

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



Análisis de la biodiversidad de fauna vertebrada en la Estación Biológica ‘*Las Guacamayas*’, San Andrés, Petén, Guatemala, mediante fototrampeo.

Trabajo de investigación presentado por
Karyn Castañeda Lemus
para optar al grado de Licenciada en Biología

Guatemala,
2021

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



Análisis de la biodiversidad de fauna vertebrada en la Estación Biológica ‘*Las Guacamayas*’, San Andrés, Petén, Guatemala, mediante fototrampeo.

Trabajo de investigación presentado por
Karyn Castañeda Lemus
para optar al grado de Licenciada en Biología

Guatemala
2021

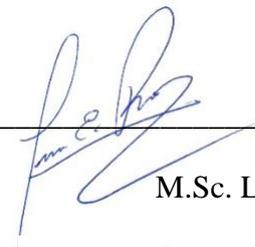
Vo. Bo. :

(f)


M.Sc. Luis Estuardo Ríos

Tribunal Examinador:

(f)


M.Sc. Luis Estuardo Ríos

(f)


Lic. Ana Lucía Arévalo

(f)


M.Sc. Gabriela Alfaro Marroquín

Fecha de aprobación: Guatemala, 10 de diciembre de 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios por Su misericordia.

A mi mamá, abuelitos y Carlitos por su apoyo incondicional, sacrificios, esfuerzo, comprensión y ánimos durante todos estos años.

A mi familia porque me han acompañado, motivado y alentado siempre.

Al equipo de la Estación Biológica “Las Guacamayas” por la cordialidad con la que nos recibieron. A la asociación Balam, especialmente a Jeovanny Tut, por brindar los datos para realizar este estudio.

Al Departamento de Biología de la Universidad Del Valle de Guatemala, por las facilidades y apoyo brindado durante mi carrera universitaria, especialmente a la directora de carrera Gabriela Alfaro por apoyarme en todo momento y a los catedráticos que me formaron profesionalmente.

A Luis Ríos, por sus enseñanzas y apoyo incondicional, por aceptarme en todas las inolvidables salidas a campo, las noches de desvelo atrapando murciélagos y los viajes al mar. Gracias porque compartió conmigo su conocimiento sin recelo me asesoró y motivó desde el primer día a ser una excelente bióloga. Gracias por creer en mí.

A Jose Miguel Morales porque tu amistad, apoyo y consejos hacen de mi una mejor persona.

A Hellen Dahinten, porque estuviste en las buenas y no tan buenas, gracias por tu amistad incondicional.

A Ana Lucía Arévalo por tu apoyo, guía, consejos y paciencia durante este trabajo

A mis amigos de la universidad por hacer de esta una etapa amena, especialmente a Luis Andrés, Kat, Ericka, Andrés, Luis, Solé, Felipe, Javier, Natalia.

A mis mejores amigos Rocío, Manuel, Eli, Isa, María José y Marcos por siempre estar para mí; a Byron por la ayuda, compañía y apoyo durante este proceso.

A todas aquellas personas que, con sus comentarios, enseñanzas, discusiones, críticas, amistad y demás me forjaron.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	1
A. <i>Bosque tropical húmedo.....</i>	<i>1</i>
1. Generalidades de los bosques tropicales húmedos	1
2. Importancia de los bosques tropicales húmedos	2
3. Bosque tropical húmedo en Guatemala	2
B. <i>Áreas protegidas de Guatemala.....</i>	<i>4</i>
1. Parque Nacional Laguna del Tigre.....	4
C. <i>Conservación de especies</i>	<i>5</i>
D. <i>Humedales.....</i>	<i>6</i>
1. Las aguadas	6
E. <i>Cámaras trampa</i>	<i>7</i>
1. Uso de cámaras trampa	7
2. Estudios con cámaras trampa en la Selva Maya	8
III. JUSTIFICACIÓN.....	10
IV. OBJETIVOS.....	12
V. HIPÓTESIS	13
VI. METODOLOGÍA	14
A. <i>Área de estudio.....</i>	<i>14</i>
B. <i>Sujeto de estudio</i>	<i>16</i>
C. <i>Diseño de muestreo.....</i>	<i>16</i>
D. <i>Análisis de registros fotográficos</i>	<i>17</i>
E. <i>Análisis estadístico.....</i>	<i>18</i>
1. Composición y riqueza de especies de vertebrados presentes en la Estación Biológica <i>Las Guacamayas</i>	18
2. Patrones de actividad	19
3. Gremios alimenticios	19
4. Influencia de variables climáticas	20
VII. RESULTADOS.....	21
A. Composición y riqueza de especies de vertebrados presentes en la Estación Biológica <i>Las Guacamayas</i>	21

1. Estimadores de riqueza de especies	23
3. Registros de vertebrados en aguadas de la EBG.....	27
4. Gremios alimenticios de los vertebrados presentes en la EBG.....	29
5. Influencia de variables climáticas	30
6. Patrones de actividad	33
VIII. DISCUSIÓN.....	34
Composición y riqueza de especies de vertebrados presentes en la Estación Biológica <i>Las Guacamayas</i>	34
A. Caracterización y riqueza de vertebrados	34
B. Estado de conservación de vertebrados presentes en la EBG	35
C. Registros de vertebrados en aguadas de la EBG.....	36
D. Gremios alimenticios de los vertebrados presentes en aguadas de la EBG.	37
E. Influencia de variables climáticas.	39
F. Patrones de actividad	40
IX. CONCLUSIONES.....	42
X. RECOMENDACIONES.....	43
XI. LITERATURA CITADA	44
XII. ANEXOS	53

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Muestras realizadas en la Estación Biológica <i>Las Guacamayas</i> en 2018 y 2021 utilizando cámaras trampa.	17
Cuadro 2. Número de registros independientes de vertebrados registrados en cuatro puntos de la Estación Biológica <i>Las Guacamayas</i> en el período de 2018 y 2021.	22
Cuadro 3. Especies de vertebrados presentes en la EBG y su estado actual de conservación 2018-2021.	26
Cuadro 4. Especies vegetales presentes en las aguadas de la EBG.	29
Cuadro 5. Matriz de correlación de Pearson (r) para las variables climáticas del año 2018.	31
Cuadro 6. Matriz de correlación de Pearson (r) para las variables climáticas del año 2021.	31

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Distribución de los bosques tropical húmedo en Sur y Centro América.	1
Figura 2. Distribución espacial del bosque húmedo tropical.	3
Figura 3. Variaciones en el sistema de sensores de cámaras trampa. a) Detección por microondas; b) Detección por vibración, c) pasivo con detección de calor o movimiento	8
Figura 4. Zonificación de la RBM	14
Figura 5 Vista satelital en Google Earth de la ubicación de la Estación Biológica <i>Las Guacamayas</i> .	15
Figura 6. Mapa de la ubicación de la Estación Biológica <i>Las Guacamayas</i> , San Andrés, Petén, Guatemala 2021	16
Figura 7. Curva de acumulación de especies para la EBG durante el período de muestreo de marzo - mayo 2018	23
Figura 8. Curva de acumulación de especies para la EBG durante el período de muestreo marzo - abril 2021	24
Figura 9. Frecuencia de registros independientes de las especies de aves vertebrados dentro de las aguadas poza Maya y poza Azul, EBG en 2018 y 2021.	27
Figura 10. Frecuencia de registros independientes de las especies de mamíferos vertebrados dentro de las aguadas poza Maya y poza Azul, EBG en 2018 y 2021.	28
Figura 11. Gremios alimenticios de las especies de vertebrados presentes en la EBG de 2018-2021 (Datos de campo).	30
Figura 12. Gráfico de matriz de correlación de Pearson para variables climáticas de 2018 en el departamento de Petén, Guatemala.	32
Figura 13. Gráfico de matriz de correlación de Pearson para variables climáticas de 2021 en el departamento de Petén, Guatemala.	32

Figura 14. Patrones de actividad de los vertebrados presentes en la EBG. Diurno (05:01-18hrs), Nocturno (20:01-5:00hrs) y Crepuscular (18:00-20:00hrs).	33
Figura 15. Frecuencia de especies registradas en la EBG 2018 y 2021.	53
Figura 16. Estimadores de riqueza temporada de muestreo 2018.	53
Figura 17. Estimador de riqueza Bootstrap temporada de muestreo 2018.	54
Figura 18. Estimador de riqueza Jackknife 2 temporada de muestreo 2018.	54
Figura 19. Estimadores de riqueza temporada de muestreo 2021.	54
Figura 20. Estimadores de riqueza Bootstrap temporada de muestreo 2021.	55
Figura 21. Estimadores de riqueza Jackknife temporada de muestreo 2021.	55

RESUMEN

La Estación Biológica *Las Guacamayas* es considerada una estrategia para conservar la biodiversidad y promover la gestión sostenible de los recursos naturales, pero únicamente se han generado investigaciones preliminares sobre descripción de flora y fauna. En el área se encuentran cuerpos de agua denominados “aguadas” las cuales son de importancia durante la temporada seca para especies vertebradas presentes en el lugar. Este estudio se enfocó en analizar la biodiversidad de fauna vertebrada presentes en la Estación Biológica *Las Guacamayas*, para lograr evidenciar la importancia de las aguadas para la fauna de aguadas. Se analizaron 5,689 foto capturas de las cuales se seleccionaron 2,396 ya que se depuraron capturas que no fueron posibles corroborar para ser incluidas en el procesamiento. Las temporadas de muestreo fueron marzo-mayo 2018 y marzo 2021, generando un listado de especies registradas en el área, se determinó el estado de conservación y al gremio alimenticio pertenecientes. También se determinó el patrón de actividad para especies que presentaron más de 11 registros independientes y por medio de matrices de correlación de Pearson se evaluó si las variables climáticas de temperatura, precipitación y humedad relativa influyen en el número total de especies registradas por temporada de muestreo. Se registró un total de 37 especies agrupadas en 14 órdenes y 27 familias en cuatro puntos de muestreo dentro de la estación. El orden predominante fue Carnívora, registrando presencia de depredadores como jaguar y puma. Se registraron patrones de actividad y se dividieron en tres grupos: diurnos, nocturnos y crepuscular. Los resultados obtenidos permitieron la clasificación de wood thrush (*H. mustelina*) mono aullador (*A. pigra*) y mono araña (*A. geoffroy*) con patrón de actividad diurno. Wood thrush, cotuza, mono aullador y mono araña presenta patrón de actividad crepuscular; *G. Formosa* y *D. punctata* presentan patrones catamerales, es decir, diurnos y nocturnos. Se rechazó la hipótesis ya que no se pudo comprobar si existe influencia de

variables climáticas sobre el número total de especies registradas. Se recomienda realizar estudios complementarios con un mayor esfuerzo de muestreo, para lograr registrar la mayor cantidad de especies vertebradas posibles, de manera que el tiempo y estaciones de fototrampeo sean equitativas.

I. INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biosfera Maya (RBM), declarada en 1990, se encuentra ubicada en el departamento de Petén comprendiendo una extensión de 1.5 millones de hectáreas aproximadamente (CONAP *et al.*, 2009). Las características naturales de la reserva albergan una alta diversidad biológica y elementos representativos de flora y fauna (CONAP, 1996). Dentro de esta encontramos el Parque Nacional Laguna del Tigre, presenta una extensión de 337,899 hectáreas, es la zona núcleo más grande de la RBM; dentro de la cual se encuentran representados 13 de los 16 ecosistemas presentes dentro de la RBM, además de poseer la categoría RAMSAR, como un humedal de alta importancia (Ramsar, 1998), dada la gran concentración de humedales de agua dulce.

El estudio se centra en la Estación Biológica *Las Guacamayas* (EBG) siendo una de las pocas áreas a nivel nacional donde aún se pueden encontrar algunas de las especies más emblemáticas a las cuales se les puede designar como especies “sombrija” como el jaguar, puma y tapi (Lambeck, 1997) las cuales son clave para generar información para el manejo de la biodiversidad y conservación, además hay muchas especies que ayudan a mantener un equilibrio ecológico dentro de los ecosistemas, como es la depredación, dispersión de semillas y herbívora (González, 2015)

Considerando lo anterior, en la presente investigación se analizó la biodiversidad de fauna vertebrada presentes en la Estación Biológica *Las Guacamayas*, dentro del Parque Nacional Laguna del Tigre, Reserva de la Biosfera Maya, San Andrés, Petén, Guatemala mediante la técnica de fototrampeo. En este análisis se determinó la composición y riqueza de vertebrados, uso de aguadas, estado de conservación y patrones de actividad. Este estudio permite generar información para el sitio de estudio, y al mismo tiempo generar y mejorar estrategias de manejo y conservación de las especies dentro del área.

II. ANTECEDENTES

A. Bosque tropical húmedo

1. Generalidades de los bosques tropicales húmedos

Se define un bosque tropical húmedo como el área donde la precipitación anual excede la cantidad de agua perdida a través de la evaporación y transpiración. La principal característica de estos bosques es la alta pluviosidad la cual genera humedad, además de la gran diversidad de flora y fauna que poseen (Gentry, 2010). Se considera que este conjunto de ecosistemas conforma alrededor de un 7% de la superficie terrestre, en este se conoce más de la mitad de las especies tanto vegetales como animales conocidos (Quintero, 2019)



Figura 1. Distribución de los bosques tropical húmedo en Sur y Centro América.

(Corlett, 2011)

2. Importancia de los bosques tropicales húmedos

Los bosques tienen como función primaria la producción, protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos hídricos. Presentan la mayor diversidad de recursos vegetales y animales en el mundo, se ha estimado que el 50% de los recursos mundiales es originario de estos (Bundestag, 1990). Además de ser una fuente de una variedad extensa de bienes y servicios, como hábitats y nichos ecológicos, protegen la biodiversidad global. Aunque no se conoce con exactitud la cantidad de especies que existen en este tipo de bosques, se estiman entre 10 a 100 millones de especies (Salazar, 2011).

Los bosques tropicales participan en la regulación climática, ayudan en la mitigación de sequías e inundaciones, también contribuyen a la conservación de suelos y que estos vuelvan a ser fértiles; así como evitar la erosión; estos bosques son captadores de agua en forma de lluvia (CONAP, 2021).

3. Bosque tropical húmedo en Guatemala

La zona de vida de bosque húmedo tropical es la más extensa de Guatemala, comprende una extensión territorial del 31.75% del territorio nacional, siendo esto un poco más de un tercio del país. La altitud promedio es de 182 msnm., siendo el punto más bajo 0 msnm y el más alto 1,139msnm.

El uso de tierra que se le da a estos bosques consiste en ganadería (29.12%), vegetación (bosque 29.12%, matorrales y arbustos 9.33%), cultivos básicos como granos (9.33%) y caña de azúcar (6.21%). También se presenta el cultivo de palma africana (2.81%) aunque esto ha ido en aumento (Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra, 2014)

Con respecto a la vegetación, este bosque presenta la característica de poseer riqueza arbórea con abundante número de especies codominantes. Se ha determinado que este tipo de bosque posee cinco estratos de plantas independientes (Richards, 1996). Se han registrado 64 familias, 138 géneros y 220 especies de plantas. Entre estas las dominantes

son ramón (*Brosimum alicastrum*); chechén negro (*Metopium brownei*), tinto (*Haematoxylon campechianum*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*). Mientras que en el guamil o bosque en regeneración se encuentra el chacaj (*Bursera simaruba*), chechén negro (*Metopium brownei*) y palo de gusano (*Lonchocarpus castilloi*)” (González, 2015).

La fauna que presentan estos bosques es abundante, se han registrado más de siete especies de anfibios, 38 especies reptiles, 118 especies de aves, 32 especies de murciélagos y cinco de roedores (Ixcot *et al* 2005). Entre las distintas y múltiples especies de mamíferos, se encuentran el tapir (*Tapirus bairdii*), puma (*Puma concolor*), jaguar (*Panthera onca*), jabalí (*Tayassu pecari*), ocelote (*Leopardus pardalis*), zorra gris (*Urocyon cinereoagenteus*), venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*, cotuza (*Dasyprocta punctata*) y *Tamandua mexicana*, entre otros (García y Radachowsky, 2004). También se encuentran especies catalogadas en peligro por la UICN (Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), entre estas se encuentra la tortuga blanca (*Dermatemys mawii*) (García y Radachowsky, 2004; IUCN, 2014).

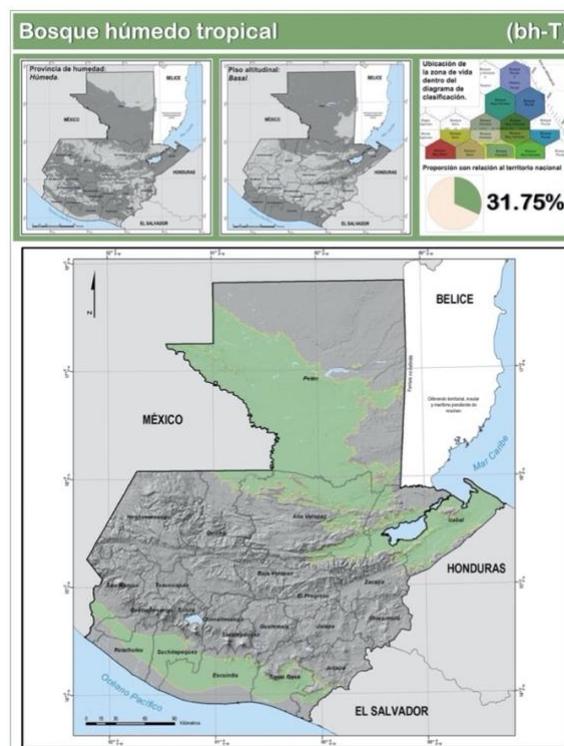


Figura 2. Distribución espacial del bosque húmedo tropical.

(Infoiarna, 2018)

B. Áreas protegidas de Guatemala

La Ley de Áreas Protegidas (Decreto 4-89) declara que creación de áreas protegidas naturales tiene por objetivo “la conservación, manejo racional y restauración de flora y fauna silvestre...” además de la preservación de ambientes naturales representativos y funcionales de las distintas regiones ecológicas y biogeográficas, administradas por el Sistema de Áreas Protegidas (SIGAP, 2021).

Guatemala cuenta con 347 áreas protegidas (SIGAP, 2021) registradas, las cuales representan aproximadamente 4,337,950 hectáreas, lo que representa 31% del territorio nacional. Se presentan seis categorías de áreas protegidas clasificadas según características y tipo de manejo:

- I: Parque Nacional:
- II: Biotopo Protegido
- III: Reserva Protectora de Manantiales/ Reserva Hídrica y Forestal/ Refugio de Vida Silvestre
- IV: Parque Regional
- V: Reserva Natural Privada
- VI: Reserva de Biosfera

1. Parque Nacional Laguna del Tigre

La categoría de Parque nacional goza de un determinado estatus legal, debido a que se debe proteger y conservar la riqueza de flora y fauna del área, además que posee interés científico. El Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLT) es parte de las siete áreas protegidas que constituyen la Reserva de la Biosfera Maya (RBM) y fue establecido el 30 de enero 1990 por el Decreto 5-90, este define el área como zona núcleo de la RBM. Las áreas legalmente declaradas son alrededor de 289,912 ha sido esta parte del área de protección más estricta y grande de Guatemala. El Decreto antes mencionado delimita geográficamente el área y la define como zona núcleo de la RBM y ratifica como administrador del parque al Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Presenta una extensión de 337, 899 hectáreas, es la zona núcleo más grande de la RBM; dentro de la cual se encuentran representados 13 de los 16 ecosistemas

presentes dentro de la RBM, además de poseer la categoría RAMSAR, como un humedal de alta importancia (Ramsar, 1998), dada la gran concentración de humedales de agua dulce. El área presenta clima tropical con temperatura promedio entre los 21°C – 31°C precipitación anual 1,736.8 mm/año. En la época seca el recurso hídrico es limitado tanto para la fauna y flora, como para las personas. En invierno la precipitación pasa a ser de 150 mm/mes, durante este tiempo la zona es propensa a inundaciones.

Dentro del Parque, se pueden encontrar un gran número de especies de flora y fauna amenazadas, entre estas la guacamaya roja (*Ara macao*), jaguar (*Panthera onca*), cocodrilo moreleti (*Crocodylus moreletii*), tapir (*Tapirus bairdii*), entre otras. Además, muchas especies de peces endémicos y aves acuáticas (CONAP, 2016).

C. Conservación de especies

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), tiene como principal propósito manejo y conservación de biodiversidad del país. Se han generado distintos instrumentos en los que se presentan lineamientos para gestionar efectivamente las poblaciones silvestres, además del estado de conservación de las especies. Esto permitió que se promulgara el listado de especies amenazadas (LEA) del CONAP, en este se presentan especies de flora y fauna nativas de Guatemala que se consideran bajo amenaza de extinción local o nacional. En este listado se presentan 1,639 especies y se basa en criterios internacionales, establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN-, *The Nature Conservancy* y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre -CITES- (CONAP, 2009).

La UICN publicó un listado “Lista Roja” de especies amenazada, este genera un inventario de especies al cual se puede acudir y conocer el estado de la biodiversidad a nivel mundial. Esta permite que se conozcan y consideren opciones para conservar especies (UICN, 2014).

D. Humedales

Los denominados humedales son superficies cubiertas de agua, ya sean naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancado o corriente (RAMSAR, 1998). Este tipo de aguas superficiales se caracteriza por presentar vegetación hidrófila, suelos hídricos en desarrollo y condiciones hídricas caracterizadas por la influencia climática (Rojas *et al* 2003).

1. Las aguadas

En la Reserva de la Biosfera Maya encontramos estanques estacionales o intermitentes, lo cuales son humedales de mayor distribución, y se conocen localmente como aguadas. Estas son formadas por depresiones aisladas en todo el paisaje, se caracterizan por presentar suelo compacto y arcilloso (García y Radachowsky, 2004). Es importante mencionar que estas son variables en cuanto a forma y profundidad, esto hace que formen un hábito distintivo (Lundell, 1937). Las aguadas han sido importantes a lo largo del tiempo para la sobrevivencia de las personas en el bosque tropical, además son aprovechadas por campamentos de chicleros, milperos, recolectores del bosque y actualmente por ganaderos (Ponce *et al*, 2012).

Son hábitats críticos sujetos a variaciones climáticas, intensidad de uso y permeabilidad de suelo (Martínez-Kú *et al.*, 2008). Estos cuerpos de agua afectan la distribución y abundancia tanto de flora como de fauna, constituye uno de los principales factores que determinan presencia y uso de hábitats de especies (Mesa-Zavala *et al*, 2012). Se encuentran sujetos a presiones como permeabilidad de suelo, variaciones climáticas, intensidad de uso por la fauna y también el uso antropogénico inapropiado (Martínez-Kú *et al*, 2008). Las aguadas también son sitios de importancia dado que son utilizados para cacería, o extracción de peces cuando están por secarse (Reyna *et al*, 2010).

Las aguadas son una fuente importante para mantenimiento de poblaciones de fauna silvestre ya que son una de las fuentes abastecedoras de agua de lluvia, además, sirven para el descanso y abastecimiento de algunas especies; además de ser clave para algunos mamíferos (Galindo – Leal, 1999). El hecho de ser clave para ciertas especies ha permitido que se forme una asociación de algunos mamíferos con las aguadas durante

la temporada seca (Martínez-Kú *et al*, 2008), debido a esto las aguadas son funcionales como centros de concentración de especies.

E. Cámaras trampa

Las cámaras utilizadas para trampeo son equipos fotográficos que se activan de manera automática, puede ser por medio de movimiento o calor. Existen distintos modelos y fabricantes por lo que la tecnología puede ser adaptada a la necesidad o situación. Esta herramienta es ampliamente utilizada en el estudio de fauna silvestre (Rowcliffe y Carbone, 2008; Rovero *et al.* 2010)

El método de captura por medio de cámaras trampa es relativamente nuevo, es alrededor de 1900 que se comienza a usar la fotografía remota y el aumento drástico se debe a las cámaras trampa comerciales (O'Connell *et al.* 2011). Es implementado como método de investigación por Frank Chapman en 1920, quien documentó especies en la isla de Barro Colorado, Panamá (Kucera y Barrett, 2011).

1. Uso de cámaras trampa

Este método se considera no invasivo y se debe a que el disturbio que provoca en especies objetivo es mínimo, se puede utilizar en distintos hábitats, y el tiempo puede ser prolongado soportando condiciones precarias; la información que puede proveer es de un rango de especies simultaneo y continuo (Gonzalez, 2015; Kusera y Barrett, 2011; Acrenaz *et al.* 2012).

En la actualidad este método de cámaras trampa es utilizado para obtener información de presencia y riqueza de especies en áreas de interés, además permite generar patrones de comportamiento, actividad preferencia, etcétera. La abundancia y densidad poblacional son otros parámetros, junto a los poblacionales, que se pueden obtener mediante el monitoreo con este método (Van Schaik y Griffiths, 1996; Rovero *et al* 2010; O'Connell 2011; Acrenaz *et al.* 2012). La detección específica de especies es útil para conocer el estado de especies o comunidades, permite utilizar la ocurrencia de las especies para generar respuestas a preguntas sobre ecología del comportamiento (Hamel *et al.* 2013).

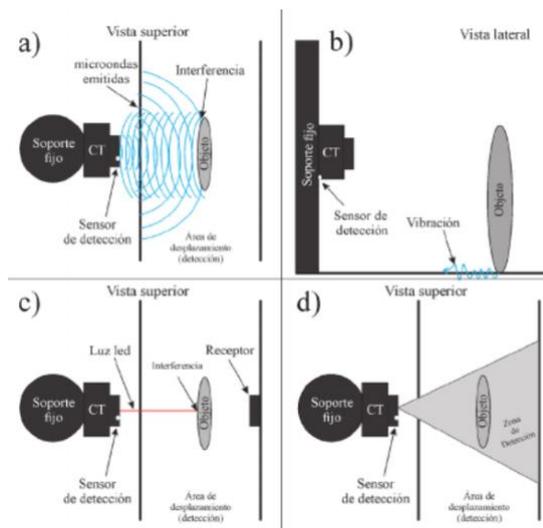


Figura 3. Variaciones en el sistema de sensores de cámaras trampa. a) Detección por microondas; b) Detección por vibración, c) pasivo con detección de calor o movimiento.

(García-Grajales, 2018)

2. Estudios con cámaras trampa en la Selva Maya

El área de la RBM ha sido sitio importante para estudios utilizando el método de fototrampeo, se ha presentado una considerable cantidad de publicaciones que demuestran la utilidad a favor de la conservación tanto de especies como ecosistema.

Estrada (2006) quien analizó la segregación entre jaguar (*Panthera onca*) y puma (*puma concolor*) en la Selva Maya comparando los componentes: dieta, uso de hábitat y patrones de actividad. El estudio concluyó en que ninguna de las especies segrega mutuamente, ni espacial ni temporalmente, además que no compiten directamente en el uso de presas principales. Con respecto a los patrones de actividad, concluye que son similares y ambos son nocturnos. Otro estudio sobre jaguares realizado en 2008 (Moreira *et al.*) utilizaron cámaras trampa para estimar la densidad, esto fue trabajado en el Biotopo Naachtún Dos Lagunas. Se estimó la abundancia de $7.02 \pm 6.44 - 13.85 \pm 6.81$ jaguares por cada 100 km²

Moreira (2009) determinó patrones diarios de actividad, composición, tamaño y abundancia relativa de manadas de jabalí en el Parque Nacional Mirador-Río Azul. También Ruano-Fajardo (2009) realizó un monitoreo de manadas de jabalí (*Tyassu pecari*) y dantos (*Tapirus bairdii*) que visitan las aguadas durante Julio, dentro del

Biotopo Naachtún Dos Lagunas. Generó un registro total de 20 especies de vertebrados, 10 mamíferos y 10 aves.

González (2015) realizó una investigación en el Biotopo Protegido Naachtún-Dos Lagunas y caracterizó vertebrados terrestres medianos y mayores asociándolos a cuatro aguadas durante la temporada seca. Determino la composición y diversidad del objeto de estudio, además patrones de actividad. Concluyo que existe una correlación en la frecuencia de visita y la temperatura ambiental; además de una tendencia en el aumento de la riqueza de especies al aumentar el tamaño de aguadas.

III. JUSTIFICACIÓN

La Reserva de Biosfera Maya (RBM) se considera como el sitio con mayor diversidad biológica en Mesoamérica, pero al mismo tiempo, presenta una alta vulnerabilidad ante los cambios climáticos (Anderson *et al.* 2008). La biodiversidad biológica de Guatemala presenta varias amenazas, las cuales afectan directamente la integridad de ecosistemas y la existencia de especies. Entre los factores más relevantes se encuentra la deforestación, el avance de la frontera urbana, particularmente en las áreas rurales, cacería y tráfico ilegal de fauna silvestre. Estos han ocasionado el desplazamiento forzado de diferentes especies de animales, haciéndose más evidentes en con la fauna silvestre y generando un aumento de la cacería ilegal de las mismas (Thornton, 2010); además se debe sumar a esto los efectos negativos del cambio climático, los cuales influyen en los patrones de precipitación anual, lo que puede afectar la disponibilidad de agua para la población faunística (Hetem *et. al.*, 2014; IARNA, 2009; González, 2015).

La Estación Biológica *Las Guacamayas* (EBG) es una de las pocas áreas a nivel nacional donde aún se pueden encontrar algunas de las especies más emblemáticas a las cuales se les puede designar como especies “sombrija” como el jaguar, tapir y puma (Lambeck, 1997) las cuales son clave para generar información para el manejo de la biodiversidad y conservación, además hay muchas especies que ayudan a mantener un equilibrio ecológico dentro de los ecosistemas, como es la depredación, dispersión de semillas y herbívora (González, 2015)

La captura de animales por medio de cámaras trampa es un método no invasivo que permite obtener información de un amplio rango de especies durante un tiempo prolongado y en extensas áreas (González, 2015). En Guatemala, el estudio con cámaras trampa ha ido aumentando con el paso del tiempo, siendo utilizadas, entre otras formas, para detectar presencia de animales medianos o grandes y patrones de comportamiento, uso de hábitat. Son sumamente útiles para realizar inventarios, analizar patrones de actividad y comportamiento de ciertas especies, además de monitorear la fauna estimando abundancia y densidad (Díaz-Pulido y Payán, 2012). Es importante mencionar que estos estudios se vuelven costosos debido al equipo y largos períodos de muestreo; además pueden ocasionarse vacíos de información en el proceso debido a que

existe la posibilidad que el equipo sea dañado o robado (Terrones, Bonet y Cantó, 2008; Lizcano, 2018).

Con esta investigación, se pretende contribuir a llenar vacíos de información sobre la biodiversidad de fauna vertebrada presentes en el área de la Estación Biológica *Las Guacamayas*. También busca generar información y establecer una línea base sobre la fauna vertebrada para futuros planes de implementación y estrategias de monitoreo biológico. Ofrecerá datos del estado del bosque, de las comunidades locales y posibles centros de mayor importancia. De igual manera, se determinará si las variables ambientales influyen 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 fauna. Así como también el poder determinar el valor de las aguadas para las comunidades faunísticas de la EBG, sobre todo a la luz de los efectos del cambio climático.

Es importante mencionar que este estudio es de suma importancia por el análisis de los datos ha generado datos de información a lo largo del tiempo, pero estos no han sido procesados; con este se pretende resaltar la importancia de una correcta toma de datos y un procesamiento y análisis adecuado y oportuno.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Caracterizar la biodiversidad de fauna vertebrada presentes en la Estación Biológica *Las Guacamayas*, Parque Nacional Laguna del Tigre, Reserva de la Biosfera Maya, San Andrés, Petén, Guatemala, mediante fotocapturas de cámaras trampa.

B. Objetivos específicos

- Generar una lista de especies de fauna vertebrada presentes en el área de estudio.
- Determinar diversidad y composición poblacional de vertebrados que visitan aguadas de la EBG.
- Determinar si existe una correlación en la frecuencia de visita en las aguadas de la EBG y parámetros climáticos generales.

V. HIPÓTESIS

Ha: Existe una correlación directamente proporcional entre las variables climáticas de temperatura media, precipitación y humedad relativa, con la riqueza de especies de vertebrados reportadas para la Estación Biológica *Las Guacamayas*.

VI. METODOLOGÍA

A. Área de estudio

El Parque Nacional Laguna del Tigre (PNLDT) ubicado en el municipio de San Andrés, Petén, parte de la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Maya, colindando al norte y oeste con México. Al sureste del PNLDT se encuentra la Estación Biológica *Las Guacamayas* (EBG), ubicada al sudeste del PNLDT, 19°08'671" 19°08'709" (UTM 15N). Este comprende un área de 31,221 hectáreas incluyendo la cuenca del río San Pedro.

La estación limita al norte y al este con la zona de usos múltiples de la RBM, al sur con la zona de amortiguamiento (Rodas, 1998) que fue creada como una estrategia para preservar la biodiversidad y promover la gestión sostenible de los recursos naturales. Como parte de sus acciones de conservación, se han promovido varias investigaciones, de forma preliminar, sobre descripción de flora y fauna (Rodas, 1998).

En la región, encontramos cuerpos de agua superficial denominados “aguadas”, los cuales son ecosistemas de agua dulce con acumulación de agua de lluvia, las que se consideran de gran importancia durante la época seca para distintas especies de fauna, como vertebrados, y para especies de flora (Reyna *et al.*, 2010; Ruano-Fajardo, 2009).

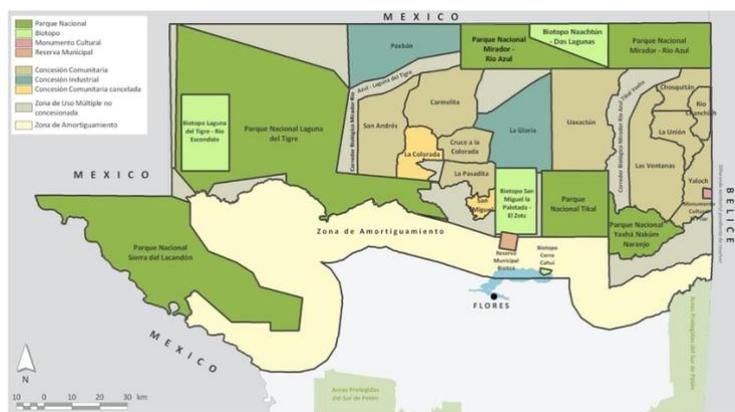


Figura 4. Zonificación de la RBM.

(CONAP y WCS, 2018)

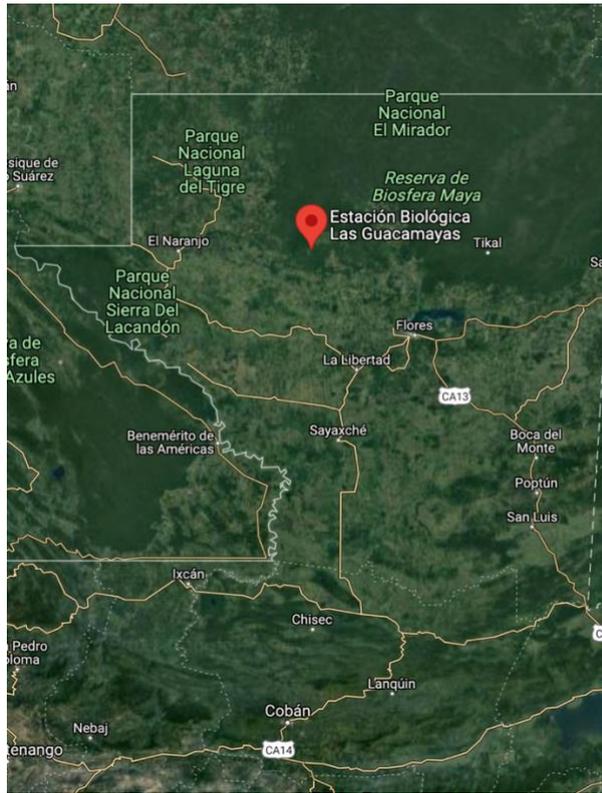


Figura 5 Vista satelital en Google Earth de la ubicación de la Estación Biológica *Las Guacamayas*.

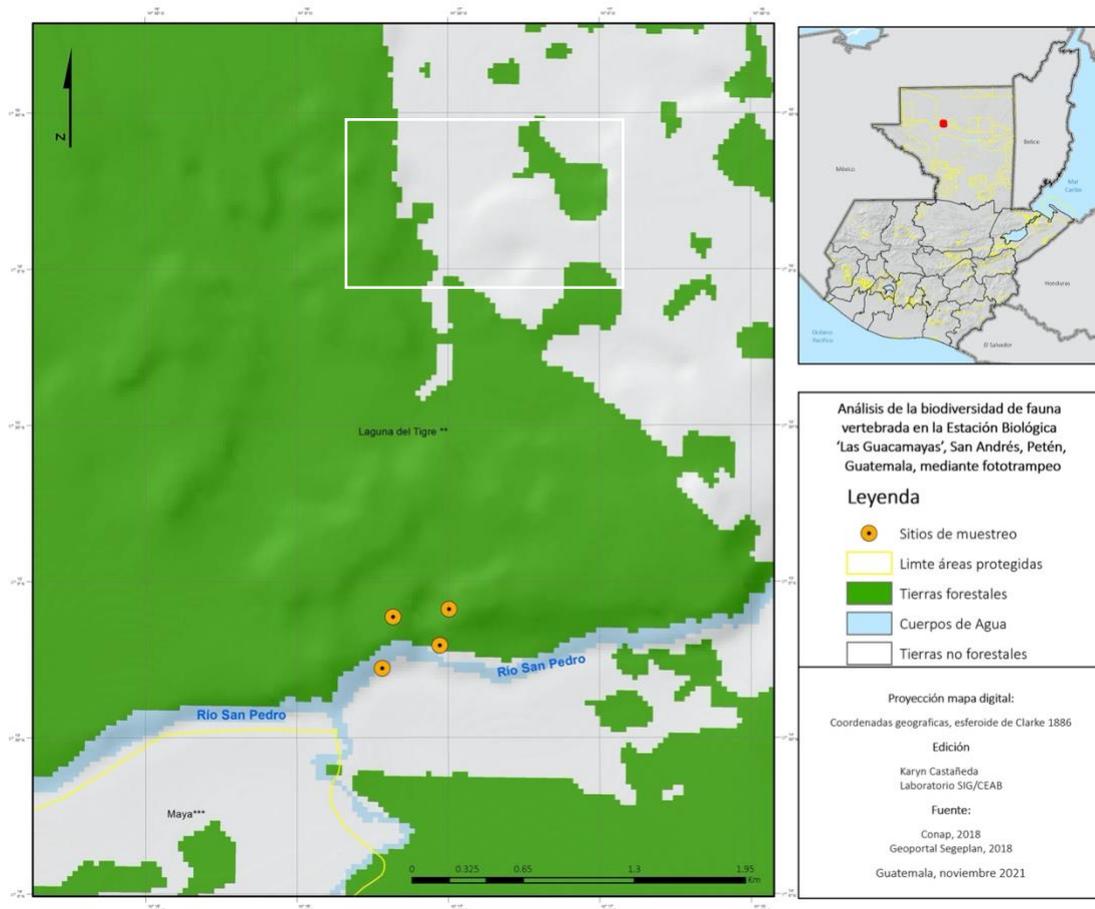


Figura 6. Mapa de la ubicación de la Estación Biológica *Las Guacamayas*, San Andrés, Petén, Guatemala 2021

B. Sujeto de estudio

El sujeto de estudio objetivo es la población de vertebrados presente en la Estación Biológica *Las Guacamayas* (EBG) al sureste en el Parque Nacional Laguna del Tigre, San Andrés, Petén.

C. Diseño de muestreo

Los datos que se analizaron en este trabajo fueron proporcionados por la Fundación BALAM, Estación Biológica *Las Guacamayas*, la cual ha generado fotocapturas en distintas áreas de la EBG durante un largo período de tiempo, con el objetivo de monitorear la fauna del lugar. Todos estos muestreos son realizados por conveniencia,

colocando las cámaras en áreas estratégicas, llamadas “hides”, para capturar las distintas especies de vertebrados dentro del área de interés.

Se tomó en cuenta únicamente los muestreos que tuvieron 30 días efectivos por época y consideraron registros independientes teniendo como condición el cumplimiento de un periodo de una hora entre individuos de la misma especie.

Cuadro 1. Muestreos realizados en la Estación Biológica *Las Guacamayas* en 2018 y 2021 utilizando cámaras trampa.

Año	Meses	Época del año	Duración (días)	no. Cámaras
2017	marzo- mayo	seca	-	-
2018	marzo- mayo	seca	92	4
2021	marzo- abril	seca	35	4

Las cámaras se programaron para estar activas las 24 horas del día, en baja sensibilidad y capturar un máximo de cinco fotos por evento en intervalos de cinco segundos y se realizaron los muestreos en una misma temporada.

Según Lira–Torres y Briones–Salas (2012) el esfuerzo de total de un muestreo con cámaras trampa se calcula multiplicando el número de cámaras trampa por el total de días de muestreo (*Esfuerzo total = # total de cámaras trampa * # total de días de muestreo*). No obstante, la presente investigación no posee un esfuerzo de muestreo comparable, por lo que se realizó una estimación de la riqueza de especies por temporada de muestreo en base al esfuerzo que se llevó a cabo.

D. Análisis de registros fotográficos

Para el manejo de fotografías e información correspondiente, se utilizó el programa Microsoft Excel para tabulación y de los datos, crear bases de datos etiquetando y clasificando las especies capturadas. El formato que se utilizó fue Darwin Core, el cual contiene fecha, hora, número de fotocolecta, temperatura y análisis taxonómico del animal fotografiado (Castelblanco, Narvaez y Pulido, 2017). Se hizo la clasificación en

cuatro estaciones (Poza Maya, Poza Azul, Salón y Mirador). Para identificación de especies fotografiadas se utilizaron guías de campo y literatura a fin.

E. Análisis estadístico

1. Composición y riqueza de especies de vertebrados presentes en la Estación Biológica Las Guacamayas

La diversidad de especies se basa en el número de especies presentes, por lo que se utilizaron curvas de acumulación de especies para obtener una visualización del esfuerzo requerido para registrar la máxima riqueza de especies presentes en el área. Esto quiere decir que se estimó si el número de especies que se capturó fue representativo del sitio muestreado (Díaz-Pulido y Payán-Garrido, 2012; Soberón y Llorente, 1993; Rovero *et al*, 2010). Esto se generó utilizando estadísticos no paramétricos: Chao2, Jackknife 2 y Bootstrap (Tobler *et al* 2008; Rovero *et al* 2010; Díaz-Pulido y Payán-Garrido, 2012).

La frecuencia de captura se calculó a partir del índice de abundancia relativa

$$Ar=(\text{número de capturas por especie/esfuerzo de muestreo}) *100$$

Los métodos para estimar riqueza de especies pueden dividirse en paramétricos y no paramétricos, en este estudio se utilizó el segundo grupo ya que son de distribución libre, los datos no asumen un tipo de distribución particular ni supuestos a priori, lo que quiere decir que no deben ajustarse a un modelo determinado (Moreno, 2001). Los principales modelos que se emplean en este grupo para estimación de riqueza son *jackknife 1 y 2*, *bootstrap* y *Chao 1 y 2*.

Para efectos del estudio se utilizaron los modelos Jackknife2 el cual se basa en la incidencia y el número de especies, requiere presencia-ausencia de una especie en la muestrear y también Bootstrap, el cual es un método de re-muestreo, este presenta un enfoque que proporciona buena aproximación de la distribución de los estimadores, además, estimaciones del error estadístico.

Las curvas de acumulación de especies son una representación gráfica del número de especies presentes en el sitio de estudio y en función de los días de

muestreo, este tipo de gráficos nos muestra que conforme aumenta el esfuerzo de muestreo ocurre lo mismo con el número de especies muestreadas, o en el caso de las fotocapturas, estas van aumentando de forma rápida para luego estabilizarse. Además, se aplicó rarefacción sin sobreestimar el sujeto de estudio, con esta se pretende interpolar el número de especies colectadas en un sitio (Escalante, 2003) Para esto se genera la curva de acumulación utilizando el muestreo base, y se re-muestra aleatoriamente para generar la curva. La aplicación de esto lo que permite es estimar cuántas especies se podrán obtener con un determinado esfuerzo de muestreo ya sea de un tamaño igual o menor al muestreo base

Para la evaluación del estado de conservación de las poblaciones de vertebrados se toma en cuenta la “Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN”, el listado de especies amenazadas del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (LEA) y el listado de la Convención Sobre el Comercio Internacional de especies amenazadas (CITES).

2. Patrones de actividad

Las cámaras trampa permanecieron durante 24 horas continuas por varios días, lo que permitió obtener el tipo de actividad que presentan algunas especies (O’Connell *et al*, 2011). Para determinar los patrones de actividad de especies se obtuvieron al menos 11 registros independientes, el cual es el número mínimo para describir patrones de actividad (Maffei *et al*. 2002; Monroy-Vilchis *et al*, 2009), utilizando foto capturas con la hora visible. Posteriormente los registros de horas obtenidos se clasificaron en tres grupos para hacer más preciso el análisis: diurno entre 5:01 – 18:00hrs, nocturno entre 20:01-5:00hrs y crepuscular entre 18:00 – 20:00hrs.

3. Gremios alimenticios

Es importante conocer cómo se encuentran divididos los hábitos alimenticios de los vertebrados presentes en la EBG para identificar hábitos forrajeros, potenciales sitios de investigación y, a futuro, de reintroducción. Además, aplicar herramientas de mejora del hábitat en pro de los animales (Salazar-Ortiz *et al*, 2019). Utilizando los datos se realizó una clasificación de las especies por gremio alimenticio al que pertenecen y se generó la distribución para poder realizar una comparación.

4. Influencia de variables climáticas

Para poder determinar si existe influencia en la riqueza de especies de vertebrados reportada por variables climáticas se utilizaron bases de datos proporcionadas por el Instituto de Sismología, Vulcanología y Meteorología (INSIVUMEH), las cuales contenían datos de lluvia media (mm), temperatura máxima y mínima (°C) y porcentaje de humedad relativa (HR) registradas en la estación meteorológica del departamento de Petén. Se generó una matriz de correlación de Pearson (r) utilizando el programa Rstudio, los parámetros fueron promediados mensualmente y se utilizaron los meses en que se realizaron los muestreos (Lehman *et al*, 2005).

VII. RESULTADOS

A. Composición y riqueza de especies de vertebrados presentes en la Estación Biológica *Las Guacamayas*

Para la Estación Biológica *Las Guacamayas*, se analizaron un total de 5,689 foto capturas de las cuales se seleccionaron 2,396 ya que se depuraron capturas que no fueron posibles corroborar para ser incluidas en el procesamiento. Se presenta un listado de especies de vertebrados (ver Cuadro 2) registrados en cuatro puntos de la EBG en el período de 2018 (marzo-mayo) y 2021 (marzo).

En 2018 se tuvo un esfuerzo total de muestreo de 368 días-trampa, donde el esfuerzo de muestreo fue mayor (94 días-trampa). El número de especies que se registró en este año fue de 26 especies, siendo el mono araña (*Ateles geoffroyi*) la más avistada (ver anexo 14). Para 2021 el esfuerzo total de muestreo fue de 124 días-trampa se registraron 21 especies y en este caso la especie con mayor avistamiento fue la Cotuza (*Dasyprocta punctata*). (ver anexo 14).

Cuadro 2. Número de registros independientes de vertebrados registrados en cuatro puntos de la Estación Biológica *Las Guacamayas* en el período de 2018 y 2021.

Registros independientes						
Clase	Especie	Poza Maya	Poza azul	Salón	Mirador	Total general
Aves		19	17	31	5	72
	<i>Pseudastur albicollis</i>	1	1	0	0	
	<i>Spizaetus ornatus</i>	0	1	0	0	
	<i>Accipiter bicolor</i>	1	1	0	0	
	<i>Crax rubra</i>	2	3	0	0	
	<i>Penelope purpurascens</i>	0	2	0	0	
	<i>Ortalis vetula</i>	0	4	0	3	
	<i>Phasianus colchicus</i>	0	2	0	0	
	<i>Geothlypis formosa</i>	5	0	6	0	
	<i>Seiurus aurocapilla</i>	3	0	4	0	
	<i>Psilorhinus morio</i>	2	0	2	0	
	<i>Piranga rubra</i>	0	0	3	0	
	<i>Hylocichla mustelina</i>	0	0	11	0	
	<i>Ceratopipra mentalis</i>	1	0	0	0	
	<i>Piaya cayana</i>	0	0	3	1	
	<i>Zenaida asiatica</i>	2	0	1	1	
	<i>Tinamus major</i>	0	3	0	0	
	<i>Glaucidium brasilianum</i>	1	0	0	0	
	<i>Momotus lessonii</i>	1	0	1	0	
Mammalia		33	20	30	7	90
	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	3	0	5	0	
	<i>Puma yagouaroundi</i>	1	0	0	1	
	<i>Leopardus pardalis</i>	3	1	4	1	
	<i>Panthera onca</i>	1	2	0	1	
	<i>Puma concolor</i>	1	2	0	0	
	<i>Procyon lotor</i>	0	1	0	0	
	<i>Eira barbara</i>	0	1	0	0	
	<i>Conepatus semistriatus</i>	2	0	0	0	
	<i>Nasua narica</i>	4	0	0	0	
	<i>Cuniculus paca</i>	1	0	0	0	
	<i>Sciurus vulgaris</i>	0	0	2	0	
	<i>Dasyprocta punctata</i>	1	1	11	3	
	<i>Philander opossum</i>	0	0	4	0	
	<i>Didelphis marsupialis</i>	0	0	3	1	
	<i>Pecari tajacu</i>	0	1	0	0	
	<i>Odocoileus virginianus</i>	0	0	1	0	
	<i>Alouatta palliata</i>	6	5	0	0	
	<i>Ateles geoffroy</i>	8	4	0	0	
	<i>Tapirus bairdii</i>	2	2	0	0	
	Total general	52	37	61	12	162

***En Mirador únicamente se presentaron datos de 2018.**

1. Estimadores de riqueza de especies

Utilizando el programa RStudio se utilizaron los estimadores de riqueza Jack2 y Bootstrap aplicando rarefacción para estandarizar el tamaño de muestra (ver anexos 15 a 20) para ver el número de especies registradas en cada periodo de muestreo en base al esfuerzo por días de muestreo. En la curva de acumulación de especies generada (Figura7) durante el período de marzo a mayo de 2018, muestra que se pudieron haber registrado hasta aproximadamente 32 especies para este período y se registraron únicamente 26 especies, por lo que se encuentra por debajo de la estimada. Durante el período de marzo – abril de 2021, muestra que se pudieron registrar aproximadamente 20 especies para este período y se reportaron un total de 21 especies.

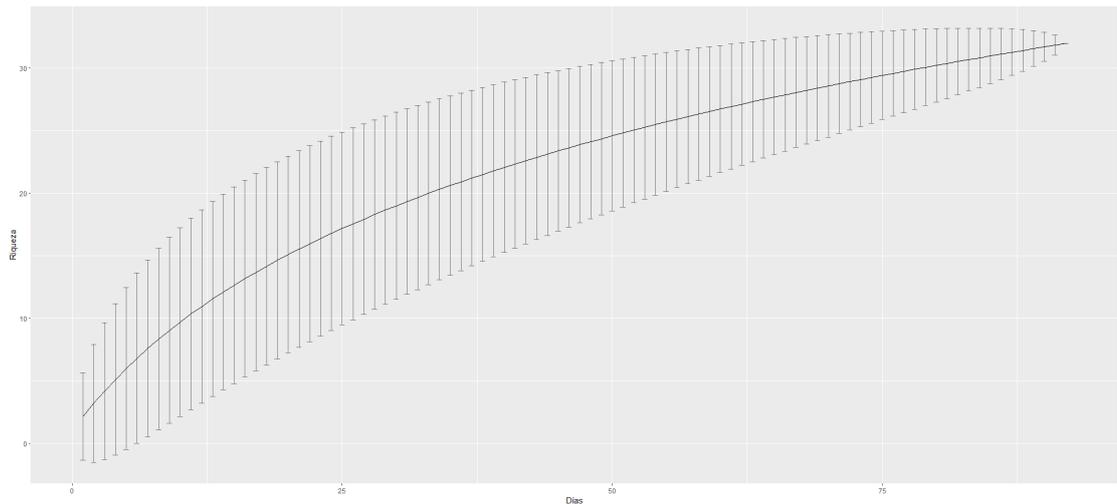


Figura 7. Curva de acumulación de especies para la EBG durante el período de muestreo de marzo - mayo 2018

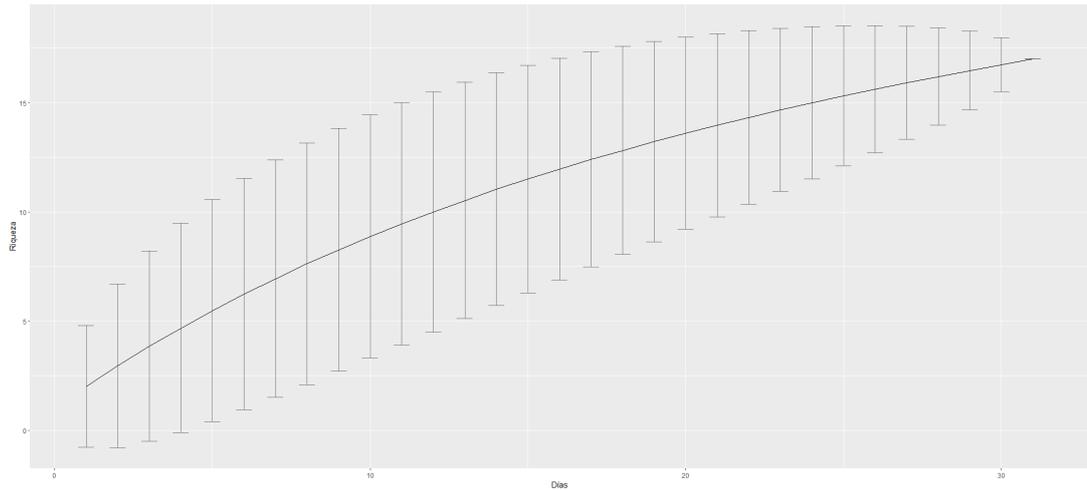


Figura 8. Curva de acumulación de especies para la EBG durante el período de muestreo marzo - abril 2021

2. Estado de conservación de vertebrados presentes en la EBG

De las 37 especies registradas en la EBG se determinó que, de acuerdo con la Lista Roja de la UICN, el total de las especies registradas muestran algún grado de amenaza (UICN, 2021) (Cuadro 3). Las especies con mayor riesgo de extinción son tapir y mono araña (EN). Seguidas por el pajuil (VU) y mono aullador (VU). Entre las especies casi amenazadas (NT) se encuentran el águila crestada real, gran tinamou y el Jaguar. Entre las especies que se clasifican en estado de preocupación menor (LC) encontramos la pava crestada, tepezcuintle, coche de monte, yaguarundí y puma debido a su amplia distribución (IUCN, 2014).

También se consultó el listado de la Convención Sobre el Comercio Internacional de especies amenazadas (CITES), y se incluyen las especies de yaguarundí, ocelote, jaguar, puma, mono aullador y mono araña, ubicadas en el Apéndice I. Esto significa que se encuentran en peligro de extinción y se ven afectadas por el comercio siendo este autorizado bajo circunstancias excepcionales (CITES, 2021). Especies como pajuil, tayra y pizote se encuentran en Apéndice III, lo que significa que estas están protegidas en al menos un país y se busca controlar el comercio (CITES, 2021). El resto de las especies no aparece en el listado.

En la lista de especies amenazadas (LEA) propuesta por el CONAP se encuentran dos especies en Categoría 1, jaguar y tapir considerándose en peligro crítico o en vías de extinción por lo que el aprovechamiento es exclusivo bajo planes de conservación (CONAP, 2009). En la Categoría 2 se ubican siete especies: zorzal de bosque, yaguarundí, ocelote, puma, tayra, mono aullador y mono araña, estas se encuentran en peligro, y el aprovechamiento de especímenes debe ser de forma sostenible, legal y trazable (CONAP, 2009). Por último, en la Categoría 3, vulnerables donde el aprovechamiento y comercialización debe garantizar la sobrevivencia de la especie, se encuentran el resto de exceptuando el mot mot que no se encuentra clasificado en la LEA (Cuadro 3).

Cuadro 3. Especies de vertebrados presentes en la EBG y su estado actual de conservación 2018-2021.

Clase	Especie	UICN Red List					CITES				LEA		
		Endangered	Vulnerable	Near Threatened	Least Concern	Data deficiente	Apéndice I	Apéndice II	Apéndice III	No aparece	1	2	3
Aves	<i>Pseudastur albicollis</i>				X				X				X
	<i>Spizaetus ornatus</i>			X					X				X
	<i>Accipiter bicolor</i>				X				X				X
	<i>Crax rubra</i>		X					X					X
	<i>Penelope purpurascens</i>				X			X					X
	<i>Ortalis vetula</i>												
	<i>Phasianus colchicus</i>				X				X				
	<i>Geothlypis formosa</i>				X				X				X
	<i>Seiurus aurocapilla</i>												
	<i>Psilorhinus morio</i>				X				X				
	<i>Piranga rubra</i>				X			X					X
	<i>Hylocichla mustelina</i>				X				X		X		
	<i>Ceratopipra mentalis</i>				X				X				X
	<i>Piaya cayana</i>				X				X				
	<i>Zenaida asiatica</i>				X				X				
	<i>Tinamus major</i>			X					X				X
	<i>Glaucidium brasilianum</i>				X				X				X
<i>Momotus lessonii</i>				X				X					
Mammalia	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>				X				X				X
	<i>Puma yagouaroundi</i>				X	X					X		
	<i>Leopardus pardalis</i>				X	X					X		
	<i>Panthera onca</i>			X		X				X			
	<i>Puma concolor</i>				X	X					X		
	<i>Procyon lotor</i>				X			X					
	<i>Eira barbara</i>				X			X			X		
	<i>Conepatus semistriatus</i>				X				X				X
	<i>Nasua narica</i>				X			X					X
	<i>Cuniculus paca</i>				X			X					X
	<i>Sciurus vulgaris</i>				X				X				
	<i>Dasyprocta punctata</i>				X			X					X
	<i>Philander opossum</i>				X				X				X
	<i>Didelphis marsupialis</i>				X				X				
	<i>Pecari tajacu</i>				X			X					X
	<i>Odocoileus virginianus</i>				X			X					X
	<i>Alouatta palliata</i>		X				X					X	
	<i>Ateles geoffroy</i>	X					X					X	
	<i>Tapirus bairdii</i>	X							X	X			

3. Registros de vertebrados en aguadas de la EBG

Del total de fotografías fue posible identificar a nivel de especie la fauna presente en aguadas de la EBG nombradas “Poza azul” y “Poza Maya” (Figura 9). En la Poza Maya se analizaron 850 fotocapturas, de la cuales 52 fueron registros independientes. De las especies de aves que se registraron se encuentra: *P. albicollis*, *A. bicolor*, *C. rubra*, etcetera, y de la clase mamíferos: *U. cinereoargenteus*, *P. yagouaroundi*, *L. pardalis*, *P. onca*, *P. concolor*, *A. pigra*, *A. geoffroyi*, *T. bairdii*.

Para la “Poza azul” se analizaron 175 fotocapturas con 37 registros independientes. En esta se registraron especies de aves como: *S. ornatus*, *P. purpurascens*, y *T. major* y de mamíferos se encuentran: *P. lotor*, *E. barbara*, *D. punctata* y *D. tajacu*.

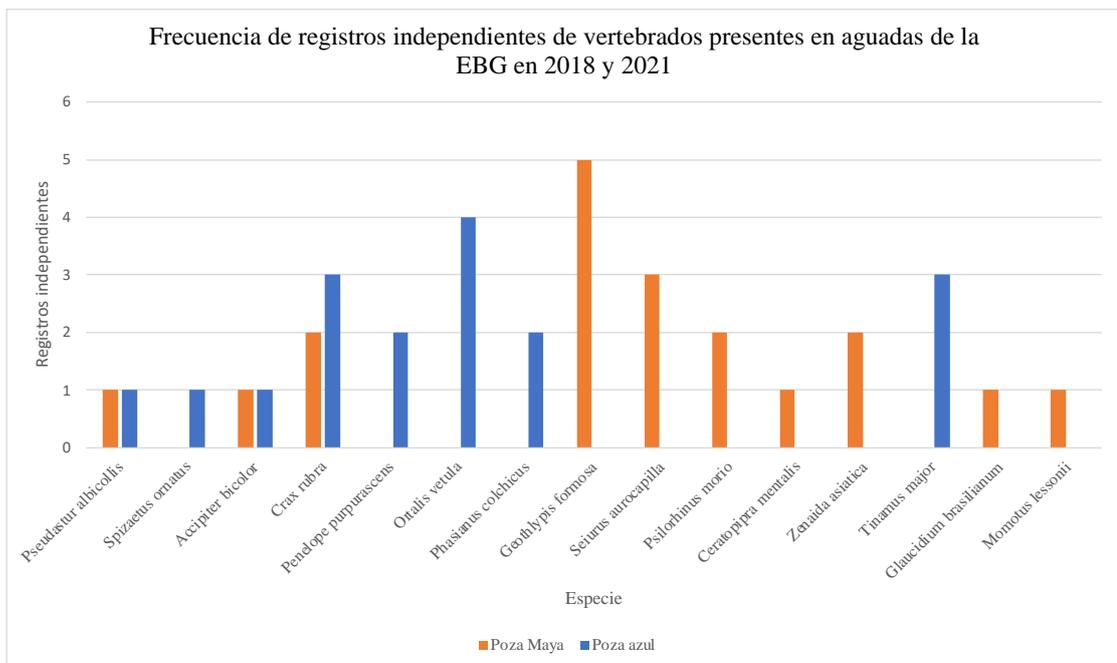


Figura 9. Frecuencia de registros independientes de las especies de aves vertebrados dentro de las aguadas poza Maya y poza Azul, EBG en 2018 y 2021.

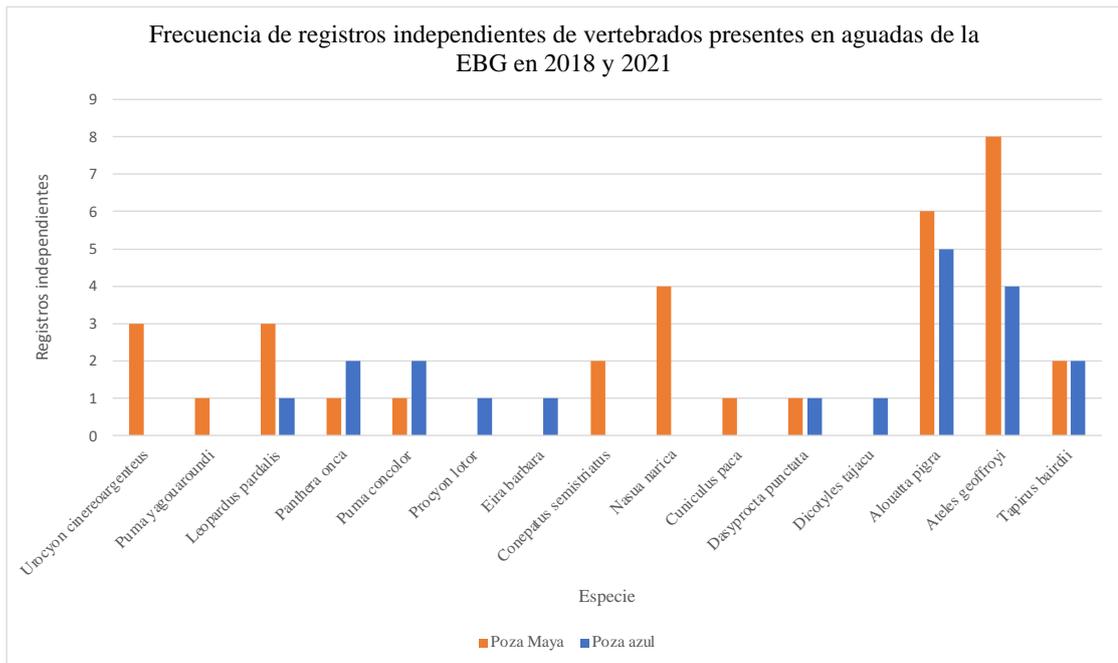


Figura 10. Frecuencia de registros independientes de las especies de mamíferos vertebrados dentro de las aguadas poza Maya y poza Azul, EBG en 2018 y 2021.

Cuadro 4. Especies vegetales presentes en las aguadas de la EBG.

Nombre Vernáculo	Especie
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>
Monstera	<i>Monstera sp.</i>
Palo de jiote	<i>Bursera simaruba</i>
Amate	<i>Ficus sp.</i>
Ramón	<i>Brosium alicastrum</i>
Palo de pimienta	<i>Piper nigrum</i>
Cedro	<i>Cedrela sp.</i>
Madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i>
Indio desnudo	<i>Bursera simaruba</i>
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>
Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Tempisque	<i>Sideroxylon capiri</i>
Mano de león	<i>Dendropanax sp.</i>
Aguacate	<i>Persea americana</i>
Árbol de son	<i>sin identificar</i>
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>
Copal	<i>sin identificar</i>
Manchiche	<i>Lonchocarpus castilloi</i>
Pacaya	<i>Chamaedorea elegans</i>
Chechen negro	<i>Metopium brownei</i>
Cantemo	<i>Albizia niopoides</i>
Chico zapote	<i>Manilkara zapota</i>
Pucté	<i>Bucida buceras</i>
Palo de gusano	<i>Lonchocarpus guaten</i>
Zapotillo	<i>Pouteria sp.</i>

4. Gremios alimenticios de los vertebrados presentes en la EBG

El gremio alimenticio de las especies de vertebrados reportadas para la EBG (Fig. 10) que tiene la mayor representación con 31% son los omnívoros (*C. rubra*, *U. cinereoargenteus*, *N. narica*, *P. opossum*, *D. marsupialis* y *A. geoffroy*), seguida por los carnívoros (*L. pardalis*, *P. onca* y *P. concolor*) que representando un 25%. Los frugívoros (*C. mentalis*, *S. vulgaris*, *D. punctata* y *A. pigra*) representan un 11%, frugívoro/granívoro representan 8% (*T. major*, *C. paca*, *D. tajacu*), insectívoros 11% (*G. Formosa*, *P. rubra* y *P. cayana*). Los herbívoros representan un 5% (*O. virginianus* y *T. bairdii*), insectívoros/granívoros 6% (*P. colchicus* y *P. morio*) y por último los granívoros 3% (*Z. asiática*).

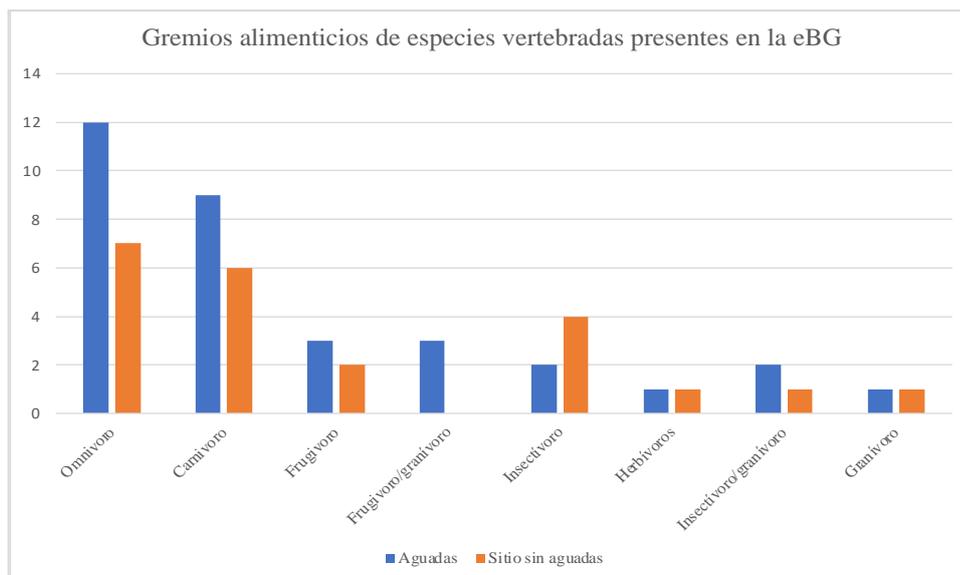


Figura 11. Gremios alimenticios de las especies de vertebrados presentes en la EBG de 2018-2021.

(Datos de campo).

5. Influencia de variables climáticas

Utilizando una correlación de Pearson se evaluó la fuerza y dirección de la relación entre variables climáticas y así conocer si influyen en la riqueza de especies reportadas para la EBG en 2018 y en 2021, se generaron matrices por año ya que el esfuerzo de muestreo no fue equitativo. En esta se evaluaron las variables de: número de especies registradas por temporada de muestreo, temperatura media (°C), precipitación media (mm) y humedad relativa media (%). Para determinar si las variables se consideran altamente correlacionadas, a menudo, el valor debe ser mayor a 0.7. El número total de especies reportadas para la Estación Biológica *Las Guacamayas* en el año 201 tiene una correlación positiva con las variables climáticas temperatura, precipitación y humedad, aunque esta es baja (Cuadro 4).

Para el año 2021 el número total de especies registradas se encuentra negativamente correlacionado con la variable climática temperatura y positivamente con las variables precipitación y humedad, aunque esta es débil (Cuadro 5).

Cuadro 5. Matriz de correlación de Pearson (r) para las variables climáticas del año 2018.

	año	especie	temperatura	precipitación	humedad
año	1	-0.120	-0.091	-0.119	-0.184
especie	-0.120	1	0.039	0.030	0.035
temperatura	-0.091	0.039	1	0.851	0.837
precipitación	-0.119	0.030	0.851	1	0.832
humedad	-0.184	0.035	0.837	0.832	1

Especie: Número total de especies registradas en la temporada; Temperatura: temperatura media; Precipitación: precipitación media y Humedad: humedad relativa media.

Cuadro 6. Matriz de correlación de Pearson (r) para las variables climáticas del año 2021.

	año	especie	temperatura	precipitación	humedad
año	1	-0.193	0.401	0.038	-0.261
especie	-0.193	1	-0.581	0.488	0.463
temperatura	0.401	-0.581	1	-0.481	-0.816
precipitación	0.038	0.488	-0.481	1	0.479
humedad	-0.261	0.463	-0.816	0.479	1

Especie: Número total de especies registradas en la temporada; Temperatura: temperatura media; Precipitación: precipitación media y Humedad: humedad relativa media.

Se generaron gráficos de la matriz de correlación de Pearson para visualizar los resultados. El color rojo indica una correlación alta (1) y el palo rosa una baja (-1).

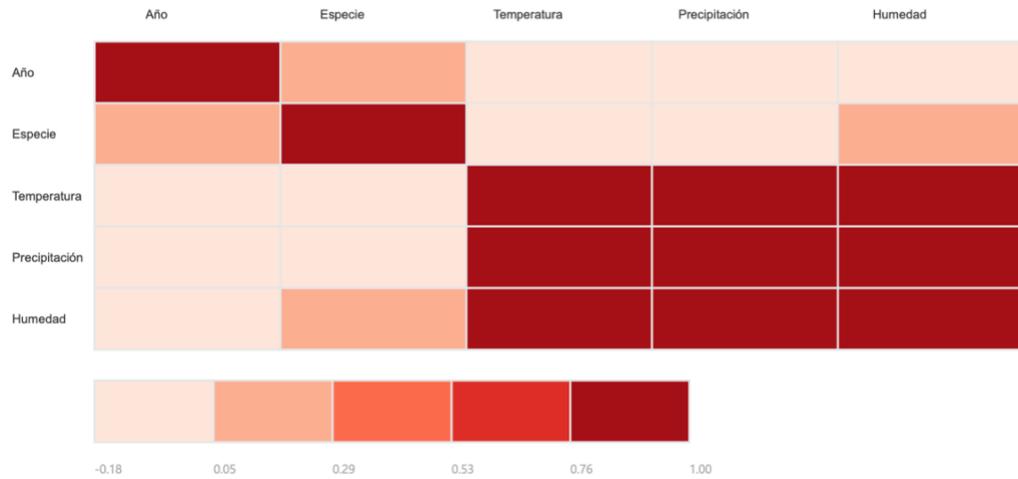


Figura 12. Gráfico de matriz de correlación de Pearson para variables climáticas de 2018 en el departamento de Petén, Guatemala.

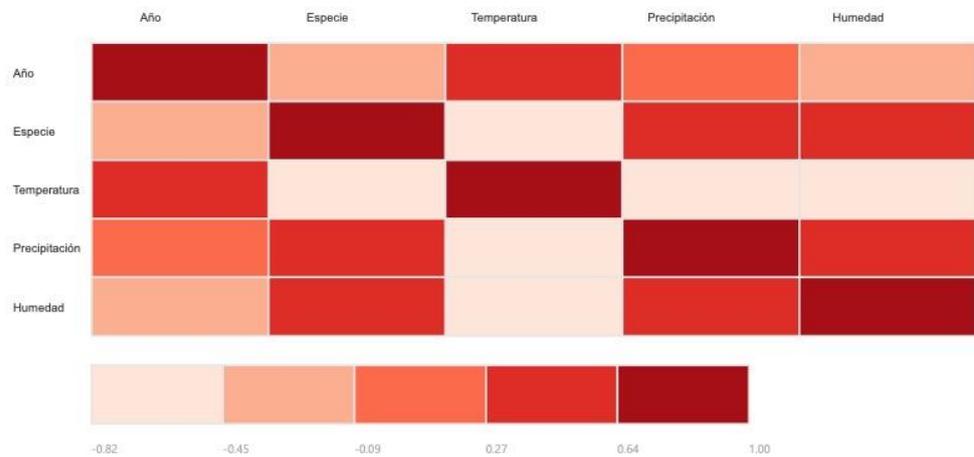


Figura 13. Gráfico de matriz de correlación de Pearson para variables climáticas de 2021 en el departamento de Petén, Guatemala.

6. Patrones de actividad

El método de captura mediante trampas cámara permite que, al tener permanencia de 24 horas continuas por varios días se pueda conocer los patrones de actividad que presentan diversas especies, incluso las frecuencias de captura de cada especie (O`Connell *et al*, 2011).

Se pudo determinar el patrón de actividad para cinco especies presentes en la EBG (Figura 13): *G. Formosa*, *H. mustelina*, *D punctata*, *A. pigra* y *A. geoffroy* debido a que fueron las únicas que presentaron como mínimo diez registros independientes. Pero para efectos de la presente investigación se amplió el registro a ocho y de esta manera poder evaluar el traslape de actividad con carnívoros o depredadores tope.

En la Figura 14 se pueden observar los patrones de actividad de las especies registradas agrupadas en: diurno, nocturno y crepuscular.

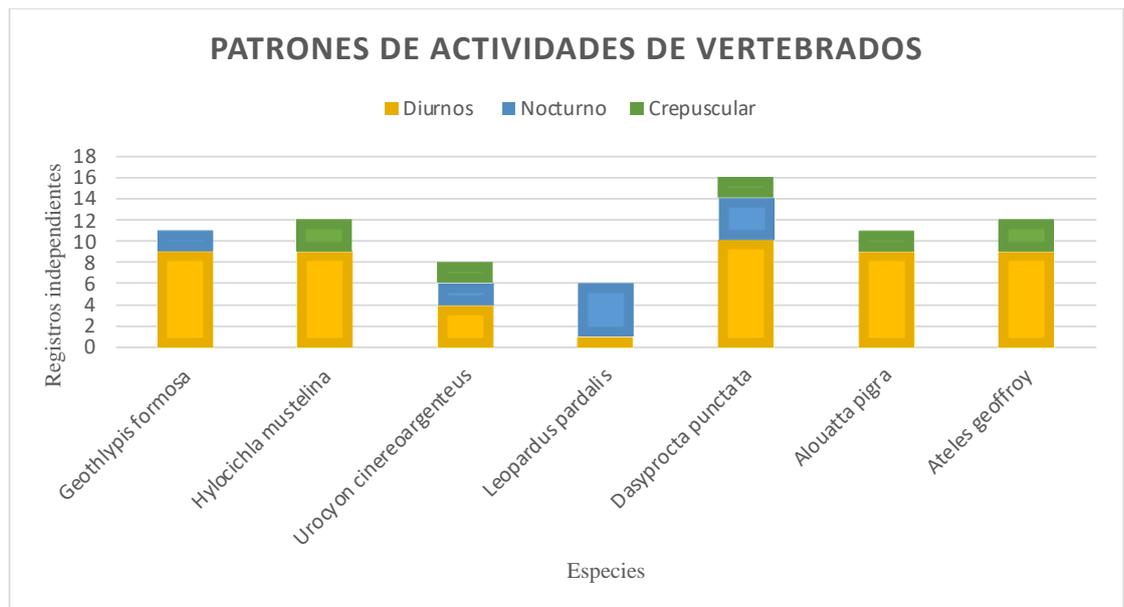


Figura 14. Patrones de actividad de los vertebrados presentes en la EBG. Diurno (05:01-18hrs), Nocturno (20:01-5:00hrs) y Crepuscular (18:00-20:00hrs).

VIII. DISCUSIÓN

Composición y riqueza de especies de vertebrados presentes en la Estación Biológica *Las Guacamayas*

A. Caracterización y riqueza de vertebrados

En el Parque Nacional Laguna del Tigre se han registrado alrededor de 40 especies de mamíferos y 188 especies de aves (ParksWatch, 2005), pero para la Estación Biológica *Las Guacamayas* no se cuenta con estudios publicados que se relacionen a la fauna vertebrada por lo que en este estudio se generó una base de datos con 162 registros independientes y de esto se registraron 37 especies agrupadas en 14 órdenes y 27 familias. De los registros independientes 89 especies son mamíferos y 70 restantes son aves.

De los órdenes registrados encontramos: Accipitriformes, Galliformes, Passeriformes, Cuculiformes, Columbiformes, Tinamiformes, Strigiformes, Coraciiformes, Carnivora, Rodentia, Didelphimorphia, Artiodactyla, Primates y Perissodactyla, siendo Carnivora el grupo predominante.

Se registró la presencia de especies de suma importancia para el ecosistema como lo es el jaguar (*Pantera onca*), tapir (*Tapirus bairdii*), mono araña (*Ateles geoffroy*) y mono aullador (*Allouata pigra*) y halcón blanco (*Pseudastur albicollis*), estas prestan servicios ambientales interviniendo en la polinización, dispersión y germinación de semillas (Rojas-Robles, Stiles y Muñoz-Saba, 2012).

Se debe tomar en cuenta las características de las especies y el ambiente para que se tenga éxito de captura y registro de una alta proporción de riqueza de especies (Pérez-Irineo y Santos-Moreno, 2013). El método utilizado en este estudio fue muy general por lo que la información obtenida registra especies que se desplazan a nivel de sotobosque, arborícolas, semiacuáticos, y voladores. Para obtener más información y que sea precisa es necesario incluir métodos específicos además de observaciones directas. La posibilidad de cuantificar la diversidad es importante ya que permite que se entienda la estructura de las comunidades. De los

modelos utilizados el que mejor se ajustó fue Bootstrap ya que los datos al ser tan pocos, presentaron mucha variabilidad.

En la Figura 7 se muestra la curva de acumulación de especies con rarefacción, en el período de muestreo de marzo a mayo 2018, el comportamiento de esta no presenta asíntota ya que la muestra con la que se realizó la curva es muy pequeña y necesita un mayor esfuerzo de muestreo. Para la curva de acumulación generada para el periodo de muestreo de 2021 (Figura 8) nuevamente observamos que el comportamiento es asíntotico pero esta vez la curva es casi plana debido a que el esfuerzo de muestreo fue mucho menor que el anterior.

No se poseía una línea base de años anteriores para poder conocer las fluctuaciones y realizar una comparación sólida. El muestreo realizado en 2018 y 2021 no es equitativo ya que el tiempo de muestreo y actividad de cámaras varió significativamente por lo que los resultados se ven afectados. Los monitoreos de fauna vertebrada deben tener muestreos con duración equitativa, al igual que el equipo de fototrampeo de manera que el esfuerzo total de muestreo (días/cámaras) sea comparable (Vila *et al*, 2016). Se debe aumentar el esfuerzo de muestreo para obtener mayor registro de nuevas especies y así poder alcanzar la asíntota correspondiente lo que indicará si el es adecuado el método.

Se debe considerar que no se reportó un índice de abundancia relativa (IAR), el cual indica la proporción de una especie respecto a las demás contenidas en un sitio, ya que no existió un diseño de muestreo debido a que las estaciones de fototrampeo fueron ubicadas al azar, además el esfuerzo de muestreo no fue equitativo a través de los años.

B. Estado de conservación de vertebrados presentes en la EBG

En el presente estudio se identificaron un total de 37 especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con listados internacionales y nacionales lo que las convierte en especies prioritarias para estrategias y planes de conservación. La Estación Biológica *Las Guacamayas* podría ser considerada como un elemento prioritario de conservación, ya que posee distintos recursos que son claves para la conservación de especies. La importancia de conocer el estado de conservación de las especies que se registraron en la EBG es que proporciona información valiosa sobre las

condiciones del área en donde se registran, además que pueden ser utilizados como indicadores de calidad del hábitat (Escobar, 2015); además permite generar estrategias de protección y conservación.

En la Estación Biológica encontramos especies asociadas a aguadas, además vulnerables a la fragmentación, entre esas se encuentra *T. bairdii* (EN-UICN; Categoría 1-LEA), *P.onca* (NT-UICN; Apéndice I-CITES; Categoría 1-LEA) y *P. concolor* (LC-UICN; Apéndice I-CITES y Categoría 2-LEA), con esto podemos considerar que las aguadas como un recurso clave para las especies (González, 2015). Es importante recalcar el registro de jaguar (*P. onca*) ya que por sus características biológicas se considera una especie “bandera” para la conservación de ecosistemas en los que habita y es de las más emblemáticas de Guatemala (Hernández y Sánchez, 2003).

Otras especies bandera que representan la diversidad biológica de Guatemala y que se encuentran registradas en el listado generado son: mono araña, mono aullador y el tapir estas sugieren que en la EBG el hábitat se conserva (CONAP, 2006). Estas especies se encuentran listadas en el apéndice I de CITES ya que se encuentran en peligro de extinción por la caza y comercio ilegal; además en categoría 2 de la LEA por su pérdida de hábitat y reducción de población. Por último, en la lista roja de UICN el mono araña se encuentra en estado de peligro de extinción y el aullador en vulnerable.

Es importante mencionar que la cacería es un factor antropogénico que amenaza la diversidad biológica, y especies como el faisán o Pajuil y el tepezcuintle son animales cazados en el PNLT, debido a su uso para subsistencia, también son animales que frecuentan aguadas de la EBG por lo que forman parte importante de la regeneración de ecosistemas. Ambas especies se encuentran en la lista roja de UICN, el faisán como vulnerable y el tepezcuintle LC; ambos se encuentran en categoría 3 de la LEA y en el Apéndice III de CITES.

C. Registros de vertebrados en aguadas de la EBG

Estudios previos plantean que la presencia de vertebrados en sitios con aguadas es mayor que en sitios sin estas, ya que la visitación se debe a la necesidad por parte de la fauna del recurso hídrico (González, 2015) y durante la temporada seca se da

un mayor registro de fauna por lo que es ideal para realizar inventarios mediante fototrampeo (Martínez-Kú *et al.*, 2008; Jiménez *et al.*, 2010)

Las aguadas presentes en la Estación Biológica *Las Guacamayas* son de gran importancia para la biodiversidad que se encuentra en el área, ya que en temporadas donde el agua es escasa, estas son vitales para la subsistencia. También la disponibilidad de agua superficial influye en la densidad de especies como el jaguar o preferencia del hábitat como lo es para el tapir (Moreira *et al.* 2011; Matola *et al.*, 1997; Naranjo, 2001. La ubicación de las aguadas tiene influencia positiva en la visitación de especies; además que llega a considerarse un factor importante en la preferencia de hábitat de ciertas especies (Ojasti, 1993; Caballero, 2007).

En la aguada nombrada “Poza maya” se tiene registro de 22 especies, 10 aves y el resto son mamíferos. Esta es una aguada artificial, su ubicación es adentrada en la selva. Destaca la presencia de especies como Kentucky warbler (*G. Formosa*), zorra gris (*U. cinereoargenteus*), ocelote (*L. pardalis*) pizote (*N. narica*), mono aullador (*A. pigra*) y mono araña (*A. geoffroy*).

La “Poza azul” se encuentra cercana al Río San Pedro, es una aguada natural, con suelo arcilloso, estacional debido a que se llega a secar ya que depende del crecimiento del río San Pedro para llenarse. Para esta se tiene un registro de 18 especies, 8 aves y 10 mamíferos. Se reporta la presencia de faisán real (*Crax rubra*), puma (*P. concolor*), jaguar (*P. onca*), tapir (*T. bairdii*), lo cual concuerda con estudios previos (Simá *et al.*, 2008), ya que son especies que visitan aguadas con frecuencia.

En cuanto a la composición, la vegetación circundante a las aguadas de la EBG se demuestra de manera general la presencia de especies comunes dentro del bosque tropical además de ser encontradas en aguadas y en selvas bajas inundables (Lundell, 1937; Rodas, 1998).

D. Gremios alimenticios de los vertebrados presentes en aguadas de la EBG

Es importante conocer cómo se encuentran divididos los hábitos alimenticios de los vertebrados presentes en la EBG para identificar hábitos forrajeros, potenciales

sitios de investigación y, a futuro, de reintroducción. Además, aplicar herramientas de mejora del hábitat en pro de los animales (Salazar-Ortiz *et al*, 2019).

Respecto al gremio alimenticios, según los datos generados en campo, las especies omnívoras son el mejor representado en la EBG de los cuales, en cuanto a número de especies involucradas, fueron aves. Cabe mencionar que todos los sitios muestreados presentan cuerpos de agua, lo que influencia la presencia de estas especies ya que hay mayor disponibilidad de alimento como semillas y brotes de plantas. Además, especies como *A. geoffroy* utilizan las aguadas para beber agua, refrescarse, entre otros (Moreira, 2009). También la presencia de agua superficial provoca que la

Los carnívoros son el segundo gremio con mayor representación, entre las especies registradas que pertenecen a este son: *P. onca*, *P. concolor*, *L. pardalis*, *P. yagouaroundi*, *U. cinereoargenteus*, que son de talla mediana y grande. El papel que estos cumplen es de importancia para la biodiversidad ya que se encuentran en tope de la cadena alimenticia y controlan poblaciones con la caza de presas (Ray *et al*, 2005). Este gremio alimenticio utiliza los cuerpos de agua para refrescarse y reducir la temperatura corporal, para digestión, y eliminación de sus desechos metabólicos (Yarrow, 2009), además aprovechan el recurso de agua para cazar a sus presas.

Otro grupo que se presenta en el gremio es el de los controladores de plagas, entre las especies que lo forman se encuentran *N. naricca* que se alimenta de invertebrados o roedores. Otras especies son aves rapaces como el gavilán bicolor tirana (*A. bicolor*) y águila blanca o elegante (*S. ornatus*) las cuales se acercan a los cuerpos de agua, no solo para el aseo sino también para caza. Se infiere que los sitios con cuerpos de agua son utilizados por depredadores como sitios de cacería, aunque no se ha evidenciado, además para regulación corporal y beber agua (De Stefano *et al*, 2000; Cade, 1965)

Las especies herbívoras y frugívoros, son el siguiente grupo en la lista y se considera de importancia debido a que forman parte importante para la regeneración de bosques. Entre las especies que se encuentran registradas de herbívoros está: *T. bairdii* la cual requiere grandes cantidades de agua para completar su consumo. Se ha comprobado la asociación existente entre dependencia a fuentes de agua superficial, como lo son las aguadas, y el consumo

de agua durante el forraje de herbívoros, con esto podemos ver la relación e importancia de estas especies para el ecosistema (Dolan, 2006; Ballard *et al*, 1997).

Del gremio de frugívoros se encuentra *P. purpurescens*, la cual ingiere gran cantidad de frutos y tiene una función de dispersión, además de germinación de semillas. Es habitual observarla, pero en época seca esta aprovecha el recurso hídrico ya que no logra obtener el agua necesaria de los frutos que consume, generando que su rango hogareño se amplíe en búsqueda de agua (González, 2015).

E. Influencia de variables climáticas.

Se cree que los patrones de actividad están influenciados por los factores ambientales como lo son la humedad, temperatura y altitud (Lira *et al*, 2012). De acuerdo con Santana y otros (2019), la temperatura y humedad relativa son parámetros abióticos que influyen en la ocurrencia de diferentes especies, ratificado con las fluctuaciones estacionales en las poblaciones y cambios en la composición.

Respecto a la correlación de Pearson (r) generada para la temporada de muestreo del año 2018 pareciera que ninguna de las variables climáticas se encuentra altamente correlacionadas y esto puede estar influenciado por el bajo esfuerzo de muestreo que se invirtió en esa temporada. Para el muestreo del año 2021, a pesar de que tuvo poco esfuerzo de muestreo, se evidenció una correlación positiva entre el número total de especies registradas con las variables climáticas de precipitación (0.488) y humedad relativa (0.463) y respecto a la temperatura se presentó una relación negativa (-0.581), lo que significa que las variables se relacionan inversamente. Aunque estas fueron bajas es apreciable, a través de estas se pueden medir los efectos del cambio climático ya que estas variables poseen un papel importante en cuanto a la disponibilidad de agua en ecosistemas terrestres (Reyna-Hurtado *et al*, 2010). Un cambio en la precipitación y aumento de temperatura genera periodos de sequilla y esto afecta a las poblaciones de fauna.

Estos resultados podrían encontrarse sesgados por una posible reducción en niveles de precipitación y humedad relativa, ya que según los datos climáticos proporcionados por el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología

(INSIVUMEH) de Guatemala en mayo de 2018 se registró una lluvia media de 47.8mm mientras que en mayo 2021 se registró una de 14.4 en mayo de 2021. Realizar un análisis exhaustivo de la influencia de las variables climáticas en la riqueza de especies es necesario ya que, según estudios realizados por Aguado-Bautista y Escalante (2015) el fenómeno climático reciente repercutirá en la distribución de especies en el Neotrópico y esto, por ende, generará modificaciones conductuales, microevolutivas y adaptativas.

La hipótesis de este estudio no puede aceptarse ni rechazarse debido a que los datos no se encuentran estandarizados durante los periodos de muestreo, pero se puede inferir que las variables climáticas si tienen influencia en la riqueza de especies vertebradas reportadas para la EBG.

F. Patrones de actividad

Obtener los patrones de actividad de especies permite reunir información sobre tiempos de forrajeo, sistemas sociales, usos de hábitats, refugio y reproducción y todo esto puede implementarse para generar planes de manejo y estrategias de conservación específicas (O'connell *et al*, 2011)

Los patrones de actividad fueron divididos en tres grupos: diurnos, nocturnos y crepuscular con el fin de dividir a las especies según estos. Los resultados obtenidos permitieron la clasificación de chipe cachetinegro (*G. Formosa*), zorzal de bosque (*H. mustelina*), cotuza (*D. punctata*), mono aullador (*A. pigra*) y mono araña (*A. geoffroy*) con patrón de actividad diurno. Zorzal de bosque, cotuza, mono aullador y mono araña presenta patrón de actividad crepuscular; chipe cachetinegro y cotuza presentan patrones nocturnos.

Los patrones son respuestas adaptativas que se encuentran determinadas por las características de una especie animal, comportamientos y fisiología, además de factores como distribución y abundancia de recursos, condiciones climáticas variaciones estacionales (Gómez-Posada, 2009).

Las variaciones en los patrones de actividad de distintas especies, como primates, se relacionan mucho con el recurso alimenticio en tiempo y espacio,

además con variables abióticas como el clima (Muñoz *et al*, 2001). Estudios anteriores han sugerido que la actividad de los monos aulladores (*A.pigra*) presenta un patrón regular de inactividad y su actividad es únicamente para alimentación, mostrando actividades de locomoción y viaje a través del periodo diurno (Muñoz *et al*, 2001), lo que respalda los resultados obtenidos en este estudio. Respecto al *D. punctata* se ha encontrado que posee un hábito diurno crepuscular y se encuentran influidos por factores ambientales como la precipitación (Alcalde-Trejos, 2021).

Las aves *G. formosa* y *H. mustelina* pertenecientes al orden de Passeriformes, se ven afectadas en sus patrones de actividad por la disponibilidad de alimento y la actividad de depredadores (Reyes- Arriagada *et al*, 2015). En general, las aves presentan un patrón de actividad diurna en donde las actividades de forrajeo y territoriales se concentran durante las primeras horas del día y al final del día.

IX. CONCLUSIONES

1. En el estudio realizado se reportó un total de 37 especies de vertebrados para la Estación biológica *Las Guacamayas*, 19 mamíferos y 18 aves
2. La especie que presentó un mayor número de registros independientes del período 2018 y 2021 fue *Dasyprocta punctata* con 16 registros, seguido por *Ateles geoffroyi* (12 registros).
3. No se puede determinar si existe una correlación directamente proporcional entre las variables climáticas de temperatura media, precipitación y humedad relativa, con la riqueza de especies de vertebrados reportadas para la Estación Biológica *Las Guacamayas*.
4. La presencia de diversas especies de vertebrados en aguadas de la Estación Biológica *Las Guacamayas* permite que se consideren hábitats críticos para la protección de estos.
5. La información que se generó en este estudio puede tomarse para crear una línea base de datos y a largo plazo elaborar estrategias de manejo y conservación para la fauna vertebrada presente en la Estación Biológica *Las Guacamayas*.

X. RECOMENDACIONES

- 1.** Es necesario realizar un mayor esfuerzo de muestreo, para lograr registrar la mayor cantidad de especies vertebradas posibles, de manera que el tiempo y estaciones de fototrampeo sean equitativas. Se recomienda que cuenten con al menos 6 estaciones de fototrampeo distribuidas en el área y que el muestreo sea realizado tanto en época seca como en época lluviosa.
- 2.** Se recomienda realizar monitoreos biológicos en las aguadas en temporadas secas consecutivas, tomando en cuenta los parámetros fisicoquímicos ya que estos darán más información respecto al estado de conservación del hábitat.
- 3.** Realizar una caracterización de las aguadas presentes en el área para poder obtener la composición y diversidad de especies de vertebrados que visitan las aguadas.
- 4.** Es necesario monitorear el uso de aguadas para estimar la intensidad del uso de estas por parte de las especies registradas.
- 5.** Se recomienda implementar un estudio de varios años para determinar si existe una correlación estable y significativa a través de años con distintas características climáticas. Para lograr esto también es recomendable establecer estaciones climáticas que ayuden al moniotereo de estas variables.
- 6.** Complementar con estudios de vertebrados menores, como roedores y murciélagos, para poder completar el estado de conservación del área de estudio.
- 7.** Se recomienda tomar en cuenta información sobre el efecto de luna para complementar este tipo de estudio.
- 8.** Se recomienda realizar evaluaciones del patrón de actividad de las especies de vertebrados presentes en el área para poder generar estrategias de conservación específicas.

XI. LITERATURA CITADA

1. Aguado-Bautista, Ó., y Escalante, T. (2015). Cambios en los patrones de endemismo de los mamíferos terrestres de México por el calentamiento global. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(1), 99-110.
2. Alcalde-Trejos, A. (2021) Patrones de actividad, uso de hábitat y abundancia relativa de *Dasyprocta punctata* (Rodentia: Dasyproctidae) en un paisaje de bosque tropical del Magdalena Medio, Caldas, Colombia. *Ciencias Exactas y Naturales*. Recuperado de <https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/17200>.
3. Ancrenaz, M., Hearn, A., Ross, J. Sollmann, R. y Wilting, A. (2012). *Handbook for wildlife monitoring using camera traps*. BBEC Publication. Malaysia. 83 pp.
4. Arévalo, A. (2020). Una aproximación a los patrones de actividad de mamíferos terrestres medianos y mayores en áreas protegidas del “Corredor del Jaguar” en Izabal, Guatemala. (tesis Licenciatura), Facultad de Ciencias y Humanidades, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
5. Azuara, S. D. (2005). Estimación de abundancia de mamíferos terrestres en un área de la Selva Lacandona, Chiapas. (Tesis Licenciatura), Facultad de Ciencias, UNAM. México.
6. Ballard, W., Rosenstock, S. y de Vos, J. (1997). The effects of artificial water developments on ungulates and large carnivores in the Southwest. pp 64-105 En: Pearlman, R. (Eds). *Proceedings of a symposium on environmental, economic and legal issues related to rangeland water developments*, Center for Law, Science and Technology 13- 15 Nov 1997, Arizona State University, Tempe USA.
7. Benito de Pando, B. y Peñas de Giles, J. (2007) Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica, *GeoFocus*, 7, pp. 100-119, ISSN: 1578-5157.
8. Bowkett, A. F., Rovero & A. Marshall. (2007). The use of camera-trap data to model habitat use by antelope species in the Udzungwa Mountain forests, Tanzania. *Afr. J.Ecol.* 46, pp. 479-487.

9. Bundestag G. (1990). Protecting the tropical forests: A high-priority international task. Segundo informe de la Enquete Commission "Preventive Measures to protect the earth's atmosphere" del XI German Bundestag. Bonn
10. Cade, T. (1965). Relations between raptors and columbiform bird at a desert water hole. *The Wilson Bulletin* 77: 340-345.
11. Castelblanco, L. P., Narváez, C. I., y Pulido, A. D. (2017). *Methodology for mammal classification in camera trap images*. In Ninth International Conference on Machine Vision (ICMV 2016) (Vol. 10341, p. 103410I). International Society for Optics and Photonics.
12. CONAP. (1996). Plan Maestro de la Reserva de Biosfera Maya. Manejo forestal en la Reserva de Biosfera Maya No. 2 Centro Agronómico Tropical de Enseñanza. Costa Rica.
13. CONAP (2006) Plan Maestro 2007-2011 Parque Nacional Laguna del Tigre y Biotopo Laguna del Tigre-Río Escondido. 131pp.
14. CONAP (2009) Lista de Especies Amenazadas de Guatemala – LEA- y Listado de Especies de flora y fauna silvestre CITES de Guatemala. Documento Técnico 67 02-2009. 2da edición. 124 pp.
15. Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP] y Wildlife Conservation Society [WCS]. (2018). *Monitoreo de la Gobernabilidad en la Reserva de la Biosfera Maya, actualización al año 2017*. Con el apoyo de USAID Y el USDOITAP.
16. Convención Sobre el Comercio Internacional de especies amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES). 2021. Apéndices I, II y III. Recuperado de <https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2021/S-Appendices-2021-06-22.pdf>
17. Corlett, R. T., & Primack, R. B. (2011). *Tropical rain forests: an ecological and biogeographical comparison*. John Wiley & Sons. Pags 1-31
18. De Stefano, S., Schmidt, S. y DeVos, J. (2000). Observations of predator activity at wildlife water developments in southern Arizona. *Journal of Range Management*. 53:255-258
19. Díaz-Pulido, A. y E. Payán Garrido. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia.

20. Dolan, B. (2006). Water developments and desert bighorn sheep: implications for conservation. *Wildlife Society Bulletin* 34: 642-646.
21. Escobar, B.I. (2015). Riqueza de mamíferos medianos y mayores en cafetales y bosques de tres reservas naturales privadas (San Jerónimo Miramar-Quixayá, Pampojilá-Peña y Santo Tomás Pachuj) de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán -RUMCLA- (tesis de licenciatura). Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
22. Escalante, T. (2003). *¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao*. *Elementos* 52 pp.53-56. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/294/29405209.pdf>.
23. Galindo-Leal, C. (1999). La gran región de Calakmul: Prioridades biológicas de conservación y propuesta de modificación de la Reserva de la Biosfera. Reporte Final a World Wildlife Fund. México. 40 pp.
24. Gallina, S., Mandujano, S., y Delfín-Alfonso, C. (2007). Importancia de las Áreas Naturales Protegidas para conservar y generar conocimiento biológico de las especies de venados en México. *Hacia una Cultura de Conservación de la Biodiversidad Biológica*, 6, 187-196.
25. García, R y Radachowsky J (eds) (2004). *Ecological evaluation of the Mirador – Rio Azul National Park, Petén, Guatemala*. Wildlife Conservation Society. 107 pp.
26. García-Grajales, J., y A. Buenrostro. (2018). *Las cámaras trampa y su avance tecnológico en favor de la conservación*. *Ciencia y Mar* XXII (65): 53-61. *Ciencias Marinas*. XXII. 53-61.
27. Gentry, A. (2010). *La región amazónica*. En E. Villegas, *Selva Húmeda de Colombia* (págs. 53-64). Bogotá: Villegas Editores.
28. González, V. (2015). *Vertebrados medianos y mayores asociados a las aguadas del Biotopo Protegido Naachtún – Dos Lagunas, Petén*. (Tesis de licenciatura Universidad de San Carlos de Guatemala). [Archivo PDF] Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3844.pdf
29. Gómez-Posada, C. (2009). *Patrón de actividad y de alimentación de un grupo provisionado de Cebus apella en un bosque húmedo tropical* (Meta, Colombia). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13(1), 49-62.

30. Hamel S., Killengreen, S., Henden, J., Eide, N., Eriksen, L., Ims, R. y Yoccoz, N. (2013). Towards good practice guidance in using camera-traps in ecology: Influence of sampling design on validity of ecological inferences. *Methods in Ecology and Evolution* 4:105-113
31. Hernández, C., y A. Sánchez. (2003). *Relaciones interespecíficas entre el Jaguar (Panthera onca) y el humano en la costa atlántica de Guatemala*. Recuperado de: http://c3.usac.edu.gt/edc.usac.edu.gt/public_html/wpcontent/uploads/2012/07/Christian-Estrada-Diego-Juarez-WCS.pdf
32. Hetem, R. S., Fuller, A., Maloney, S. K., y Mitchell, D. (2014). *Responses of large mammals to climate change*. *Temperature*, 1(2), 115-127.
33. IARNA. (2009). *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009: las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. 319 pp
34. IARNA. (2018). *Ecosistemas de Guatemala basados en el Sistema de Clasificación de zonas de vida*. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente 140 pp
35. IARNA. (2020). *Mapa de zonas de vida de Guatemala. Mapas*. Recuperado de Infoiarna, (2020). Mapa de zonas de vida de Guatemala. Mapas. Obtenido de <http://www.infoiarna.org.gt/ecosistemas-de-guatemala/mapas/>
36. Ixcot L., Acevedo, M., Cano, E., Castillo, N., Cordova, M., Flores, M., Pérez, S., Orellana, R. y Villar, L. (2005). *Estudios de biodiversidad en los Biotopos: San Miguel La Palotada El Zotz y Naachtún-Dos Lagunas, Petén, Guatemala*. Proyecto FODECYT 19-02. Centro de datos para la conservación, Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Informe final. 106 pp.
37. Jiménez, C., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., Torrealva, J y Tello, G. (2010) *Camera trap survey of medium and large mammals in a montane rainforest of northern Peru*. *Revista Peruana de Biología*. 17(2):191-196.
38. Jenks, K. E., Chanteap, P., Damrongchainarong, K., Cutter, P., Cutter, P., Redford, T., Lynam, A. J., Howard, J., & Leimgruber, P. (2011). *Using relative abundance indices from camera-trapping to test wildlife conservation hypotheses - an example from Khao Yai National Park, Thailand*. *Tropical Conservation Science*, 4, pp. 113-131

39. Kucera, T y Barrett, R. (2011). A History of Camera Trapping. Pp.9-22. En O'Connell, F., Nichols, J, Karanth, U. (Eds.) *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer. USA
40. Lambeck, R.J. (1997). Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology*, 11(4),849-856.
41. Lizcano, D. J. (2018). Trampas cámara como herramienta para estudiar mamíferos silvestres. *Mammalogy Notes*, 5(1), 31-35.
42. Lira-Torres, I., y Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta zoológica mexicana*, 28(3), 566-585.
43. Lundell, C. (1937). *The vegetation of Peten*. University of Michigan. Carregie Institution. Washington. 244 pp.
44. Lynam, A. (2002). Métodos de trabajo de campo para definir y proteger poblaciones de gatos grandes: los tigres indochinos como un estudio de caso. p. 62
45. Matola, S., Cuarón, A y Rubio, H. (1997). *Evaluación del estado actual y plan de acción del tapir centroamericano. (Tapirus bairdii)* En D. Brooks. R. Bodmer y S Matola. Tapirs: Status, survey and conservation action plan (29-45 pp) IUCN/ SSC Tapir Specialist Group.
46. Martínez-Ku, D., Escalona-Segura, G y Vargas Contreras, J. (2008). *Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México*. pp 449-468 en: Avances del estudio de mamíferos de México. Volumen II (C. Lorenzo, E. Espinoza y J Ortega, Eds.) Asociación mexicana de Mastozoología. 691 pp.
47. Maffei, L. & A.J. Noss. (2008). How small is too small? Camera trap survey areas and density estimates for ocelots in the Bolivian Chaco. *Biotropica*, 40, pp. 71- 75.
48. Maffei, L., E. Cuellar & J. Noss. (2002). Uso de trampascámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía. *Rev. Bol. de Ecol.* 11, pp. 55-65.
49. Mesa-Zavala, E., Álvarez-Cárdenas, S., Galina-Tessaro, P., Troyo-Diéguéz, E., y Guerrero-Cárdenas, I. (2012). Vertebrados terrestres registrados mediante foto-trampeo en arroyos estacionales y cañadas con agua superficial en un hábitat semiárido de Baja California Sur, México. *Revista mexicana de*

- biodiversidad, 83(1), 235-245. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532012000100026&lng=es&tlng=es.
50. Moreira, J., Balas-McNab, R., Garcia, R y Ponce-Santizo, G. (2008). Densidad de jaguares en el Biotopo Protegido Dos Lagunas, Parque Nacional Mirador Rio Azul, Petén, Guatemala. Wildlife Conservation Society. 22 pp
 51. Moreira, J. (2009). Patrones diarios de actividad, composición, tamaño y abundancia relativa de manadas de jabalí *Tayassu pecari* (Link, 1795) en el Parque Nacional Mirador-Rio Azul, Peten, Guatemala. (Tesis de Licenciatura en Biología). Universidad de San Carlos de Guatemala. 70 pp.
 52. Moreira, J., Garcia, R., McNab, R., Ruano, G., Ponce, G., Merida, M., Tut, K., Diaz, P., Gonzalez, E., Cordova, M., Centeno, E., Lopez, C., Vanegas, A., Vanegas, Y., Cordova, F., Kay, J., Polanco, Gy Barnes, M. (2011). *Abundancia de jaguares y presas asociadas al fototrampeo en el sector oeste del Parque Nacional Mirador-Rio Azul, Reserva de Biosfera Maya. Wildlife Conservation Society-Programa para Guatemala. 55pp*
 53. Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España.
 54. Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L. & Urios, V. (2011). *Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México*. Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology), 59, pp. 373-383.
 55. Muñoz, D., Magaña, M., Franco, B., & Estrada, A. (2001). Presupuestos de tiempo en una tropa de monos aulladores (*Alouatta pigra*) en el parque Yumkà, Tabasco, México. Universidad y Ciencia, 34(17).
 56. Naranjo, E. (2001). *El tapir en México*. CONABIO. Biodiversitas 36: 9-1.
 57. Noyd, R., Krueger, J y Hill, K. (2014). *Biology: Organisms and Adaptations*. Brooks Cole CENGAGE Learning. Canada. 670 pp.
 58. O'Connell, F., Nichols, J. y Karanth, U. (2011). *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer. USA. 286 pp
 59. Ofosu-Asiedu, A. (2008). El intercambio de experiencias y situación del conocimiento sobre la ordenación forestal sostenible de los bosques tropicales húmedos. Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE, 247-270.

60. ParksWatch (2005). *Perfil de Parque-Guatemala. Parque Nacional Laguna del Tigre y Biotopo Parque protegido Laguna del Tigre-Río Escondido*. Recuperado de http://www.tropicoverde.org/Proyecto_TV/doc_pdf/PERFILES/Reporte%20Laguna%20del%20Tigre.pdf
61. Pérez-Irineo, G., y Santos-Moreno, A. (2013). Riqueza de especies y gremios tróficos de mamíferos carnívoros en una selva alta del sureste de México. *Therya*, 4(3), 551-564.
62. Pinto de Sá Alves, L.C. y A. Andriolo. (2005). *Camera traps used on the mastofaunal survey of Araras Biological Reserve, IEF-RJ*. *Rev. Bras. Zootecn.* 2, pp. 231- 246.
63. Ponce, E, Caso-Barrera, L, Aliphath, M, Ramírez, B, Gil, A, y García, G. (2012). *Etnomapa: Uso de los recursos naturales por los mayas itzaes de San José y San Andrés del Petén, Guatemala*. *Universidad y ciencia*, 28(2), 97-117. de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792012000200001&lng=es&tlng=es
64. Quintero Lastra, N. M. (2019). Caracterización florística del bosque húmedo tropical de la parroquia de Chontaduro Sector Iluve, Cantón Ríoverde, Provincia De Esmeraldas (Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental).
65. RAMSAR (1998). *Informe Final del procedimiento de orientación para la gestión del sitio Ramsar Biotopo Laguna del tigre*. Recuperado el 8 de septiembre de 2021, de <https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/GT488RIS.pdf>.
66. Reyes-Arriagada, R., Jiménez, J., y Rozzi, R. (2015). *Daily patterns of activity of passerine birds in a Magellanic sub-Antarctic forest at Omora Park (55S), Cape Horn Biosphere Reserve, Chile*. *Polar Biol* 38:401–411. DOI 10.1007/s00300-014-1596-5
67. Reyna Hurtado, R., O’Farril, G., Simá, D., Andrade, M., Padilla, A., Sosa, L. (2010). *Las aguadas de Calakmul: Reservorios de vida silvestre y de la riqueza natural de México*. CONABIO. *Biodiversitas* 93: 1-6.
68. Rodas Castellanos, R. S. (1998). Evaluación de la riqueza de especies del dosel y del sotobosque en la estación biológica Las Guacamayas, Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén (Doctoral dissertation, Tesis para optar al grado de

licenciado en Biología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala).

69. Rojas-Robles, R., Gary Stiles, F., y Muñoz-Saba, Y. (2012). Frugivoría y dispersión de semillas de la palma *Oenocarpus bataua* (Arecaceae) en un bosque de los Andes colombianos. *Revista de Biología Tropical*, 60(4), 1445- 1461.
70. Rovero, F., Tobler, M. y Sanderson, J. (2010). *Camera trapping for inventorying terrestrial vertebrates*. En: Eymann, J., Degreef, J., Hauser, C., Monje, J.C. Samyn, Y. y VandenSpiegel, D. (Eds). *Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring*. *Abc Taxa*, Vol.8 (Part 1) 100-128 pp.
71. Rowcliffe, J. M. y Carbone, C. 2008. *Surveys using camera traps: are we looking to a brighter future?*. *Animal Conservation* 11: 185-186.
72. Ruano-Fajardo, G., Moreira, J., García, R., McNab, R., Ponce, G., Mendaz, V, y Córdova, F. (2009). *Monitoreo de manadas de jabalí y dantos que visitan las aguadas de la región Este del Parque Nacional Mirador-Rio Azul*. *Wildlife Conservation Society*. Informe técnico. 16 pp.
73. Santana, F., de Moura, A. S., Mariano, R. F., y Fontes, M. A. L. (2019). Influência da temperatura e umidade relativa sobre pequenos mamíferos em fitofisionomias de elevada altitude no sudeste brasileiro. *Revista Brasileira de Zootecias*, 20(1), 1-14.
74. Salazar-Ortiz, J., Gastelum-Mendoza, F. I., Serna-Lagunes, R., Cantú-Ayala, C. M., & González-Saldívar, F. N. (2019). *Dieta de herbívoros: técnica, importancia e implicaciones en el manejo de fauna silvestre*. *Agro Productividad*, 12(4).
75. Sanderson, J. G. (2004). *Protocolo para Monitoreo con Cámaras para Trampeo Fotográfico*. *Tropical Ecology Assessment and Monitoring (TEAM) Initiative*. The Center for Applied Biodiversity Science (CABS). *Conservación Internacional*, USA.
76. Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP- (2021). *Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala*. Recuperado de <https://conap.gob.gt/direccion-de-desarrollo-del-sistema-guatemalteco-de-areas-protegidas-sigap/>

77. Simá, P., Reyna, R y Retana, O. (2008). Caracterización de fauna silvestre asociada a aguadas en cuatro ampliaciones forestales en la Reserva de Biosfera Calakmul, Campeche, México. Informe técnico. PPY-TNC-RBC-UF y UAC.
78. Srbek-Araujo, A.C. & A. García. (2005). Is camera trapping an efficient method for surveying mammals in Neotropical forests? A case study in south-eastern Brazil. *J. Trop.Ecol.* 21, pp. 121-125.
79. Terrones Contreras, B., Bonet, A., y Cantó Corchado, J. L. (2008). El uso de cámaras trampa en el estudio de la fauna: primeros resultados obtenidos en el PN de la Font Roja. *IBERIS* 6, 29-38.
80. Tobler, M. (2013). *Camera Base, User Guide*. Version 1.6 37 On line. Disponible en <http://www.atrium-biodiversity.org/tools/camerabase/files/CameraBase Doc1. 6.pdf>
81. Tobler, M., Carrillo-Percastegui, S., Leite Pitman, R., Mares, R y Powell, G. (2008). *An evaluation of camera traps for inventorying large-and medium-sized terrestrial rainforest mammals*. *Animal conservation* 11: 169-178 UICN (2014). UICN Red List On Line. Disponible en www.iucnredlist.org
82. Van-Schaik, C. y Griffiths, M. (1996). *Activity periods of indonesian Rain Forest Mammals*. *Biotropica* 28(1): 105-112.
83. Vila, A. R., Aprile, G., Sotelo, V., Sugliano, P., Zoratti, C., Berardi, M., y Montbrun, J. (2016). *Cámaras trampa y huemules: ¿una alternativa de monitoreo?* *Anales del Instituto de la Patagonia* (Vol. 44, No. 3, pp. 71-76). Universidad de Magallanes.
84. Walker, S., A. Novaro & J. Nichols. (2000). Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozool. Neotrop.* 7, pp. 73-80.
85. Yarrow, G. (2009). *Habitat requirements of wildlife: Food, water, cover and space*. Extention Forestry & Natural Resources. Clemson Cooperative Extention. Online. Disponible en [www.Clemson.edu/extension/naturalresources/wildlife/publications fs14habitatrequirements.html](http://www.Clemson.edu/extension/naturalresources/wildlife/publications/fs14habitatrequirements.html)
86. Yasuda, M. (2004). Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*. 29, pp. 37-46.

XII. ANEXOS

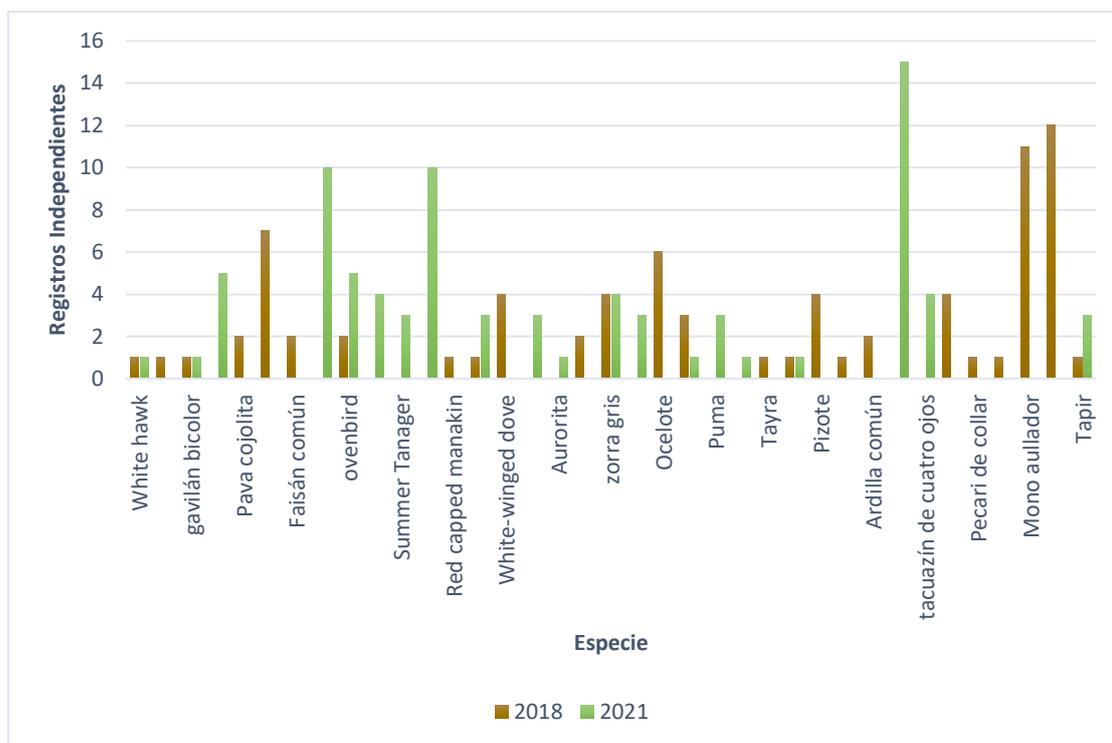


Figura 15. Frecuencia de especies registradas en la EBG 2018 y 2021.

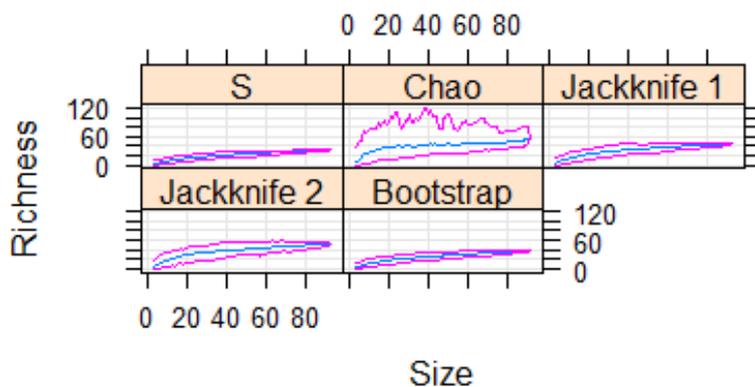


Figura 16. Estimadores de riqueza temporada de muestreo 2018.

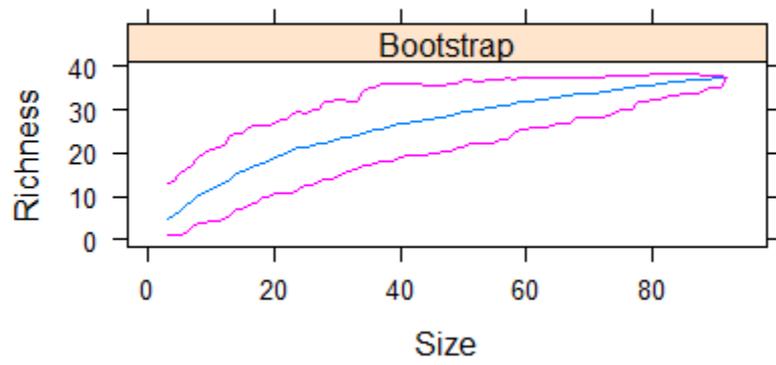


Figura 17. Estimador de riqueza Bootstrap temporada de muestreo 2018.

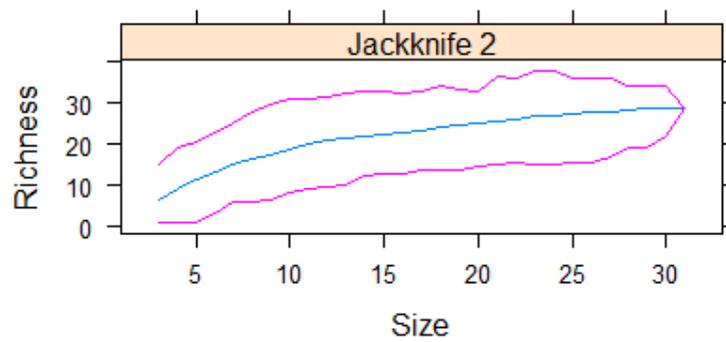


Figura 18. Estimador de riqueza Jackknife 2 temporada de muestreo 2018.

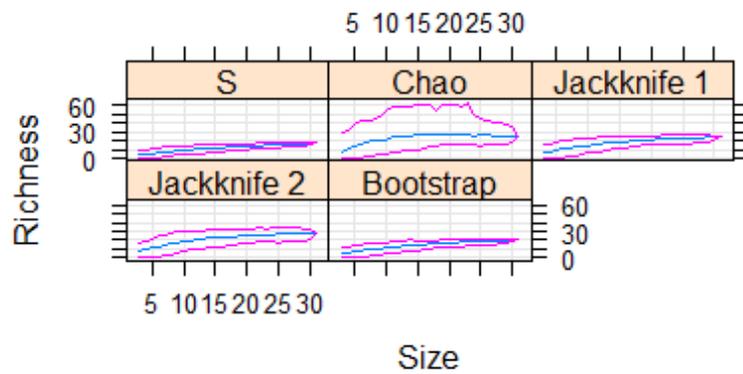


Figura 19. Estimadores de riqueza temporada de muestreo 2021.

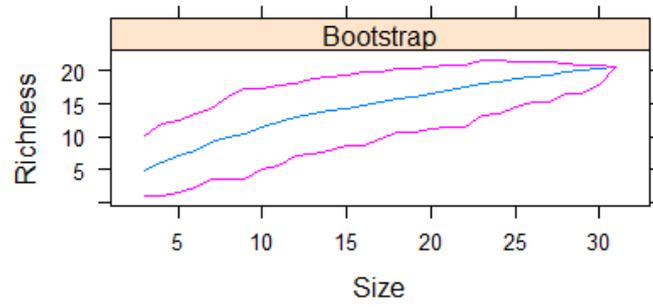


Figura 20. Estimadores de riqueza Bootstrap temporada de muestreo 2021.

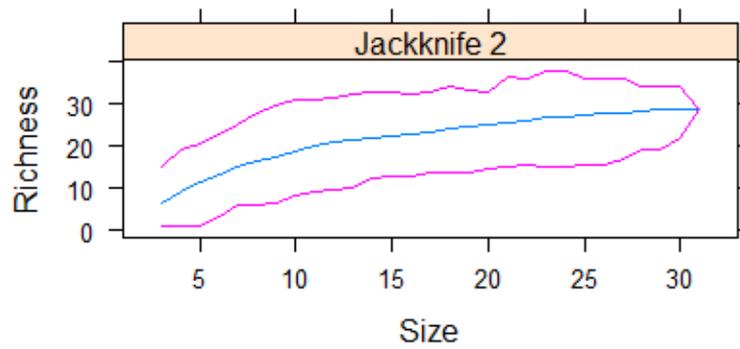


Figura 21. Estimadores de riqueza Jackknife temporada de muestreo 2021.