vertical en algunas especies de murciélagos frugívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) en Venezuela. *Rev. Biodivers. Neotrop.* 7(4), 258-268.
- Vargas, A., Aguirre, L.F., Galarza, M.I., Gareca, E. (2008). Ensamblaje de murciélagos en sitios con diferente grado de perturbación en un bosque montano del Parque Nacional Carrasco, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 15(2), 297-308.
- Vaughan, T. A. (1966). Morphology and Flight Characteristics of Molossid Bats. *Journal of Mammalogy*, 47(2), 249-260.
- Verboom, B., Huitema, H. The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. *Landscape Ecology*. 12(2), 117-125.
- Verboom, B., Spoelstra, K. (1999). Effects of food abundance and wind on the use of tree lines by an insectivorous bat, *Pipistrellus pipistrellus*. *Canadian Journal of Zoology*, 77(9), 1393-1401.
- Villar, O.M. (2018). Determinación de la composición del ensamblaje de quirópteros y uso del hábitat en los bosques neotropicales en el Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 54 p.
- Voigt, C. C., Lewanzik, D. (2011). Trapped in the darkness of the night: thermal and energetic constraints of daylight flight in bats. *Proceedings of the Royal Society*, 2278B, 2311-2317.
- Vonhof, M.J., Betts, B.J. (2010). Nocturnal activity patterns of lactating silver-haired bats (*Lasiurus noctivagus*): the influence of roost-switching behavior. *Acta Chiropterol*, 12, 283-291.
- Waltert, M., Serge, B., Sainge, N. M., Fermon, H. & Mühlenberg, M. (2005). From forest to farmland: habitat effects on afro-tropical forest bird diversity. *Ecological Applications*, 15(4), 1351-1366.
- Wanger, T. C., Darras, K., Bumrungsri, S., Tschardtke, T., Klein, A. M. (2014). Bat pest control contributes to food security in Thailand. *Biological Conservation*, 171, 220-223.
- Weinber, M., C. F. Meyer, Kalko, E. K. (2006). Activity pattern of the trawling phyllostomid bat, *Macrophyllum macrophyllum*, in Panamá, *Biotropica*, 38, 69-76.
- Welbergen, J. A. (2006). Timing of the evening emergence from day roosts of the grey-headed flying fox, *Pteropus poliocephalus*: the effects of predation risk, foraging needs and social context. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 60, 311-322.
- Wickramasinghe, L.P., Harris, S., Jones, G., Vaughan, N. (2003). Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impacts of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 40, 984-993.

- Wilkinson, L. C., Barclay, R. M. (1997). Differences in the foraging behaviour of male and female big brown bats (*Eptesicus fuscus*) during the reproductive period. *Ecoscience*, 4, 278-285.
- Williams-Guillen, K. Perfecto, I., Vandermeer, J. (2008). Bats limit insects in a neotropical Agroforestry System. *Science*, 320(5287), 70.
- Wilson, D. E. (1979). Reproductive patterns. Pp. 317-378. En: Baker, R. J., J. K. Jones Jr., Carter, D. C. (eds.). *Biology of bats of the New World Family Phyllostomidae. Part III. Special Publications of the Museum of Texas Tech University, EE.UU.*
- Wilson, A. M., Jetz, W. (2016). Remotely sensed-high resolution global cloudy dynamics for predicting ecosystem and biodiversity distributions. *PLoS Biol*, 14 (3), 20.
- Zortéa, M. (2003). Reproductive patterns and feeding habits of three nectarivorous bats (Phyllostomidae: Glossophaginae) from the Brazilian Cerrado. *Journal of Biology*, 63, 159-168.
- Zumbado, N. (2003). Polinización por murciélagos en dos sitios del Refugio de Vida Silvestre de Golfito. *Universidad de Costa Rica*. 135-143.

XII. Anexos

Anexo 1. Cronograma de trabajo propuesto en los años 2021-2022.


		2021-2022																											
		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Colecta de Información:																													
Viajes de campo		■	■	■	■			■	■	■	■			■	■	■	■			■	■	■	■						
Análisis de datos:																													
Análisis estadístico																										■	■	■	
Informe final																													
Redacción informe final																											■	■	

Anexo 2. Presupuesto

Rubros y gastos	Unidad	Precio Unitario	CIAA(Q)	Total por rubro (Q)
Viajes de campo	6			7,700.00
Transporte	6	700.00	4200.00	
Alimentación	28	50.00	1400.00	
Hospedaje	28	75.00	2100.00	
Materiales				2,210.00
Baterías AA	14	60.00	840.00	
Baterías AAA	14	60.00	840.00	
Lazo/rafia	10	10.00	100.00	
Pita de pescar	2	20.00	40.00	
esmalte de uñas	2	15.00	30.00	
Guías de identificación	3	120.00	360.00	
Kit primeros auxilios				350.00
Gasto emergencia				700.00
Publicaciones				425.00
Borradores	2	75	150	
Protocolo de tesis	1	75	75	
Informe final	1	200	200	
Total				11,385.00

Anexo 3. Licencia de investigación

Forma LI


CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS
CONAP
PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA
GUATEMALA, C. A.

Nº **00732 -B**

LICENCIA DE INVESTIGACION

DVCB 12-2021
No. _____

Nombre: Zabdi Moises Lopez Urizar No. Reg. I-DRP-003-2021
Nacionalidad: guatemalteco Identificación: DPI 1690 17109 0101
Institución: Universidad del Valle de Guatemala

Si existe contrato administrativo que ampara esta Licencia, especificar referencia:
No aplica

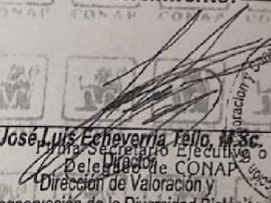
Título de la Investigación: Colecciones Biológicas Universidad del Valle de Guatemala


Institución nacional que avala la investigación: Colecciones Biológicas Universidad del Valle de Guatemala


Nombre e identificación de otros investigadores participantes:

- Zabdi López, I-DRP-003-2021, DPI 1690 17109/María Renée Álvarez, I-DRP-002-2021, DPI 1812 15438 0101/Jilchiro Yoshimoto, I-DRP-001-2021, Pasaporte TZ1264871/José Monzón, I-015-97, DPI 2371 31579 0101/Jack Schuster, I-002-95, Pasaporte P506063011/
- Daniel Ariano, I-10-2004, DPI 2331 73366 0101/Alejandra Zamora, I-016-2009, DPI 1936 91957 0101/Gabriela Alfaro, I-019-2013, DPI
- 1838 33651 0101/Ana Hacoche, I-DRM-007-2017, DPI 2633 58385 0101/Luis Ríos, I-014-2002, DPI 1534 489693 0101/Ana Lucía Dubón,
- I-018-2011, DPI 2353 19827 0101/Javier Ailo, I-13-2011, DPI 1575 47507 0101

Fecha de Emisión: Guatemala, 12 de julio de 2021
Fecha de Vencimiento: 31 de mayo de 2024


José Luis Cerverría Tello, M.Sc.
Delegado de CONAP
Dirección de Valoración y
Ejecución de la Diversidad Biológica


DVCDB


Firma de Recibido

Anexo 4. Extensión de probación de trabajo de graduación por parte del Comité de Ética, Uso y Cuidado animal de la Universidad del Valle de Guatemala



Comité de Ética, Uso y Cuidado animal de la Universidad del Valle de Guatemala

CEUCA - UVG

Investigador principal: Luis Ríos González
Tesisista UVG: María Solé Guzmán Rodríguez
Edificio y oficina: Universidad del Valle de Guatemala, Biología
E-Mails: lerios@uvg.edu.gt guz15288@uvg.edu.gt
Teléfono: (502) 59128793

Guatemala, 26 de octubre de 2021.

Estimados investigadores,

Por este medio se hace constar que la propuesta titulada: *Caracterización de la comunidad de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en un bosque nuboso de regeneración en San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala* ha sido revisada por el CICUAL: Comité de Ética, para el Uso y Cuidado Animal de la Universidad Del Valle de Guatemala (CEUCA ' UVG).

Se ha realizado la revisión de la propuesta con el fin de asegurar que se cumple con lo estipulado en la ley de bienestar animal de Guatemala y se asegure el trato ético a los animales que serán utilizados. Se ha determinado que se cumple con los requisitos necesarios, así como también se ha cumplido con los procedimientos y lineamientos descritos por el comité. Se enfatiza tomar todas las medidas de bioseguridad necesarias y con lo descrito / acordado con el CEUCA UVG en cuanto a los insumos, manejo de animales y capacitación.

Por este medio se le informa que se autoriza realizar la práctica con *animales tal y como se describe* en el protocolo mencionado por un período de un año a partir de la fecha de la presente carta. Se le solicita que, si hubiese necesidad de hacer cualquier otra modificación a lo descrito en la propuesta, se comunique previamente con el comité para que dichas enmiendas sean evaluadas de manera que se pueda garantizar que se cumple a cabalidad con los lineamientos del CEUCA-UVG y de la ley de Bienestar Animal del país.

Sin otro particular quedo a sus órdenes,



MV Vanessa Granados B
Médico Veterinario
Colegiado 997
CEUCA ' UVG (Comité de Ética, Uso y Cuidado Animal, Universidad del Valle de Guatemala).

Anexo 5. *Sturnira hondurensis* preñada



Anexo 6. *Diphylla ecaudata*



Anexo 7. *Glossophaga soricina*



Anexo 8. Trabajo en campo en el sitio de muestreo Antena (A) realizado con redes de niebla



Anexo 9. Trabajo en campo en el sitio de muestreo Bosque a la par de la Plantación de Cardamomo (PC) realizado con redes de niebla



Anexo 10. Trabajo de campo en el sitio de muestreo Calle a bosque (CB) realizado con redes de niebla



Anexo 11. Trabajo de campo en el sitio de muestreo Barranco utilizando trampa arpa a la par de una cueva.

