

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades



Excelencia que trasciende

DELVALLE
GRUPO EDUCATIVO

Una aproximación a los patrones de actividad de mamíferos
terrestres medianos y mayores en áreas protegidas del
“Corredor del Jaguar” en Izabal, Guatemala

Trabajo de Graduación en modalidad de tesis
presentado por Ana Lucía Arévalo Figueroa
para optar a grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala
2020

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades



Excelencia que trasciende

DELVALLE
GRUPO EDUCATIVO

Una aproximación a los patrones de actividad de mamíferos
terrestres medianos y mayores en áreas protegidas del
“Corredor del Jaguar” en Izabal, Guatemala

Trabajo de Graduación en modalidad de tesis
presentado por Ana Lucía Arévalo Figueroa
para optar a grado académico de Licenciada en Biología

Guatemala
2020

Vo. Bo.:

(f)



MSc. Luis Estuardo Ríos González

Tribunal examinador

(f)



MSc. Luis Estuardo Ríos González

(f)



MSc. Bárbara Escobar Anleu

(f)



MSc. Gabriela Alfaro Marroquín

Fecha de aprobación: Guatemala, 10 de diciembre de 2020

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi hermana, por su apoyo incondicional, sacrificios y comprensión durante estos cinco años de universidad.

A Panthera Guatemala, especialmente a su coordinadora, Bárbara Escobar, por haberme brindado los datos y la asesoría para realizar este estudio. A la Fundación por el Ecodesarrollo y la Conservación (FUNDAECO) y a Ana Patricia Calderón, por facilitarme la información utilizada en 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 los catedráticos que me formaron profesionalmente.

A Luis Ríos, por sus enseñanzas y apoyo incondicional, por todas las salidas de campo, noches de desvelo atrapando murciélagos y viajes al mar. A usted le debo mi pasión por el estudio de los mamíferos, gracias por compartir todos sus conocimientos conmigo y por motivarme a ser una gran bióloga.

A José Miguel Morales, por su asesoría y consejo, por motivarme a cambiarme de carrera y ser uno de los primeros catedráticos en creer en mí y sembrar la semilla de la investigación. Ojalá podamos seguir trabajando juntos.

A mis amigos de la universidad, que hicieron más amena esta etapa de mi vida, especialmente a Juan Pablo, Boris, Rafael, María Isabel, Julián, Cecilia y Luis.

A mis amigas de toda la vida, Ana María, Alejandra, Ana Isabel, Paulina María José, Adriana e Isabel, por siempre estar para mí.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES	3
A.	Mamíferos terrestres medianos y mayores de Guatemala.....	3
B.	Estudios de mamíferos terrestres medianos y mayores en Guatemala.....	8
C.	Cámaras trampa.....	10
D.	Abundancia y densidad relativa poblacional	10
E.	Patrones de actividad de mamíferos	11
F.	Áreas protegidas de Guatemala	12
G.	Ley General de Caza	13
H.	Panthera	14
III.	JUSTIFICACIÓN	16
IV.	OBJETIVOS.....	18
V.	HIPÓTESIS	19
VI.	METODOLOGÍA.....	20
A.	Área de estudio	20
B.	Diseño de muestreo.....	24
C.	Análisis de registros fotográficos	26
D.	Análisis estadístico.....	26
1.	Estimación de riqueza de especies.....	26
E.	Patrones de actividad	27
F.	Datos climáticos y de cobertura forestal	28
VI.	RESULTADOS.....	29
A.	Caracterización y riqueza de mamíferos	29
1.	Estimadores de riqueza de especies.....	33
B.	Patrones de actividad	41
C.	Influencia de variables climáticas	43
D.	Análisis cualitativo de cambios en la cobertura forestal	45
VII.	DISCUSIÓN	50
A.	Caracterización y riqueza de mamíferos	50
B.	Patrones de actividad	53
C.	Influencia de la humedad relativa y la precipitación	55
D.	Análisis de los cambios de cobertura forestal	56
VIII.	CONCLUSIONES	59

IX.	RECOMENDACIONES	61
X.	LITERATURA CITADA	63
XI.	ANEXOS.....	77

LISTADO DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Criterios para la inclusión de especies de fauna en las categorías de la LEA	5
2.	Órdenes de mamíferos amenazados en Guatemala	6
3.	Muestreos realizados en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral de 2014 a 2020 utilizando cámaras trampa	25
4.	Especies de mamíferos terrestres medianos y mayores reportadas para las cuatro áreas de estudio en el período comprendido entre 2014 a 2020	31
5.	Matriz de correlación de Pearson para las variables climáticas de 2014 a 2020 en el departamento de Izabal, Guatemala	45
6.	Especies de mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en Guatemala (anexos)	77

LISTADO DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de ubicación Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral	21
2. Mapa de ubicación de las Áreas Protegidas del Corredor del Jaguar en Izabal, Guatemala	24
3. Histograma de frecuencia de registros independientes de mamíferos terrestres medianos y mayores dentro de la RHF Sierra Caral	33
4. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de junio a julio de 2014	35
5. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de octubre a noviembre de 2016	36
6. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de marzo a junio de 2017	37
7. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de mayo a agosto de 2017	38
8. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de febrero a abril de 2019	39
9. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de mayo a julio de 2019	40
10. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de febrero a abril de 2020	41
11. Patrones de actividad de los mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en la RHF Sierra Caral	42
12. Traslape de actividad entre <i>Leopardus pardalis</i> y <i>Dasyprocta punctata</i> durante el período de muestreo realizado de marzo a junio de 2017 dentro de la RHF Sierra Caral	43
13. Traslape de actividad entre <i>L. pardalis</i> y <i>Dasyopus novemcinctus</i> durante el período de muestreo realizado de marzo a junio de 2017 dentro de la RHF Sierra Caral	44
14. Gráfico de matriz de correlación de Pearson para las variables climáticas de 2014 a 2020 en el departamento de Izabal, Guatemala	46
15. Mapa de cobertura forestal para el área de Izabal en el 2014	47
16. Mapa de cobertura foresta para el área de Izabal en el 2016	48
17. Mapa de cobertura forestal para el área de Izabal en el 2019	49
18. Histogramas de frecuencia de especies reportadas para la RHF Sierra Caral de 2014 a 2016	80
19. Histogramas de frecuencia de especies reportadas para la RHF Sierra Caral en 2017	81
20. Histogramas de frecuencia de especies reportadas para la RHF Sierra Caral de 2019 a 2020	82
21. Patrones de actividad de las especies de mamíferos dentro de la RHF Sierra Caral utilizando el estimador de densidad de Kernel (EDK)	83
22. Patrones de actividad de las especies de mamíferos dentro de la RHF Sierra Caral utilizando el estimador de densidad de Kernel (EDK)	84
23. Patrones de actividad de las especies de mamíferos dentro de la RHF	85

Sierra Caral utilizando el estimador de densidad de Kernel (EDK)

RESUMEN

En Guatemala, los mamíferos terrestres medianos y mayores son un grupo que engloba una riqueza de especies y niveles tróficos bastante altos. Estos son un componente fundamental en los ecosistemas debido a las funciones que desempeñan en los mismos, las cuales van desde la dispersión de semillas, hasta la regulación de algunas poblaciones de vertebrados e invertebrados. Este estudio se enfocó en determinar los patrones en las poblaciones de mamíferos terrestres medianos y mayores, así como sus patrones de actividad en las áreas protegidas: Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, Reserva de Manantiales Cerro San Gil, Área de Usos Múltiples Río Sarstún y Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, las cuales forman parte de la Iniciativa del Corredor del Jaguar. Se analizaron fotocapturas de cámaras trampa del periodo comprendido entre 2014 a 2020 y se determinó el patrón de actividad para aquellas especies que presentaron más de 10 registros independientes. Por medio de una matriz de correlación de Pearson se evaluó si las variables climáticas de temperatura, humedad relativa y precipitación influían en la riqueza de mamíferos registrada en cada período de muestreo. Se registró un total de 20 especies de mamíferos terrestres medianos y mayores en las cuatro áreas de estudio, siendo el orden Carnivora el predominante, aunque no se registró la presencia de depredadores de talla grande como jaguar y puma en la RHF Sierra Caral y la RPM Cerro San Gil. Asimismo, se identificó que dentro de la RHF Sierra Caral, *Dasyprocta punctata*, *Mazama temama* y *Nasua narica* tuvieron un patrón de actividad diurno, mientras que *Procyon lotor*, *Didelphis marsupialis* un patrón nocturno. Por otro lado, *Dasypus novemcintus* y *Leopardus pardalis* presentaron patrones catemerales, es decir, tanto diurnos como nocturnos. No se puede asegurar que no existe la presencia de depredadores de talla grande en la RHF Sierra Caral y en la RPM Cerro San Gil, dado que el esfuerzo en función al número de estaciones de fototrampeo, área efectiva de muestreo y tiempo no fueron lo suficiente como para afirmar que estas especies no están presentes en los sitios. Se recomienda realizar estudios que combinen los efectos del cambio de uso de suelo, el tamaño del área, tipo de manejo y el impacto de diferentes actividades humanas como la cacería y la presencia de caminos. Dicha información permitirá evaluar los efectos de estas

actividades sobre la presencia y abundancia de mamíferos para plantear mejores medidas de conservación.

I. INTRODUCCIÓN

Los mamíferos son vertebrados pertenecientes a la clase Mammalia, estos se caracterizan por presentar pelo, alimentar a sus crías por medio de glándulas mamarias, y por poseer tres huesos en el oído medio y una mandíbula inferior compuesta por un único hueso (Sacher, 1978). Pertenecen a un grupo monofilético compuesto por más de 20 órdenes, entre los cuales se destacan Rodentia (roedores), Chiroptera (murciélagos), Carnivora (caninos, felinos y otros), Primates (monos), entre otros. Se estima que solamente en la región mesoamericana habitan alrededor de 588 especies de mamíferos, de los cuales el 50% son murciélagos y el 30% roedores, siendo un *hotspot* de diversidad biológica con altos niveles de endemismo (Reid, 2009).

En Guatemala, los mamíferos terrestres medianos y grandes son un grupo que engloba una riqueza de especies y niveles tróficos bastante altos. Estos son un componente fundamental en los ecosistemas debido a las funciones que desempeñan en los mismos, las cuales van desde la dispersión de semillas, hasta la regulación de algunas poblaciones de vertebrados e invertebrados (Kraker, Calderón y Cabrera, 2019). Además, algunas especies dentro de este grupo, tales como el jaguar y el puma, al ser consideradas especies sombrilla, son clave para el manejo de la biodiversidad (Lambeck, 1997). Sin embargo, este grupo ha sido muy poco estudiado en el país, existiendo escasos estudios, debido a la falta de datos publicados, tanto a nivel local como regional, así como a las dificultades de detección, producto de la biología y ecología de las especies que conforman este grupo (Kraker, Calderón y Cabrera, 2019).

Las actividades económicas y los cambios en el uso del suelo, derivados de la demanda creciente de bienes y servicios por los seres humanos, resultan en transformaciones ambientales y afectan directa e indirectamente los ecosistemas y la fauna en general (Ministerio del Ambiente y Wildlife Conservation Society, 2014). Los mamíferos, al igual

que otros animales, son perjudicados por la modificación o pérdida del hábitat a causa de la extensión de la frontera agrícola, la deforestación, la cacería y el tráfico ilegal para venta y exhibición de especímenes o comercialización de sus productos (Medellín, 2006). En Guatemala, la Ley de Caza (Decreto 36-04) es regulada por el CONAP, tomando en cuenta un calendario cinegético, el cual contiene las especies y cantidades autorizadas a cazar, así como el sexo de l animal y las fechas en las que se puede realizar dicha actividad, ya sea para fines recreativos o de subsistencia (Moreira-Ramírez *et. al*, 2015). Otros factores que pueden dañar las poblaciones de estos vertebrados y sus hábitats son la introducción de fauna exótica y la erradicación de depredadores tope en los ecosistemas (Atkinson, 2001).

Considerando lo anterior, en este estudio se determinaron los patrones en las poblaciones de mamíferos terrestres medianos y mayores, así como sus patrones de actividad en las áreas protegidas: Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Reserva de Usos Múltiples Río Sarstún y Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, pertenecientes a la Iniciativa del Corredor del Jaguar, por medio del uso de cámaras trampa. Con esta investigación se pudo generar un estudio base que contribuyó a llenar algunos vacíos de información acerca de estas especies y al mismo tiempo se propusieron estrategias que permitieron mejorar y fortalecer su manejo y conservación dentro de estas áreas protegidas.

I. ANTECEDENTES

A. Mamíferos terrestres medianos y mayores de Guatemala

Los mamíferos medianos corresponden a todas aquellas especies cuyos individuos tienen un peso corporal entre 100 y 1,000 gramos, y los mamíferos grandes aquellos que tienen un peso corporal por arriba de los 1,000 gramos (Reid, 2009). Guatemala cuenta con alrededor de 33 especies de mamíferos terrestres medianos y grandes; a su vez, este grupo se encuentra conformado por ocho órdenes: Didelphimorphia (marsupiales), Xenarthra (armadillos y osos hormigueros), Primates (monos), Carnivora (felinos, cánidos, zorrillos, comadrejas, mapaches y zorrillos), Perissodactyla (tapires), Artiodactyla (coches de monte y venados), Rodentia (tepezcuintles y cotuzas) y Lagomorpha (conejos y liebres) (Kraker, Calderón y Cabrera, 2019).

Este grupo engloba una diversidad relativamente alta y es considerado un componente fundamental en los ecosistemas terrestres, ya que estos organismos desempeñan diversas funciones ecológicas que van desde la polinización de ciertas flores, dispersión de semillas y la regulación de poblaciones de vertebrados e invertebrados (Kraker, Calderón y Cabrera, 2019). A su vez, cumplen un importante rol ecológico, al mantener activas las dinámicas naturales de algunas plantas y sistemas acuáticos, permitiendo en general, mantener los ecosistemas en buenas condiciones y con ello el mantenimiento de los bienes y servicios naturales. Además, algunas especies como los felinos, al ser consideradas especies sombrilla, son clave para el manejo de la biodiversidad (Ministerio del Ambiente y Wildlife Conservation Society, 2014). Asimismo, estos mamíferos son considerados indicadores de la calidad del hábitat y el estado de conservación de los ecosistemas terrestres, debido a su estrecha relación con la cobertura forestal y la complejidad del paisaje (Hermes y Rosales-Meda, 2011). Además, estos animales pueden llegar a ser muy sensibles a la fragmentación del bosque y a las perturbaciones antropogénicas (Medellin y Equihua, 1998).

1. Estado de conservación

Desde la perspectiva política, en 1989, el Estado de Guatemala promulgó el Decreto 4-89, por medio de la cual se creó el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), el cual tiene como principal atribución el manejo y conservación de la biodiversidad de Guatemala. El CONAP ha elaborado varios instrumentos, dentro de los cuales se dan los lineamientos para una gestión efectiva de las poblaciones silvestres, así como también el estado de conservación de las especies. En este sentido y respondiendo al mandato del Decreto 4-89, se promulga el listado de especies amenazadas (LEA) del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), el cual presenta las especies florísticas y faunísticas nativas, que el Estado de Guatemala considera bajo amenaza de extinción local o nacional.

Los primeros esfuerzos de conservación realizados por dicha institución se ven evidenciados en la Ley de Caza (decreto 8-70/ decreto 36-04), seguido por la creación de la LEA (artículo 24, decreto 4-89), la cual, en su más reciente versión, contiene 1,639 especies, de las cuales 33 son mamíferos. La LEA se basa en criterios internacionales establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza -UICN-, The Nature Conservancy -TNC- y la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre -CITES- (CONAP, 2009).

Por otro lado, la lista roja de especies amenazadas publicada por la UICN, es un inventario de especies que permite conocer el estado de la biodiversidad mundial. Sus aplicaciones permiten considerar las mejores opciones para la conservación de las especies (IUCN, 2001). En el cuadro 1, se resumen los criterios y categorías que se han utilizado para la elaboración de la LEA de Guatemala.

Cuadro 1. Criterios para la inclusión de especies de fauna en las categorías de LEA.

Fauna	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
Significado	<p><u>Casi extintas</u></p> <p>No existen reportes en los últimos 50 años.</p>	<p><u>En grave peligro</u></p> <p>En peligro de extinción por pérdida de hábitat, comercio ilegal, etc. Generalmente son poblaciones muy pequeñas endémicas nacionales o regionales.</p>	<p><u>Manejo especial/uso controlado</u></p> <p>Especies amenazadas por explotación o pérdida de hábitat, pero el estado de sus poblaciones permite su uso regulado. Generalmente son endémicas regionales.</p>
Usos permitidos	Exclusivamente para investigación científica.	Investigación científica y reproducción con fines de conservación.	Investigación científica, comercio regulado, cacería controlada, reproducción comercial hasta 2da generación.
Correspondencia con otros criterios	UICN-EX	TCN-N1, N2 UICN-E CITES -I	TCN-N3, N4 CITES- I, II, III UICN- V, R, CT

(CONAP, 2009; ASOGUAMA, 2016).

*UICN – Criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por sus siglas en inglés: EX: extinta; EW: Extinta en estado silvestre; CR: en peligro crítico; EN:

en peligro; VU: vulnerable; R: rara; CT: amenazada por comercio; NT: casi amenazada; LC: preocupación menor; DD: datos insuficientes.

*TNC – Criterios de The Nature Conservancy: N1: en peligro crítico en el país (cinco o menos localizaciones y/o muy pocos individuos por hectárea; N2: en peligro en todo el país debido a su rareza (seis a 20 localizaciones o pocos individuos por hectárea); N3: especie con una distribución nacional restringida y está amenazada en algunas localizaciones (de 20 a 100 localizaciones con tendencia a desaparecer); N4: especie segura y estable en el país; N5: especie demostrablemente segura en el país.

*CITES – Apéndices: Apéndice I: todas las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por el comercio; Apéndice II: todas las especies que podrían llegar a estar en peligro de extinción si el comercio de dichas especies no se reglamenta estrictamente; Apéndice III: especies que se encuentran sometidas a reglamentos que restringen su explotación para el efectivo control de su comercio (CONAP, 2009).

El Cuadro 2 enlista los órdenes de mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en Guatemala el porcentaje que está bajo amenaza bajo criterios de la LEA:

Cuadro 2. Órdenes de mamíferos amenazados en Guatemala.

Orden	Especies reportadas para Guatemala	Especies amenazadas según la LEA	Porcentaje de especies amenazadas
Artiodactyla	5	4	80%
Carnivora	15	13	87%
Cingulata	2	1	50%
Didelphimorphia	3	3	100%
Lagomorpha	2	2	100%
Perissodactyla	1	1	100%

Orden	Especies reportadas para Guatemala	Especies amenazadas según la LEA	Porcentaje de especies amenazadas
Pilosa	2	2	100%
Primates	3	3	100%
Rodentia (Dasyproctidae, Cuniculidae y Erethizontidae)	3	3	100%

*Para una tabla más detallada consultar el anexo 1, en el cual se presentan las especies de mamíferos amenazados bajo los criterios de la LEA, la lista roja de la UICN y CITES.

2. Amenazas

Existen muchos factores que pueden considerarse como causas primarias de la disminución de poblaciones y amenaza de extinción para los mamíferos terrestres medianos y mayores del país. La presión de caza es un factor que amenaza mayormente a los ungulados (venado, tapir, jabalí y pecarí); sin embargo, en los últimos años se ha visto un aumento no cuantificado en la cacería ilegal, la cual ha afectado a otras especies de mamíferos, como sería el caso de las poblaciones de tacuacines comunes (Núñez, 2010). Tomando en cuenta que Guatemala pasa por problemas económicos y de inseguridad alimentaria, es entendible el aumento de la cacería ilegal, como una forma de poder complementar la dieta y/o el de obtener ganancias por la venta de productos de la vida silvestre. Asimismo, los monos, pizotes, mapaches y micoleones son perseguidos como piezas de caza, al igual que para el comercio ilegal de mascotas. Este es un factor que influye directamente en la conservación de estas especies y necesita ser regulado por las autoridades del país, tales como el Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP- y la División de Protección a la Naturaleza -DIPRONA- (Sosa-Escalante, 2011). Otra amenaza importante es el conflicto que existe entre asentamientos humanos y carnívoros (jaguar, puma, felinos menores y cánidos), ya que estos animales son perseguidos, cazados o

envenenados como medida para proteger ganado o aves de corral (Tovar y Villanueva, 2009).

La destrucción de los bosques y otros ecosistemas primarios también representa una amenaza mayor para este grupo de mamíferos; esto puede estar ligado al avance de la frontera agrícola, a la ganadería extensiva, la deforestación y el aumento de asentamientos humanos, lo cual provoca la fragmentación de los bosques, en donde pueden habitar escasas especies de este grupo (Arias-Le Clairey Gamboa-Badilla, 2007). En Guatemala, los bosques naturales en mejores condiciones se encuentran restringidos a las áreas protegidas, lo cual evidencia un ineficiente manejo de los bosques fuera de las mismas (Elbers, 2011); fortaleciendo y acelerando los procesos de fragmentación y degradación de los bosques.

Por último, el cambio climático es una de las principales amenazas para la diversidad biológica, ya que este ha generado cambios en la fenología, abundancia, composición y distribución de las especies (Parmesan y Yohe, 2003). Estudios han revelado que el fenómeno climático de las últimas décadas repercutirá en su mayoría, en la distribución de los mamíferos neotropicales, lo cual podría provocar modificaciones conductuales, microevolutivas y adaptativas, así como en los patrones biogeográficos de ciertas especies (Aguado-Bautista y Escalante, 2015).

B. Estudios de mamíferos terrestres medianos y mayores en Guatemala

En Guatemala, los estudios de mamíferos terrestres medianos y mayores son relativamente escasos y existen alrededor de quince publicaciones relacionadas al tema. Este grupo ha sido poco estudiado mayormente debido a la falta de datos publicados, tanto a nivel local como regional, así como a las dificultades de detección, producto de la biología y ecología de las especies que conforman este grupo (Kraker, Calderón y Cabrera, 2019). La mayoría de estos estudios se han realizado en la Reserva de la Biósfera Maya, ya

que es el área donde aún se pueden encontrar densidades poblacionales relativamente más altas, tanto de felinos mayores como de ungulados (Medellín, 1994).

García y Leonardo (2016) determinaron el estado de conservación del hábitat para el tapir (*Tapirella bairdii*) en la RBM basado en su presencia, la importancia de los remanentes boscosos en la conectividad del sistema y la cobertura de mecanismos formales de protección utilizando 62 registros de presencia. Asimismo, existen estudios del tamaño, composición y patrones diarios de actividad de grupos de pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) que muestran la distribución histórica y actual de esta especie (Moreira-Ramírez *et. al*, 2015). En cuanto a cérvidos (*Odocoileus virginianus*, *Mazama temama* y *Mazama pandora*), se ha reportado su abundancia relativa, distribución, patrones de actividad, temporada de crías y otras características de las poblaciones de la RBM, Parque Nacional Laguna Lachúa, Sierra Santa Cruz, Quiché y en la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán (López *et. al*, 2008; Escobar, 2015; Hermes y Rosales- Meda, 2011; Calderón y Castañeda, 2015; Moreira-Ramírez *et. al*, 2015).

Por otro lado, existen diversas publicaciones sobre la dieta, distribución, densidad poblacional y uso de hábitat del jaguar (*Panthera onca*) (Novack *et. al*, 2005; Novack, 2003; Soto-Shoender y Main, 2013; McNab y Polisar, 2002). Calderón y Castañeda (2015) reportaron la presencia de jaguar y sus presas en cuatro áreas protegidas del Corredor del Jaguar en Izabal, mientras que (McNab y colaboradores (2019) determinaron la distribución de especies cinegéticas y presas de jaguar en respuesta a la cacería de subsistencia en el este de la RBM con datos recolectados en un período de trece años. En cuanto a mamíferos medianos y mayores en El Altiplano, Escobar (2015) reportó un total de catorce especies, entre las cuales se pueden mencionar el tepezcuintle (*Cuniculus paca*), tayra (*Eira barbara*), margay (*Leopardus wiedii*), zorrillo (*Mephitis macroura*), puma (*Puma concolor*), tamandúa (*Tamanadua mexicana*), entre otros; los cuales fueron registrados en tres reservas naturales privadas dentro de la Reserva de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago de Atitlán -RUMCLA-.

C. Cámaras trampa

Actualmente las cámaras trampa son utilizadas para detectar la presencia de animales medianos o grandes, ya sea mamíferos, aves o incluso reptiles. Son de gran utilidad para realizar inventarios, analizar patrones de actividad y comportamiento de ciertas especies y para monitorear la fauna estimando su abundancia y densidad (Díaz-Pulido y Payán, 2012). Una de las ventajas de utilizar este método de detección es que el trabajo de campo no depende directamente de la presencia de un observador, lo cual posibilita obtener información de áreas muy grandes y períodos muy extensos, sin necesidad de una alta demanda de personal (Escobar, 2015).

En las últimas dos décadas, el uso de cámaras trampa se ha vuelto cada vez más común en estudios de mamíferos terrestres medianos y mayores. La mayoría de estos estudios se basan en la determinación de la probabilidad de detección, la abundancia relativa y los patrones de actividad de felinos y ungulados (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012; Lavariega, Briones-Salas y Rodríguez, 2013). A su vez, utilizando cámaras trampa se ha podido evaluar la condición corporal de una población de *Puma concolor* y su relación con las condiciones ambientales del Biotopo Protegido Dos Lagunas en la Reserva de la Biósfera Maya (Tz'ununja'Ba'-Velásquez, 2019).

D. Abundancia y densidad relativa poblacional

La abundancia y densidad son atributos de una población que pueden variar con el tiempo y el espacio, son de gran importancia para llevar estudios de manejo y conservación de fauna silvestre, ya que permiten comparar poblaciones, dar seguimiento a variaciones temporales y a la dinámica poblacional, así como evaluar la calidad del hábitat donde se encuentran las poblaciones de interés (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012). Es importante mencionar que la abundancia y densidad de mamíferos dependen estrechamente de la calidad del hábitat donde estos se encuentren; por lo tanto, conocer estos atributos no solo

permite estudiar las poblaciones, sino que también el impacto de las actividades antropogénicas sobre la fauna del lugar (Rovero y Marshall, 2009).

Usualmente, en el neotrópico es difícil obtener la información para calcular la densidad de las poblaciones de mamíferos terrestres medianos y mayores debido a factores como los hábitos nocturnos de las especies, las bajas densidades poblacionales, la dificultad de detección y la evasividad relacionada a la ecología de las especies; por lo tanto, se recomienda utilizar índices de abundancia relativa (Sutherland, 1996; Lira-Torres y Briones-Salas, 2012). Los índices de abundancia y densidad relativa se expresan como el número de individuos por unidad de esfuerzo de muestreo (Maffei *et. al*, 2002). Por otra parte, el cálculo de la frecuencia de captura con cámaras trampa, se ha utilizado como un índice de abundancia relativa (IAR), llegando a mostrar una correlación con las densidades poblacionales (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012; Monroy-Vilchis *et. al*, 2009).

E. Patrones de actividad de mamíferos

Aún se desconocen muchos factores y características propias de la biología y ecología de numerosas especies de mamíferos terrestres medianos y mayores del neotrópico. Un ejemplo de ello es el desconocimiento de su historia natural, incluyendo sus patrones de actividad, los cuales permiten conocer el comportamiento de los animales para abordar preguntas ecológicas y evolutivas, así como problemas relacionados a su conservación (Albanesi, Jayat y Brown, 2016). Es importante conocer los patrones de actividad, pues se sabe que cambios sutiles en la intensidad de la luz lunar pueden afectar los ritmos de actividad de ciertos organismos, incluyendo su reproducción, comunicación intraespecífica y el éxito o riesgo de depredación (Kronfeld-Schor *et. al*, 2013; Albanesi, Javat y Brown, 2016).

Los patrones de actividad en mamíferos pueden ser diurnos, crepusculares o nocturnos, dependiendo de la especie del organismo. En Guatemala, generalmente, los estudios de

patrones de actividad han estado sesgados hacia los felinos y ungulados (Palomo-Muñoz *et. al*, 2014; Hernández, 2008; Moreira-Ramírez *et. al*, 2015).

F. Áreas protegidas de Guatemala

Las áreas protegidas naturales tienen el objetivo de preservar ambientes naturales representativos y funcionales de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas, conservando los ecosistemas de mayor fragilidad de Guatemala. Además, son una estrategia de conservación para contrarrestar la transformación de los ecosistemas naturales a sitios agrícolas (Gallina, Mandujano y Delfín-Alfonso, 2007). Sin embargo, la mayoría de las áreas protegidas en Guatemala enfrentan serias restricciones y problemas que afectan su manejo e impacto en su conservación. Destacan los conflictos de tenencia de tierra, la escasez de vigilancia, la falta de planes de manejo y la carencia de información sobre los recursos bióticos y las condiciones en que se encuentran (Andreu, 2008).

La Ley de Áreas Protegidas (Decreto 4-89) declara de interés nacional la conservación de la biodiversidad por medio de áreas protegidas declaradas y administradas por el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), el cual es una extensión del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).

Para el 2017, Guatemala contaba con un total de 339 áreas protegidas, representando aproximadamente 4,337,937.57 hectáreas del territorio nacional. Existen seis categorías de áreas protegidas, cada una de las cuales cumple con ciertas características y tipos de manejo:

- Categoría I: Parque Nacional
- Categoría II: Biotopo Protegido
- Categoría III: Reserva Protectora de Manantiales/Reserva Hídrica y Forestal/Refugio de Vida Silvestre
- Categoría IV: Parque Regional

- Categoría V: Reserva Natural Privada
 - Categoría VI: Reserva de Biósfera
- (SIGAP, 2017).

G. Ley General de Caza

Los mamíferos terrestres medianos y mayores tienen una fuerte connotación cultural en los pueblos originarios, pues estos representan alrededor del 30% de la proteína animal en la dieta de las regiones mesoamericanas (Estrada *et. al*, 2018). En Guatemala, al igual que en muchos países de América, la cacería es una fuente alimenticia muy importante para las comunidades (CONAP, 2007) y ocurre frecuentemente en las zonas aledañas a las áreas protegidas, dentro de reservas naturales privadas y corredores biológicos (McNab *et. al*, 2019). El consumo desmesurado de mamíferos terrestres, especialmente de ungulados y la caza de otras especies que se alimentan de ganado y animales de corral, son unas de las principales causas de extinción de especies (Uribe y Arita, 1998), lo cual debe llevar a plantear estrategias de conservación y soluciones viables a nivel local para minimizar los efectos negativos sobre las poblaciones de interés cinegético.

En Guatemala, la Ley General de Caza (Decreto 36-04) es regulada por el CONAP, tomando en cuenta un calendario cinegético, el cual contiene las especies y cantidades autorizadas a cazar, así como el sexo y las fechas en las que se puede realizar dicha actividad, ya sea para fines deportivos o de subsistencia (Moreira-Ramírez *et. al*, 2015). Las especies de mamíferos terrestres medianos y mayores no autorizados para caza son: jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*), margay (*Leopardus wiedii*), yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), saraguate (*Alouatta pigra* y *A. palliata*), micoleón (*Potos flavus*), tayra (*Eira barbara*), cacomixtle (*Bassariscus sumichrasti*), grisón (*Galictis vittata*), nutria (*Lontra longicaudis*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), oso colmenero (*Cyclopes didactylus*), tapir (*Tapirella bairdii*) y coyote (*Canis latrans*) (CONAP, 2007).

H. Panthera

Desde el 2006, Panthera es la única organización sin fines de lucro dedicada a la conservación de los felinos silvestres y sus hábitats alrededor del mundo. Esta organización labora en 36 países del mundo desarrollando estrategias innovadoras basadas en tecnología y ciencia disponible para la protección especialmente de jaguares, leopardos, leones, pumas, leopardos de las nieves y tigres (Rabinowitz y Zeller, 2010). Panthera inició en Guatemala en 2012, a través del financiamiento de la tesis de maestría de la bióloga Ana Patricia Calderón, la primera coordinadora de la organización en el país (Escobar-Anleu, 2019).

En los años siguientes esta organización ha trabajado en conjunto con la Fundación para el Ecodesarrollo y Conservación (FUNDAECO) y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) en cuatro áreas protegidas de Izabal: la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, La Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil y el Área de Uso Múltiple Río Sarstún (Escobar-Anleu, 2019).

1. Corredor del Jaguar

La iniciativa del Corredor del Jaguar, o por sus siglas en inglés JCI, es el único programa de conservación que busca proteger a los jaguares a lo largo de seis millones de kilómetros cuadrados, los cuales representan su rango de hábitat completo. La organización Panthera, en conjunto con los gobiernos de la región, corporaciones y comunidades locales, trabajan actualmente en esta iniciativa para preservar la integridad genética, conectando y protegiendo a las poblaciones de jaguares desde México hasta Argentina (Zeller *et. al*, 2013).

Guatemala es una pieza clave dentro del Corredor Biológico del Jaguar, ya que estudios genéticos han revelado que, debido a la destrucción de hábitat y otras actividades humanas, la conectividad de las poblaciones de jaguares entre Honduras, Guatemala y Belice es sumamente limitada. Esta iniciativa es aún más importante tomando en cuenta que el

jaguar es considerado una “especie sombrilla”, la cual necesita de grandes extensiones de hábitat natural y conectividad para subsistir (Escobar-Anleu, 2019).

II. JUSTIFICACIÓN

Guatemala presenta una alta diversidad de especies de mamíferos terrestres medianos y mayores. Estos son considerados componentes fundamentales en los ecosistemas debido a las funciones que desempeñan en los mismos, las cuales van desde la dispersión de semillas hasta la regulación de algunas poblaciones de vertebrados e invertebrados (Kraker, Calderón y Cabrera, 2019). Asimismo, algunas especies dentro de este grupo, tales como el jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*), al ser consideradas especies “sombrilla”, son clave para el manejo de la biodiversidad y la conservación de otras especies dentro del ecosistema (Lambeck, 1997).

El conocimiento de la biología y ecología de este grupo en Guatemala es limitado, en especial a la falta de información científica publicada y al bajo número de estudios específicos, como un reflejo de la complejidad de los comportamientos y metodologías para poder realizar estudios biológicos y etológicos de estos organismos; así como también los requerimientos de largos periodos de tiempo para poder obtener datos confiables (Kraker, Calderón y Cabrera, 2019). Además, los estudios con cámaras trampa suelen ser costosos debido al equipo y períodos de muestreo sumamente largos que requieren, lo cual dificulta su implementación en este país (Terrones, Bonet y Cantó, 2008). Además, es importante mencionar que, en la mayoría de los casos, el equipo puede llegar a ser robado o dañado por personas que circundan dentro del área de estudio, generando vacíos de información en estas investigaciones (Lizcano, 2018).

Actualmente existen diferentes amenazas para la biodiversidad nacional, tanto a nivel de ecosistemas como de especies, esto debido a la pérdida de cobertura forestal, que afecta directamente la integridad de los ecosistemas; la cacería; el tráfico ilegal de vida silvestre; la ganadería y agricultura extensiva, algunos conflictos entre carnívoros y humanos, el crecimiento poblacional y las demandas por territorio y acceso a recursos naturales para su subsistencia (Thornton, 2010). A su vez, los efectos del cambio climático influyen

negativamente en los patrones de precipitación anual, lo cual podría llegar a afectar a ciertas poblaciones faunísticas en cuanto a la disponibilidad de agua (Hetem *et. al*, 2014), así como cambios en la fenología, abundancia, composición y patrones biogeográficos de las especies (Parmesan y Yohe, 2003).

Por otro lado, los bosques del caribe guatemalteco son de los últimos remanentes de vegetación continua que existen en el territorio guatemalteco, siendo uno de los pocos sitios a nivel nacional donde posiblemente aún se conservan poblaciones de jaguar, puma, tapir, venado y jabalí (López *et. al*, 2008). Asimismo, esta área es de gran importancia ya que forma parte del Corredor Biológico del Jaguar, una iniciativa de la organización Panthera que busca conservar la integridad genética de esta especie conectando sus poblaciones desde México hasta Argentina (Zeller *et. al*, 2013).

Por lo tanto, este estudio estaría contribuyendo directamente a llenar algunos vacíos de información sobre los mamíferos medianos y mayores presentes en varias áreas protegidas del Corredor Biológico del Jaguar, esclareciendo su estado de conservación y al mismo tiempo proponiendo estrategias que permitan mejorar y fortalecer su manejo y conservación en estos bosques.

III. OBJETIVOS

A. General

- Determinar los patrones en las poblaciones de mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en áreas protegidas del “Corredor Biológico del Jaguar” en Izabal, Guatemala, analizando fotocapturas de cámaras trampa del periodo comprendido entre 2014 a 2020.

B. Específicos

- Generar una lista de especies de mamíferos medianos y mayores presentes en las áreas de estudio.
- Determinar los patrones de actividad de las especies de mamíferos terrestres medianos y mayores que tengan al menos diez registros fotográficos independientes en cada una de las áreas de estudio.
- Correlacionar la riqueza de especies de mamíferos por año presentes en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral con factores como temperatura, índice de precipitación y cobertura forestal.

IV. HIPÓTESIS

Ha: Existe una disminución en la riqueza de especies de mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral entre 2014 y 2020.

V. METODOLOGÍA

A. Área de estudio

Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral

La Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral se encuentra ubicada en el municipio de Morales, Izabal, dentro del complejo montañoso Sierra del Merendón, el cual es fronterizo entre Honduras y Guatemala. Es un área protegida categoría III y cuenta con una extensión total de 19,013.44 hectáreas (Diario de Centroamérica, 2014). Según el sistema de Holdridge, se clasifica bajo las zonas de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T) en elevaciones de 900 msnm y Bosque muy Húmedo Sub-Tropical Cálido (Bmh-S(c)) desde los 900 hasta los 1,221 msnm (De la Cruz, 1976). Su geografía es montañosa y quebrada; entre la vegetación del lugar se pueden desatacar los helechos arborescentes (*Cyathea* sp. y *Alsophila* sp.), la palma Caral (*Sabal mauritiiformis*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) y otras especies forestales (FUNDAECO, 2011).

Existen varias especies de mamíferos en Sierra Caral, algunas bajo la categoría de amenaza según la LEA (CONAP, 2009); entre estas destacan el jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Puma concolor*), el ocelote (*Leopardus pardalis*), yaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*), coche de monte (*Tayassu tajacu*), Tapir (*Tapirella bairdii*) y otras especies de interés cinegético como el tepezcuintle (*Agouti paca*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y el cabrito (*Mazama americana*) (FUNDAECO, s.f).

Los suelos se caracterizan por ser de vocación forestal, aptos para la vida silvestre y para la protección arbórea y de cuencas hidrográficas. Posee un gran potencial hídrico, ya que sus ríos proveen agua a los municipios de Morales y Los Amates, además de las 22 comunidades del área de estudio, las cuales se dedican principalmente a la agricultura y a la ganadería a pequeña escala. En su mayoría, la población es ladina, aunque se sabe de poblaciones minoritarias de origen Maya Chortí y de un grupo Maya Q'eqchi. A su vez,

estos bosques también suministran a las comunidades leña, animales para caza y especies de flora para consumo y elaboración de sus viviendas (FUNDAECO, 2011).

Algunas de las amenazas que presenta el área son la migración de pobladores provenientes de Chiquimula, Jocotán y Camotán, lo cual ha provocado una acelerada deforestación ligada a la ganadería y agricultura extensiva y la apropiación ilegal de tierras privadas y nacionales (FUNDAECO, 2011). La zona núcleo de Sierra Caral cuenta con una superficie total de 2,299.42 hectáreas, siendo el bosque continuo más extenso del municipio de Morales. Este fragmento de bosque, llamado Reserva Protectora de Anfibios “La Firmeza”, se encuentra registrado en CONAP como una Reserva Natural Privada (FUNDAECO, s.f).

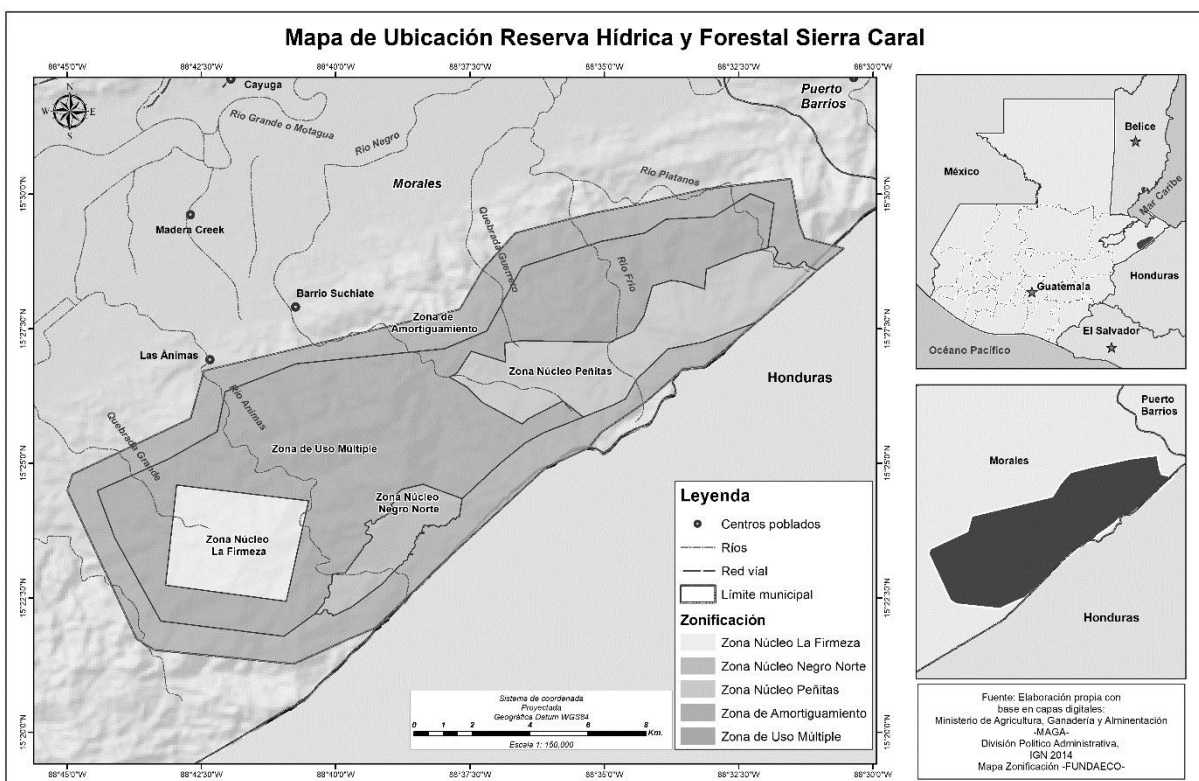


Figura 1. Mapa de ubicación de la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, Izabal, Guatemala.

Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil

Cerro San Gil es un área protegida tipo III coadministrada por FUNDAECO ubicada en Puerto Barrios, Izabal; tiene una extensión de 47, 434 hectáreas y presenta un rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 1,267 msnm. La zona núcleo protege la cuenca del Río Las Escobas, la única fuente de agua potable para los municipios de Puerto Barrios y Santo Tomás de Castilla. El balneario Las Escobas, ubicado dentro de esta área protegida, es uno de los destinos más importantes para el turismo de cruceros en el caribe de Guatemala. Del 2000 al 2010 se han ganado más de 1,900 hectáreas de bosque, reduciendo en un 2.72% la tasa de deforestación (Ojeda, 2008).

Según el sistema de Holdridge, se clasifica bajo la zona de vida Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T), en donde se han reportado las mismas especies de flora y fauna que en Sierra Caral. Según los inventarios biológicos realizados hasta la fecha, Cerro San Gil contiene 56% de especies de anfibios, 48% de especies de reptiles, 67% de especies de aves y más del 70% de especies de mamíferos de Guatemala (Chacón, 2016).

Área de Usos Múltiples Río Sarstún

El Área de Uso Múltiple Río Sarstún (AUMRS) tiene una extensión de 47,582 hectáreas, de las cuales 43,793.46 ha son de zona terrestre y 3, 788.66 ha de zona marina y se integra al corredor biológico que va desde Bocas del Río Polochic, Sierra Santa Cruz, Parque Nacional Río Dulce, Biotopo Chocón Machacas y Cerro San Gil (FUNDAECO, 2015). Es uno de los humedales RAMSAR más importantes del caribe guatemalteco ya que es un estuario de baja altura que se encuentra influenciado por las mareas y las crecidas continentales, permitiendo el establecimiento de manglares a lo largo de su ribera. Este río es hogar del manatí antillano (*Trichechus manatus*) y de varias especies de mangle (Manchuca- Coronado, 2015).

La población está conformada en su mayoría por ladinos y la etnia Q'eqchí, mismos que dependen de la pesca y uso de recursos forestales y la extracción de especies

ornamentales de flora. Algunas de las amenazas que enfrenta esta área protegida son la extensión de los cultivos de palma africana, la extracción de minerales y el narcotráfico (FUNDAECO, 2015).

Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique

Es un área protegida categoría III ubicada en el municipio de Puerto Barrios, coadministrada por FUNDAECO con el fin de preservar ecosistemas húmedos del caribe guatemalteco, tiene una extensión de 151, 878 hectáreas, de las cuales 49,289 ha son terrestres y 102, 589 ha pertenecen a la zona marina. A su vez, está catalogado como un humedal de importancia mundial por la Convención Internacional de Sitios RAMSAR, por ser un área idónea para el forrajeo de tortugas marinas en Centroamérica. Presenta arrecifes coralinos, lo que determina una alta diversidad de especies de peces e invertebrados marinos (Ortíz, 2008).

Según la clasificación de Holdridge, el área se ubica dentro de la zona de vida Bosque muy Húmedo subtropical (cálido) (bmh S (c)). Esta área es accesible únicamente por vía acuática, lo cual ha favorecido la permanencia de sus características naturales. El 65% de su población depende de la pesca como principal actividad productiva (Machuca-Coronado, 2015).

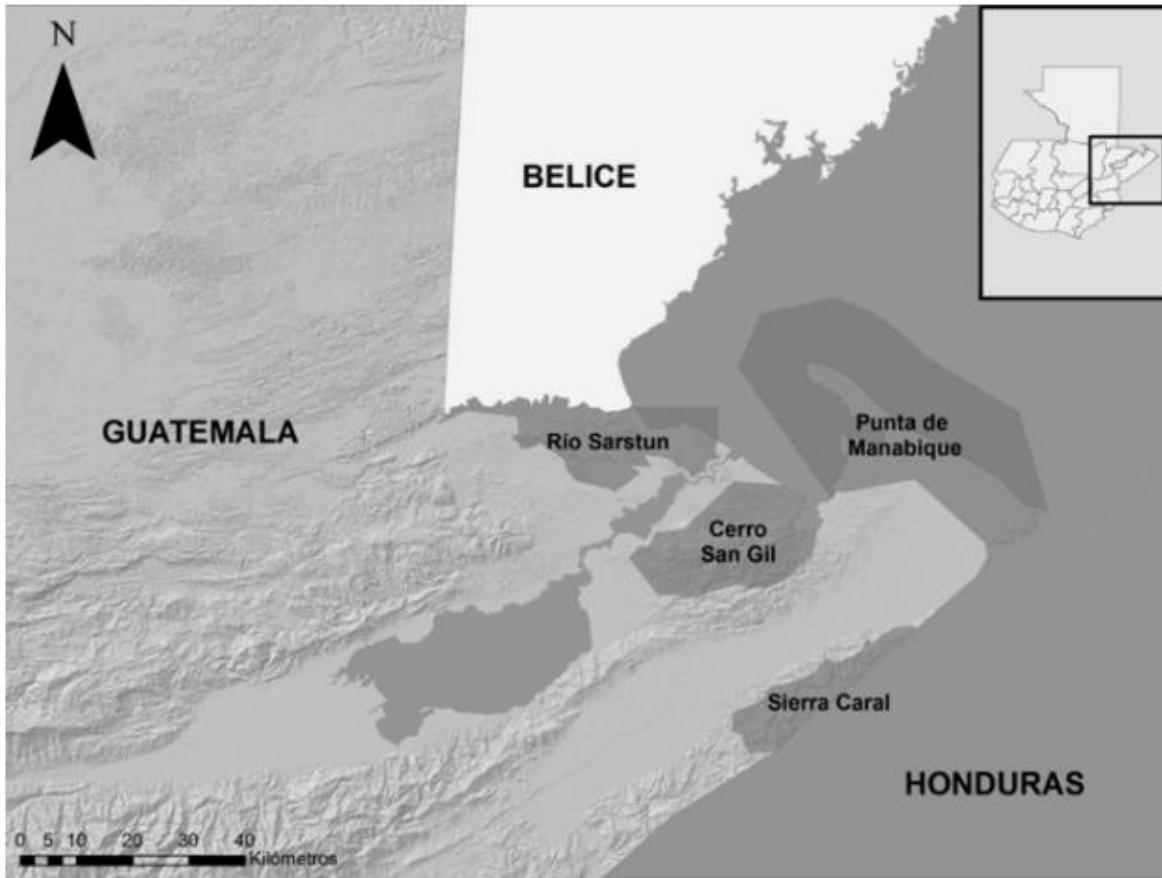


Figura 2. Mapa de ubicación de las áreas protegidas del Corredor Biológico del Jaguar, Izabal, Guatemala (Escobar-Anleu, 2019).

B. Diseño de muestreo

Los datos que se analizaron en este trabajo fueron brindados por la Fundación Panthera Guatemala, la cual ha generado fotocapturas en distintas áreas de Izabal durante el período de junio de 2014 a mayo de 2020, con el objetivo de monitorear la mastofauna del lugar. Todos los muestreos realizados han sido por conveniencia, ya que las cámaras fueron colocadas estratégicamente para capturar específicamente mamíferos terrestres medianos y mayores dentro de las áreas de estudio. Cabe mencionar que en algunas ocasiones el equipo sufrió daños y pérdidas permanentes, lo cual imposibilitó el análisis de los datos provenientes de ciertas cámaras trampa.

En la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, todos los muestreos fueron divididos por temporadas y el número de cámaras trampa varió según la temporada de muestreo, por lo tanto, no se contó con el mismo esfuerzo de muestreo en todas las temporadas. Se tomó en cuenta únicamente las temporadas de muestreo que tuvieran al menos 30 días de muestreo efectivo por época.

Cuadro 3. Muestreos realizados en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral de 2014 a 2020 utilizando cámaras trampa.

Año	Meses	Época del año	Duración (días)	No. de cámaras
2014	Junio – Julio	Lluviosa	53	2
2016	Octubre – Noviembre	Seca	60	6
2017	Marzo - Junio	Seca	35	5
	Mayo-Agosto	Lluviosa	89	4
2019	Febrero - Abril	Seca	56	2
	Mayo - Julio	Lluviosa	39	2
2020	Marzo - Mayo	Seca	66	2

*No se cuentan con datos de 2015 ni de 2018.

Las cámaras se programaron para estar activas durante las 24 horas del día en sensibilidad baja y para que tomaran tres fotos por evento en intervalos de cinco segundos. Se consideraron como eventos o fotocapturas independientes, cuando el período entre individuos de la misma especie fuera ≥ 1 hora. Cuando en una fotografía aparecieron dos o más individuos de la misma especie, cada individuo se consideró como un registro independiente.

En los estudios realizados con cámaras trampa, el esfuerzo total de muestreo suele calcularse multiplicando el número total de cámaras trampa por el total de días de muestreo: (*Esfuerzo total de muestreo = # total de cámaras trampa * # total de días de*

muestreo) (Lira-Torres y Briones-Salas, 2012). Sin embargo, en esta investigación el esfuerzo de muestreo no es comparable, por lo tanto, se realizó una estimación de la riqueza de especies por temporada de muestreo en base al esfuerzo de muestreo realizado.

C. Análisis de registros fotográficos

Los registros fotográficos obtenidos se analizaron en el software NAIRA III, el cual utiliza técnicas de inteligencia computacional para extraer metadatos, crear bases de datos y etiquetar y clasificar las especies capturadas. El software automáticamente generó una matriz de datos siguiendo el formato Darwin Core, con la fecha, hora, coordenadas geográficas y código de la cámara, clave del país, entidad, municipio, nombre y apellido del colector y del identificador, número de la fotocolecta, fase lunar, temperatura y análisis taxonómico del animal presente en la fotografía (Castelblanco, Narvaez y Pulido, 2017). Posteriormente los datos fueron manejados con el paquete CamtrapR para el software Rstudio.

D. Análisis estadístico

1. Estimación de riqueza de especies

En teoría, la forma más directa e intuitiva de calcular la biodiversidad en un ecosistema es la riqueza, la cual se define como el número de especies que habitan en una comunidad local, temporal y espacialmente homogénea (Leitner y Turner, 2001); (Sarkar, 2002). El número de especies observadas en una comunidad aumenta con el esfuerzo de muestreo invertido en la misma. Por lo tanto, la riqueza debe determinarse solamente a partir de inventarios completos, lo cual puede llegar a ser casi imposible (Boulinier *et. al*, 1998).

Para calcular la riqueza de especies de mamíferos por temporada de muestreo, se utilizaron los estimadores no paramétricos de riqueza Chao 2, Jackknife 2 y el estimador de

cobertura basado en la incidencia (ICE); los cuales se basan en el estudio de las especies raras y permiten estimar el número de nuevas especies a partir de las relaciones de abundancia o incidencia de las especies ya detectadas en el muestreo.

ICE se basa en el número de especies raras (las observadas en menos de 10 unidades de muestreo), mientras que Chao 2 toma en cuenta las especies observadas en una o dos unidades de muestreo y Jack 2 es una función del número de especies presentes solamente en una unidad de muestreo (Chao, 1984).

E. Patrones de actividad

El patrón de actividad se determinó para aquellas especies de las que se obtuvieron al menos 10 registros fotográficos independientes con la hora visible, (Maffei *et al.* 2002; Monroy-Vilchis *et al.* 2009). Se tomaron como registros independientes aquellos que estuvieran separados por una hora de diferencia y los patrones de actividad se agruparon en tres unidades: a) diurnos (05:01 a 18:00 hrs); b) nocturnos (20:01 a 5:00hrs) y c) crepusculares (18:00-20:00hrs) (Monroy-Vilchis *et al.* 2011). Se generaron gráficos de patrones de actividad usando el estimador de densidad de Kernel (EDK) para cada una de las especies y gráficas de traslape de patrones de actividad entre especies con el paquete CamtrapR para el software RStudio.

Los métodos de estimación de densidad por kernel son una herramienta muy poderosa en la estadística, ya que hacen uso al máximo de los datos disponibles en la muestra. El cómputo de la estimación de la densidad por kernel es de orden $O(n^2k)$, donde n representa el número de observaciones y k el número de variables del estudio (Inca, 2004).

F. Datos climáticos y de cobertura forestal

Se utilizaron datos proporcionados por el Instituto de Sismología, Vulcanología y Meteorología (INSIVUMEH) que incluían las variables climáticas de lluvia media (mm), porcentaje de humedad relativa (RH) y temperatura máxima y mínima ($^{\circ}\text{C}$) registradas en el departamento de Izabal desde 2014 a 2020. Estos parámetros climáticos se promediaron mensualmente y solo se utilizaron aquellos meses en donde se llevó a cabo el fototrampeo. Se realizó una matriz de correlación de Pearson (r), para determinar si alguna de estas variables climáticas influyó en la riqueza de especies de mamíferos reportada en cada uno de los períodos de muestreo.

Asimismo, para visualizar y analizar de forma cualitativa la dinámica de cobertura forestal durante el fototrampeo y determinar si existía una relación entre la cobertura vegetal de los sitios y la riqueza de mamíferos registrada por periodo de muestreo, se utilizó el software ArcGIS e imágenes satelitales Sentinel para generar tres mapas de cobertura forestal (2014, 2016 y 2019) para las áreas protegidas abarcadas en este estudio. Cada mapa se realizó delimitando los sitios de entrenamiento para agua, bosque y otro tipo de uso de suelo (no bosque) y se realizó una clasificación supervisada con el algoritmo clasificador “random forest”, con 100 árboles de decisión. Cabe mencionar que el área del RVS Punta de Manabique no se incluyó en los mapas debido a que las imágenes satelitales presentaban muchas nubes y no se lograba apreciar la cobertura boscosa del lugar.

Las definiciones adoptadas para realizar los mapas de cobertura forestal fueron: árbol = planta leñosa con fuste y copa definida con crecimiento secundario que en su estado de madurez alcanza una altura mínima de 5 metros y un diámetro mínimo de 10 cm. Con este concepto se excluyen los bambúes y las palmas. Arbusto = Planta leñosa con uno o varios troncos o tallos principales pero que no alcanza los 5 metros de altura en su madurez. Bosque = Superficie cubierta por árboles con un mínimo de cobertura de copa del 30%-40%, formando una masa continua de un mínimo de 0.5 hectárea (5 píxeles) con un ancho mínimo de 60 metros (2 píxeles) (Regalado *et. al*, 2012).

VI. RESULTADOS

A. Caracterización y riqueza de mamíferos

Para la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral se analizaron un total de 1,182 fotocapturas, de las cuales 792 fueron registros independientes. Asimismo, se registraron 17 especies, agrupadas en siete órdenes y once familias. Para la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, se analizaron 157 fotocapturas, de las cuales 92 fueron registros independientes. Se registraron un total de diez especies, pertenecientes a seis órdenes y ocho familias. En el caso del Área de Usos Múltiples Río Sarstún se analizaron 33 fotocapturas, de las cuales seis fueron registros independientes, reportando un total de seis especies pertenecientes a tres órdenes y cinco familias. Por último, para el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique se analizaron 103 fotocapturas, de las cuales 27 fueron registros independientes, reportando un total de nueve especies pertenecientes a cinco órdenes y seis familias.

En el siguiente cuadro, se presenta un listado de las especies de mamíferos terrestres medianos y mayores registradas en cada una de las áreas de estudio en el período comprendido entre 2014 a 2020.

Cuadro 4. Especies de mamíferos terrestres medianos y mayores reportadas para las cuatro áreas de estudio entre 2014 a 2020.

Especie	Nombre común	Familia	Orden	Hábito	Localidad				Año					
					RHFSC	RPMCS	RUMRS	RVSPM	2014	2015	2016	2017	2019	2020
<i>Dasyus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas	Dasypodidae	Cingulata	G	X	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Cabassous centralis</i>	Armadillo de cola desnuda	Dasypodidae	Cingulata	G	X							X	X	
<i>Didelphis marsupialis</i>	Tacuacín común	Didelphidae	Didelphimorphia	G	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Didelphis virginiana</i>	Tacuacín norteño	Didelphidae	Didelphimorphia	G	X							X		
<i>Phillander opossum</i>	Tacuacín de cuatro ojos	Didelphidae	Didelphimorphia	G	X						X	X	X	
<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	Cuniculidae	Rodentia	E	X	X	X	X	X	X		X		
<i>Dasyprocta punctata</i>	Cotuza	Dasyproctidae	Rodentia	G	X	X	X	X	X	X	X	X		X
<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Jaguarundi	Felidae	Carnivora	G	X	X		X		X	X	X		
<i>Conepatus leuconotus</i>	Zorrillo de espalda blanca	Mephitidae	Carnivora	G	X				X			X		
<i>Tamandua mexicana</i>	Tamandúa	Myrmecophagidae	Pilosa	E	X			X	X		X	X		
<i>Nasua narica</i>	Pizote	Procyonidae	Carnivora	G	X	X	X	X	X		X	X		
<i>Pecari tajacu</i>	Pecarí de collar	Tayyasuidae	Artiodactyla	G	X	X			X	X	X	X		X

<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	Felidae	Carnivora	G	X	X		X	X	X	X	X		X
<i>Mazama temama</i>	Cabrito	Cervidae	Artiodactyla	G	X	X			X		X	X	X	X
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	Procyonidae	Carnivora	G	X				X		X	X	X	
<i>Leopardus wiedii</i>	Margay	Felidae	Carnivora	G	X	X		X	X	X	X			X
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	Canidae	Carnivora	G	X						X			
<i>Puma concolor</i>	Puma	Felidae	Carnivora	G			X		X					
<i>Panthera onca</i>	Jaguar	Felidae	Carnivora	G			X	X	X	X				
<i>Tapirella bairdii</i>	Tapir	Tapiridae	Perissodactyla	E				X		X	X			

*Por sus siglas, RHFSC: Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral; RPMCSG: Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil; RUMRS: Reserva de Usos Múltiples Río Sarstún; RVSPM: Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique. G: Generalista; E: Especialista. Para RHFSC se contaban con datos de 2014, 2016, 2017, 2019 y 2020; para RUMRS únicamente se contaban con datos de 2014; para RPMCS de 2014 y 2015 y para RVSPM de 2015 y 2016.

Únicamente para la RHF Sierra Caral y para la RPM Cerro San Gil, se calculó el número de avistamientos por especie ya que fueron las localidades que presentaron una mayor cantidad de registros independientes (separados por intervalos mayores a una hora). Para la RHF Sierra Caral, las tres especies con mayor número de avistamientos fueron: *Dasyprocta punctata* (cotuza) con un total de 356 registros independientes, seguido por *Procyon lotor* (mapache) con 106 registros independientes y *Dasypus novemcinctus* (armadillo de nueve bandas) con 95 registros independientes. La especie con menor número de avistamientos fue *Didelphis virginiana* (tacuazín norteño) con un registro independiente.

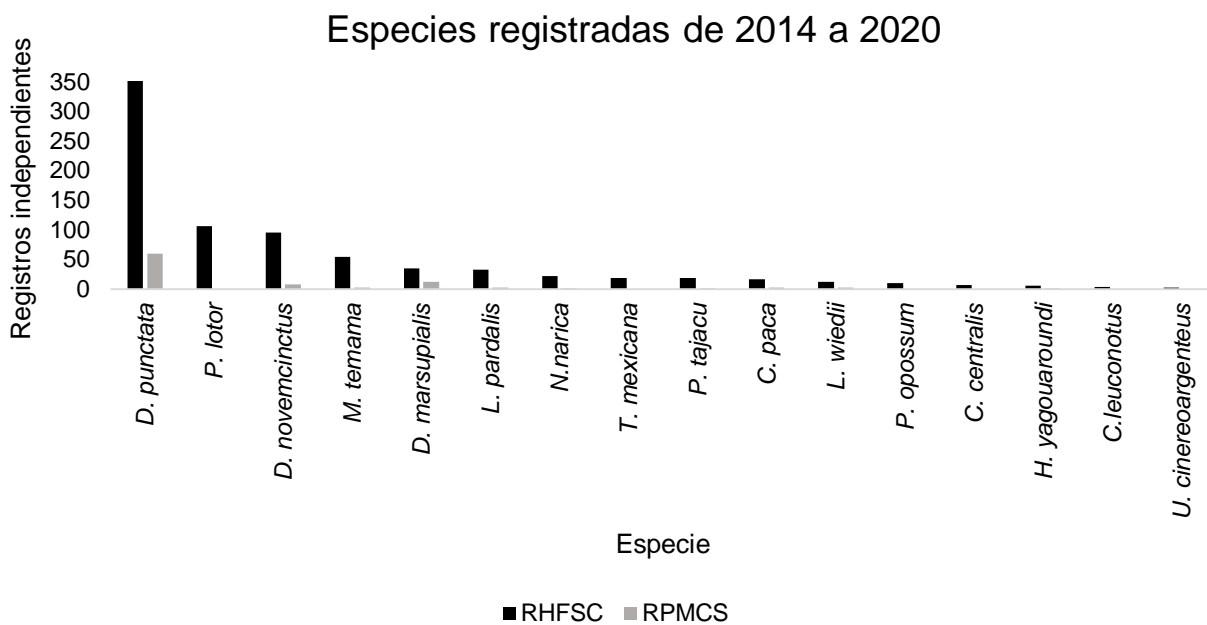


Figura 3. Histograma de frecuencia de registros independientes de las especies de mamíferos terrestres medianos y mayores dentro de la RHF Sierra Caral y la RPM Cerro San Gil.

La cantidad de especies de mamíferos terrestres medianos y mayores registradas para la RHF Sierra Caral varió en cada una de las temporadas de muestreo. En 2014 se registraron once especies, siendo *D. punctata* la más avistada y *Nasua narica* (pizote), *Didelphis marsupialis* (tacuazín común) y *Tamandua mexicana* (tamandúa norteño) las menos avistadas (ver anexo 2). Para 2016 se registraron trece especies, nuevamente siendo *D. punctata* la más avistada y *Phillander opossum* (tacuzín de cuatro ojos) la menos avistada (ver anexo 3).

El 2017 fue el año en que se registró un mayor número de especies, ya que para la primera temporada de muestreo (marzo – junio) se registraron quince especies y para la segunda temporada de muestreo (mayo – agosto) trece especies. La especie con mayor número de avistamientos fue *D. punctata* y con menor número de avistamientos *D. virginiana*. (Ver anexos 4 y 5). Por otro lado, 2019 y 2020 fueron los años donde se registró una menor cantidad de especies, pues se reportaron siete y seis especies, respectivamente. Entre las especies más avistadas se pueden mencionar a *P. lotor* y *Leopardus pardalis* (ocelote), mientras que entre las menos avistadas a *Cabassous centralis* (armadillo de cola desnuda) y *Herpailurus yagouaroundi* (jaguarundi) (ver anexos 6,7 y 8).

Para el período de 2014, dentro de la RPM Cerro San Gil se registró un total de nueve especies y para el período de 2015, un total de ocho especies. Sin embargo, únicamente se tomaron en cuenta los registros independientes para el período de 2014 debido a que se tenían muy pocas fotocapturas del 2015. La especie que presentó una mayor cantidad de registros fue *D. punctata* y la especies con menos registros fueron *P. tajacu*, *N. narica* y *H. yagouaroundi*.

1. Estimadores de riqueza de especies

Se utilizaron los estimadores de riqueza Jack 1, Chao 2 e ICE para visualizar el número de especies registradas durante cada uno de los períodos de muestreo en base al esfuerzo de captura en la RHF Sierra Caral de 2014 a 2020. El esfuerzo total de muestreo para esta localidad fue de 1,307 días-trampa, siendo el 2017 el año donde se realizó un mayor esfuerzo de muestreo (531 días-trampa) y 2014 el año con menor esfuerzo de muestreo (106 días-trampa).

En 2014, la riqueza observada estuvo entre el 71.89 y 85.93% (11 especies) indicando haber estado por debajo de la estimada, ya que, según la curva de acumulación de especies, se pudieron haber registrado hasta aproximadamente 16 especies para este período de muestreo.

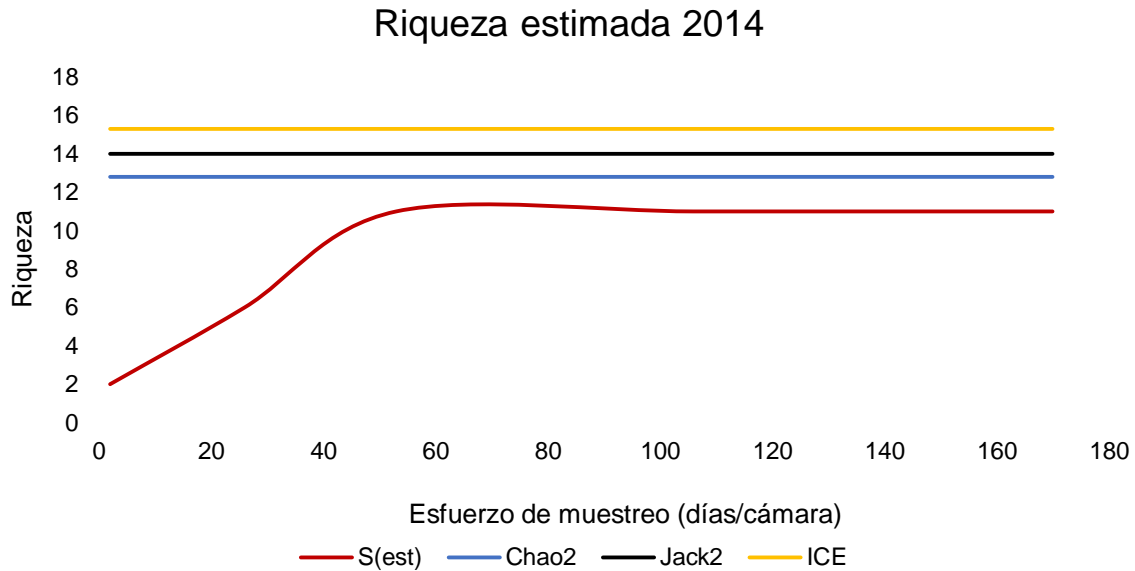


Figura 4. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de junio a julio de 2014.

*S(est): riqueza observada en el muestreo; ICE: estimador de cobertura basado en incidencia; Chao2: estimador Chao de segundo orden; Jack2: estimador Jackknife de segundo orden.

Durante el período de muestreo de octubre a noviembre de 2016, la riqueza observada estuvo entre 70 y 84.79% (14 especies), estando por debajo de la esperada, ya que los estimadores de riqueza sugirieron que la máxima cantidad de especies a observar era de 16.

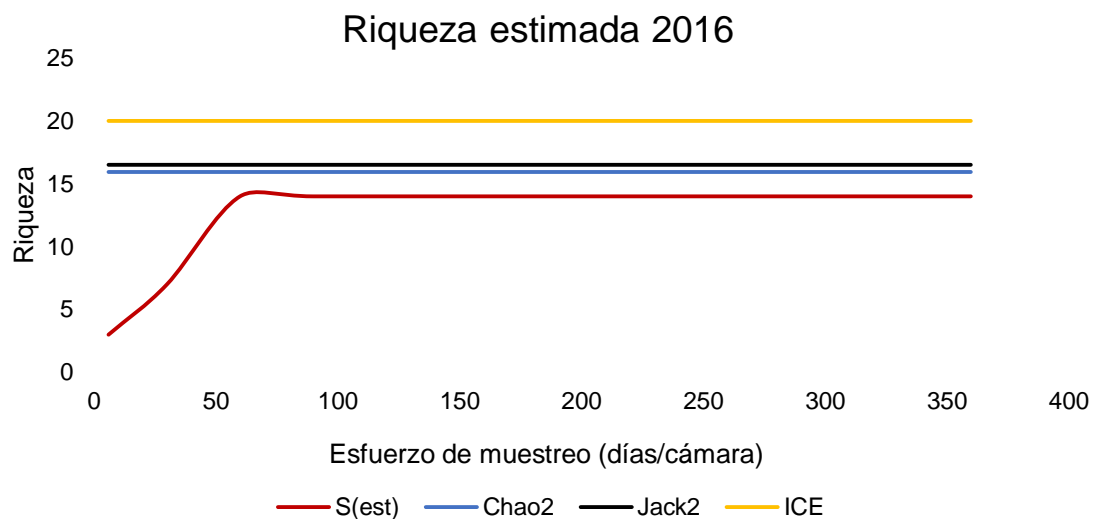


Figura 5. Curva de acumulación de especies para la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral durante el período de muestreo de octubre y noviembre de 2016.

*S(est): riqueza observada en el muestreo; ICE: estimador de cobertura basado en incidencia; Chao2: estimador Chao de segundo orden; Jack2: estimador Jackknife de segundo orden.

Según los estimadores de riqueza, para el primer período de muestreo de 2017 se esperaba encontrar un máximo de 18 especies. Sin embargo, el muestreo realizado indicó que la riqueza estuvo entre 85.66 y 85.76%, reportando un total de 15 especies.

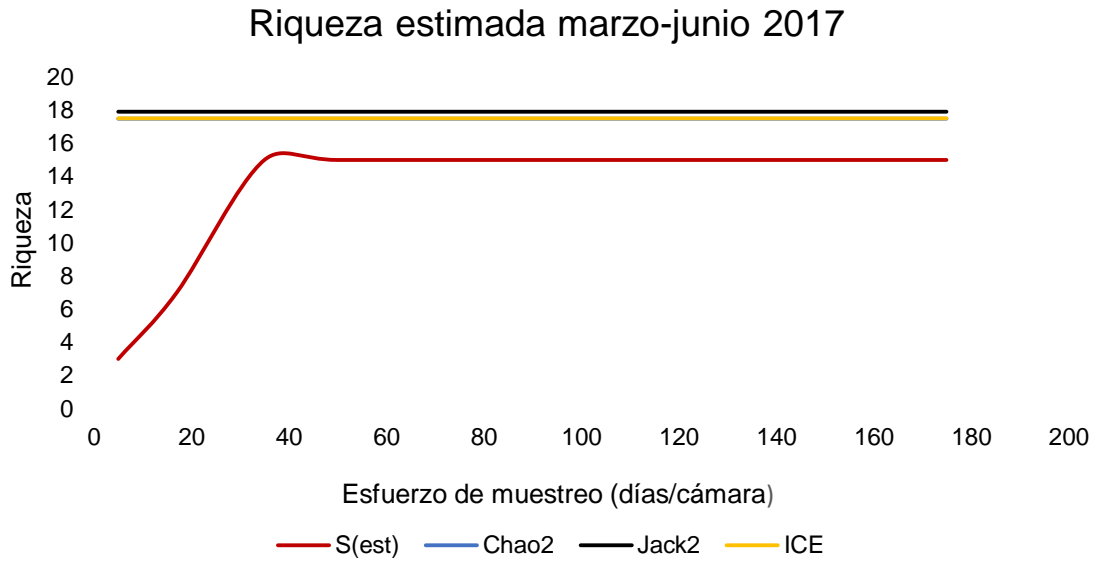


Figura 6. Curva de acumulación de especies para la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral durante el período de muestreo de marzo a junio de 2017.

*S(est): riqueza observada en el muestreo; ICE: estimador de cobertura basado en incidencia; Chao2: estimador Chao de segundo orden; Jack2: estimador Jackknife de segundo orden.

Durante el segundo periodo de muestreo de 2017 la riqueza estimada estuvo entre 51.08 y 80.64%, reportando un total de 13 especies, lo cual está por debajo de la estimación realizada, que era de 25 especies.

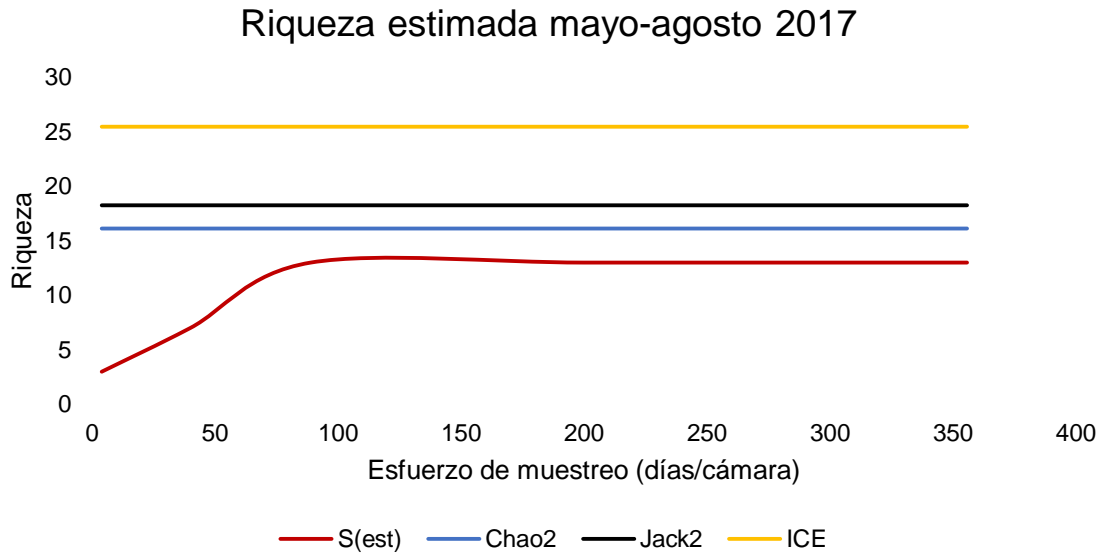


Figura 7. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de mayo a agosto de 2017.

*S(est): riqueza observada en el muestreo; ICE: estimador de cobertura basado en incidencia; Chao2: estimador Chao de segundo orden; Jack2: estimador Jackknife de segundo orden.

En 2019 se realizaron 2 períodos de muestreo, en los que se registraron 5 especies, estimando una riqueza entre 45.45 y 81.69%, esperando registrar hasta once especies.

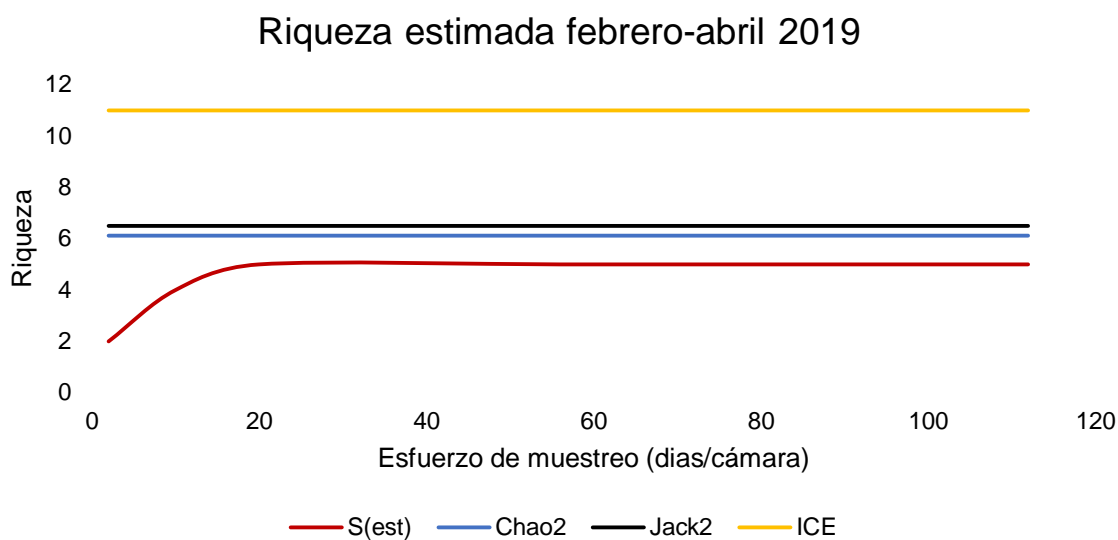


Figura 8. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de febrero a abril de 2019.

*S(est): riqueza observada en el muestreo; ICE: estimador de cobertura basado en incidencia; Chao2: estimador Chao de segundo orden; Jack2: estimador Jackknife de segundo orden.

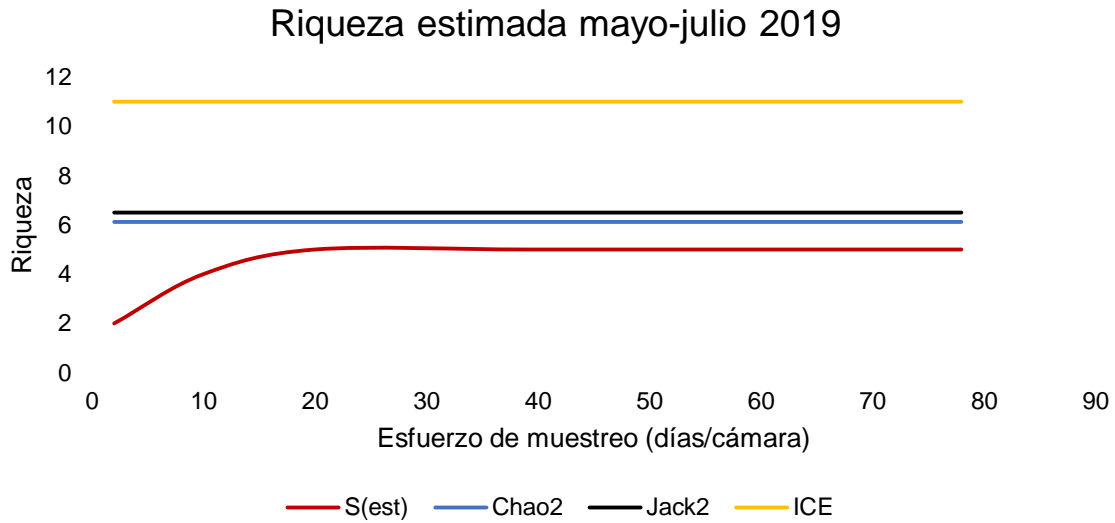


Figura 9. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral durante el período de muestreo de mayo a julio de 2019.

*S(est): riqueza observada en el muestreo; ICE: estimador de cobertura basado en incidencia; Chao2: estimador Chao de segundo orden; Jack2: estimador Jackknife de segundo orden.

Por último, para el periodo de muestreo realizado en 2020, se registraron seis especies, lo cual indicó que la riqueza estimada estuvo entre 88.62 y 99%. Para este muestreo se esperaba encontrar hasta siete especies.

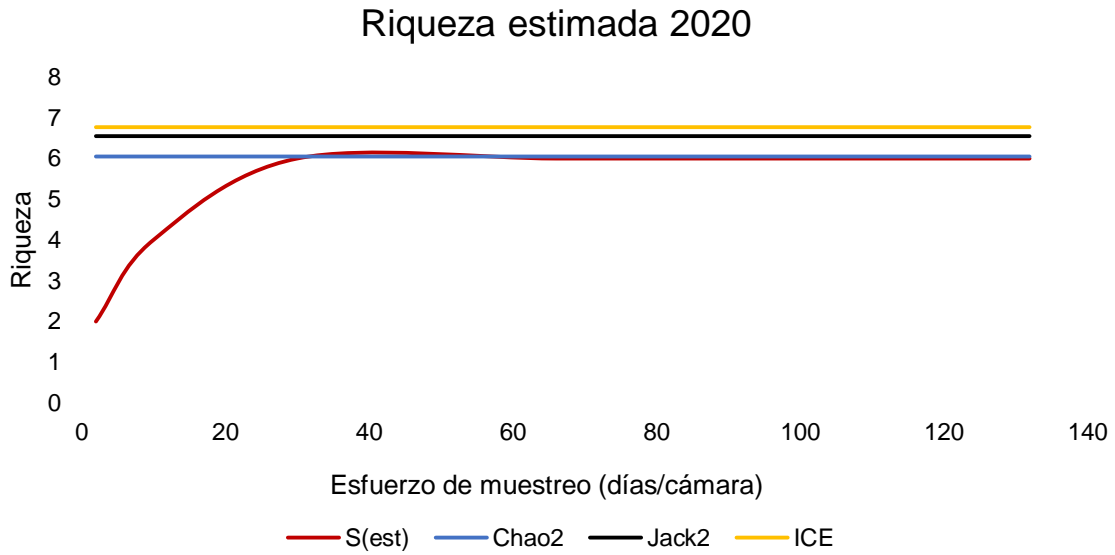


Figura 10. Curva de acumulación de especies para la RHF Sierra Caral para el período de muestreo de marzo a mayo de 2020.

*S(est): riqueza observada en el muestreo; ACE: estimador de cobertura basado en abundancia; Jack2: estimador de riqueza Jackknife de primer orden; Chao 2: estimador de riqueza Chao.

B. Patrones de actividad

Únicamente se determinó el patrón de actividad para siete especies presentes en la RHF Sierra Caral: *Dasyprocta punctata*, *Procyon lotor*, *Didelphis marsupialis*, *Dasybus novemcinctus*, *Mazama temama*, *Leopardus pardalis* y *Nasua narica*, ya que fueron las únicas que presentaron al menos diez registros fotográficos independientes. Los patrones de actividad se calcularon utilizando el estimador de densidad Kernel (EDK) (Ver Anexos 18 a 26). En la figura se pueden observar los patrones de actividad de las especies registradas agrupadas en 3 unidades: a) diurnos, b) nocturnos y c) crepusculares.

Se identificó que *D. punctata*, *M. temama* y *N. narica* presentaron un patrón de actividad diurno, mientras que *P. lotor*, *D. marsupialis* un patrón nocturno. Por otro lado, *D. novemcinctus* y *L. pardalis* presentaron patrones catemerales, es decir, tanto diurnos como nocturnos.

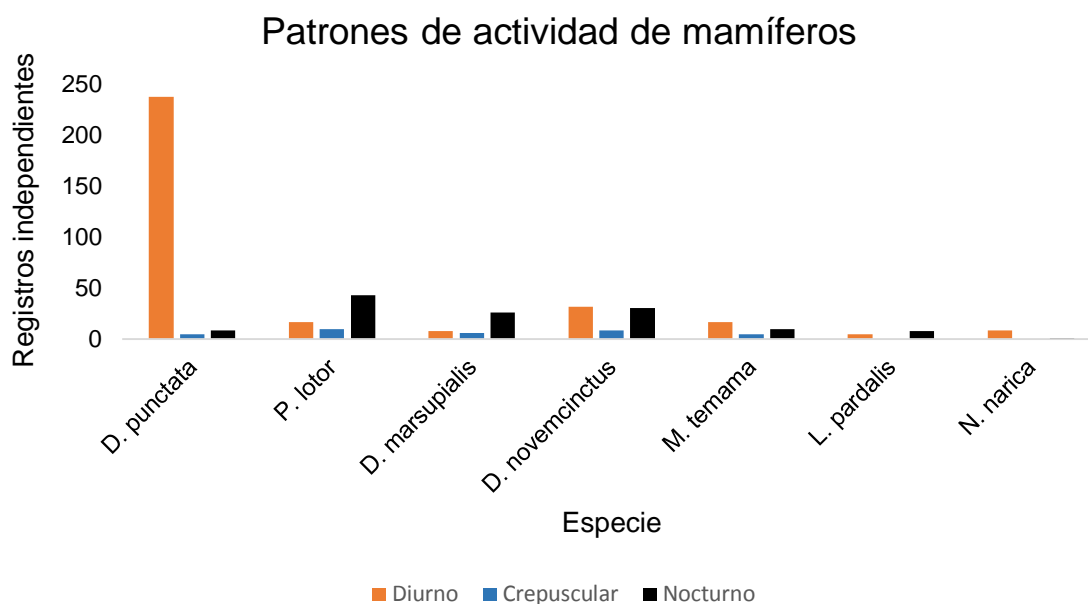


Figura 11. Patrones de actividad de los mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en la RHF Sierra Caral.

Cada uno de los patrones de actividad se clasificó según el horario: a) diurnos (05:01 a 18:00 hrs); b) nocturnos (20:01 a 5:00hrs) y c) crepusculares (18:00-20:00).

1. Traslape de actividad

Utilizando el estimador de densidad de Kernel (EDK), se determinó el traslape de actividad para aquellas especies con más de diez registros independientes que pudieran tener un rol depredador-presa. En las figuras 11 y 12 se observa el traslape de actividad para tres especies:

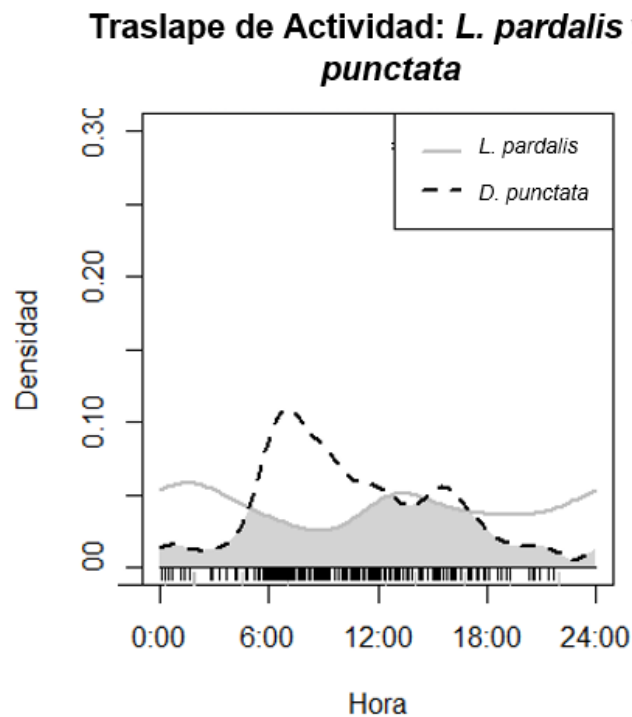


Figura 12. Traslape de actividad entre *Leopardus pardalis* y *Dasyprocta punctata* durante el período de muestreo realizado de marzo a junio de 2017 dentro de la RHF Sierra Caral.

En la Figura 11 se puede observar un traslape de actividad entre el ocelote y la cotuza en el período de 6:00 a 18:00 horas, presentando un pico de actividad alrededor de las 16:00 horas.

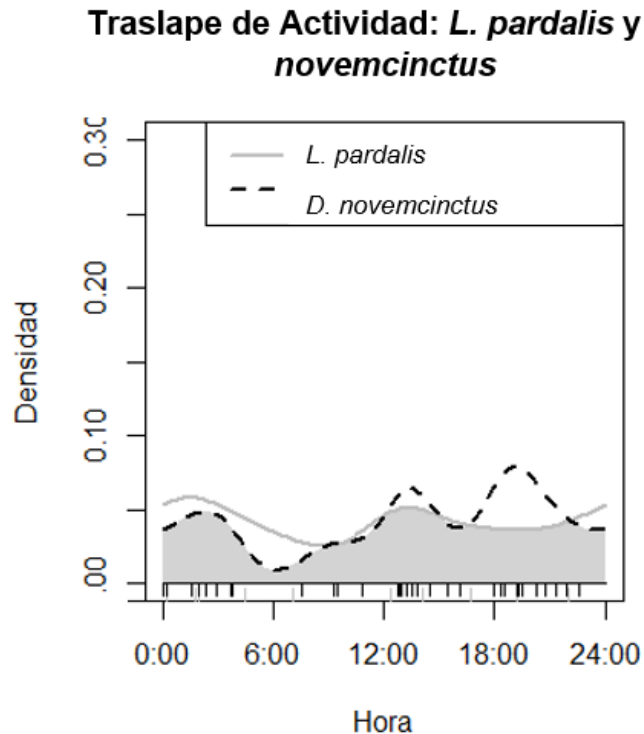


Figura 13. Traslape de actividad entre *Leopardus pardalis* y *Dasypus novemcinctus* durante el período de muestreo realizado de marzo a junio de 2017 dentro de la RHF Sierra Caral.

En la Figura 12 se puede observar que el traslape de actividad entre el ocelote y el armadillo de nueve bandas no es tan marcado como en el caso del ocelote y la cotuza, ya que estas especies parecieran estar activas las 24 horas del día, aunque presentan un pico de actividad por la tarde, desde las 15:00 hasta las 17:00 horas.

C. Influencia de variables climáticas

Se generó una matriz de correlación de Pearson para evaluar la fuerza y dirección de la relación entre las variables climáticas de temperatura media ($^{\circ}\text{C}$), precipitación media (mm), humedad relativa media (%) y el número total de especies registradas por año, de

manera que esta pudiera explicar si alguno de estos elementos influía en la riqueza de especies reportadas para la RHF Sierra Caral de 2014 a 2020. Según los datos obtenidos, las variables que presentaron una correlación positiva (mayores a 0.7) fueron la precipitación y la humedad, mientras que la temperatura pareció no estar altamente correlacionada.

Cuadro 5. Matriz de correlación de Pearson (r) para las variables climáticas de 2014 a 2020 en el departamento de Izabal, Guatemala.

	Año	Especies	Temperatura	Precipitación	Humedad
Año	1	-0.673	0.285	-0.618	-0.715
Especies	-0.673	1	-0.487	0.702	0.693
Temperatura	0.285	-0.487	1	-0.655	-0.869
Precipitación	-0.618	0.702	-0.655	1	0.837
Humedad	-0.715	0.693	-0.869	0.837	1

Especies: número total de especies registradas; Temperatura: temperatura media; Precipitación: precipitación media; Humedad: humedad relativa media.

A su vez, se generó un gráfico de matriz de correlación de Pearson, de manera que los resultados fueran visualizados de una manera más sencilla. El color azul oscuro indicó una correlación alta (1), mientras que el color rojo indicó una correlación baja (-1).

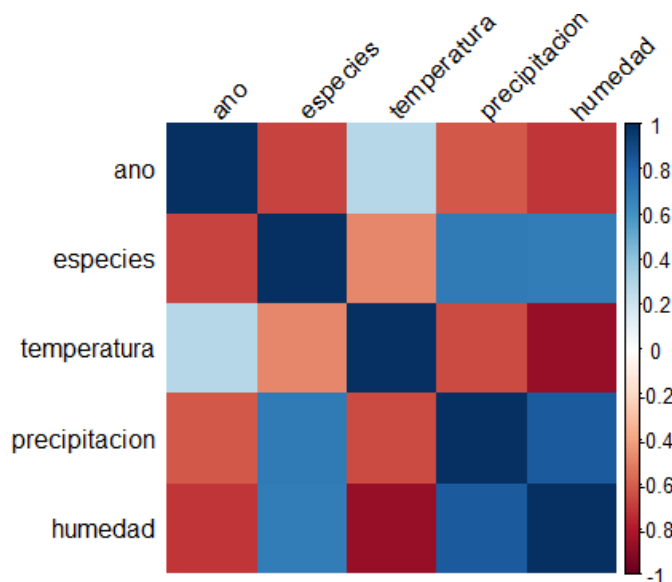


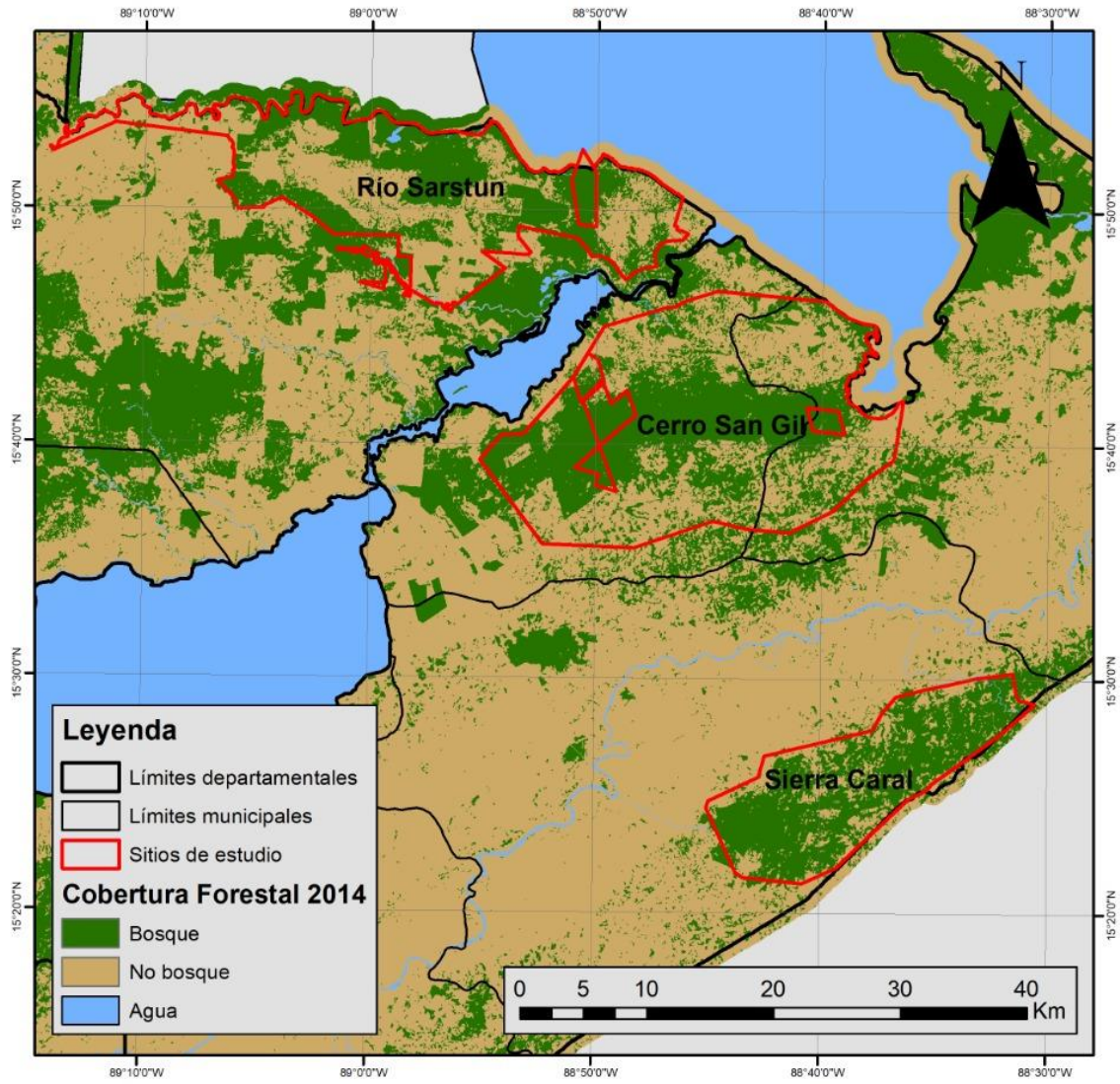
Figura 14. Gráfico de matriz de correlación de Pearson para las variables climáticas de 2014 a 2020 en el departamento de Izabal, Guatemala.

Especies: número total de especies registradas por temporada de muestreo; Temperatura: temperatura media; Precipitación: precipitación media; Humedad: humedad relativa media.

D. Análisis cualitativo de cambios en la cobertura forestal

Los mapas generados únicamente pretendían mostrar de manera cualitativa la cobertura boscosa de las áreas protegidas en donde se llevó a cabo el estudio. Según los mapas de 2014, 2016 y 2019 no hubo un cambio aparente en la cobertura forestal dentro de las cuatro áreas de estudio seleccionadas. En ninguno de los tres mapas se incluyó el RVS Punta de Manabique debido a que las imágenes satelitales empleadas presentaban un nivel muy alto de nubosidad, por lo que no se podía apreciar la cobertura boscosa del área. A su vez, no se

generó un mapa de cobertura forestal para el 2020 ya que las imágenes satelitales para este año aún no estaban disponibles.




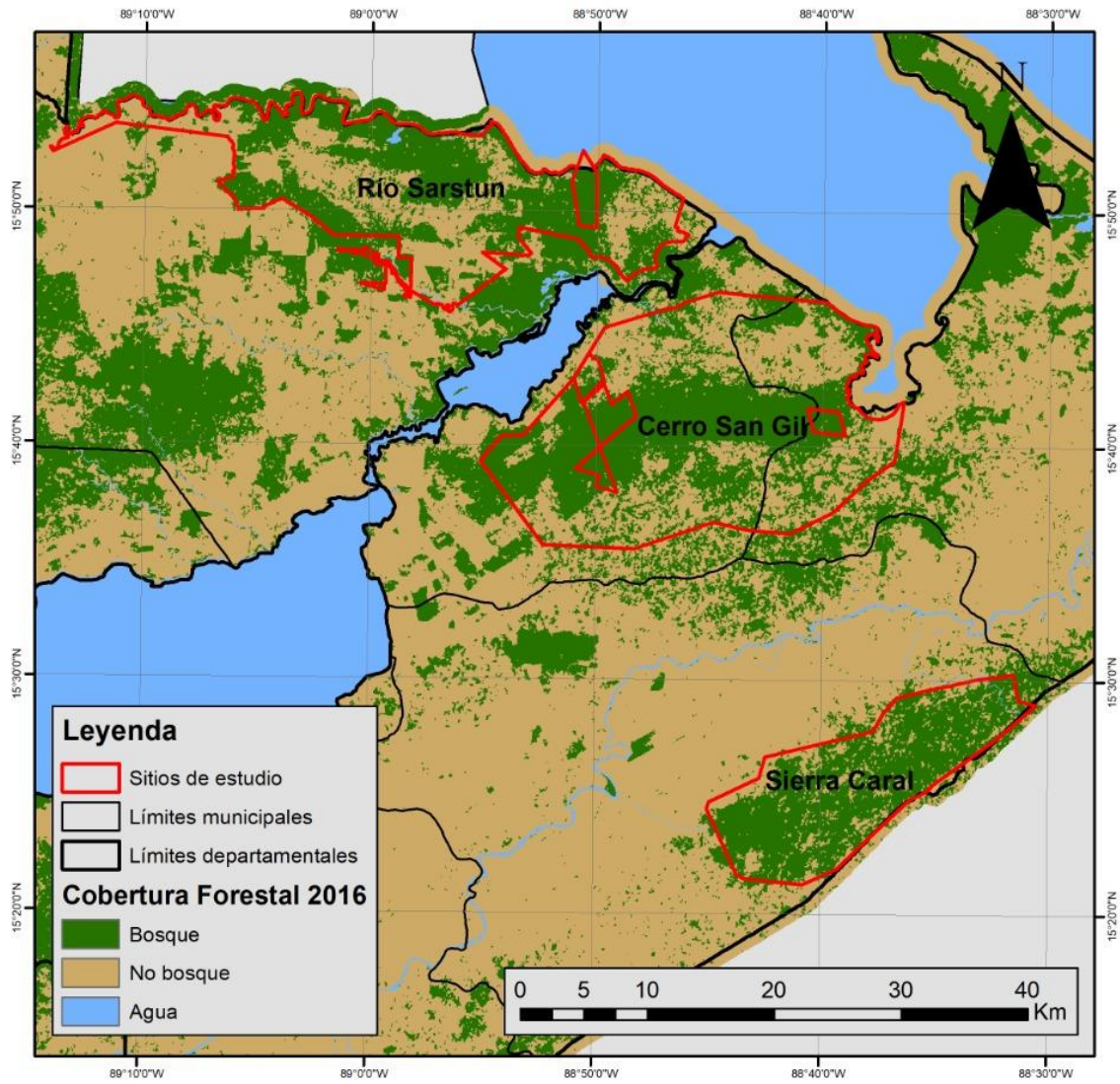
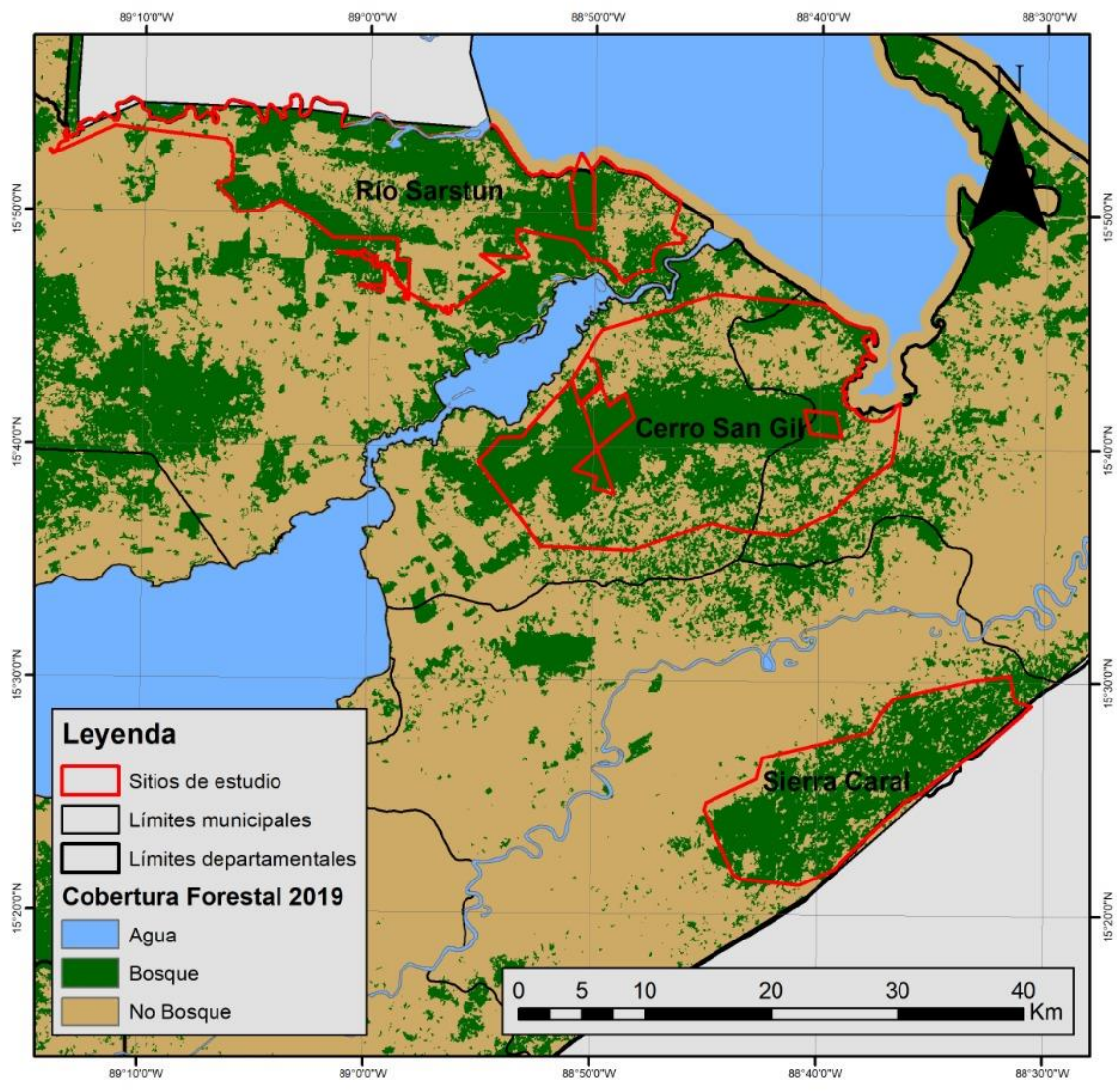
Proyección mapa digital e impreso: UTM Zona 15N			Universidad del Valle de Guatemala Departamento de Biología  UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Datum: WGS84			
Edición: Ana Lucía Arévalo Guatemala, Octubre 2020			
Fuente: Datos del satélite Landast 8 Servicio Geológico de los Estados Unidos			

Figura 15. Mapa de cobertura forestal para el área de Izabal en 2014.



<p>Proyección mapa digital e impreso: UTM Zona 15N</p> <p>Datum: WGS84</p> <p>Edición: Ana Lucía Arévalo</p> <p>Guatemala, Octubre 2020</p>			<p>Universidad del Valle de Guatemala Departamento de Biología</p> <p>UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</p>
<p>Fuente: Datos del satélite Landast 8 Servicio Geológico de los Estados Unidos</p>			

Figura 16. Mapa de cobertura forestal para el área de Izabal en el año 2016.



<p>Fuente: Datos del satélite Landast 8 Servicio Geológico de los Estados Unidos</p>	<p>Proyección mapa digital e impreso: UTM Zona 15N</p> <p>Datum: WGS84</p> <p>Edición: Ana Lucía Arévalo</p> <p>Guatemala, Octubre 2020</p>	<p>Universidad del Valle de Guatemala Departamento de Biología</p> <p>UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</p>

Figura 17. Mapa de cobertura forestal para el área de Izabal en el 2019.

VII. DISCUSIÓN

A. Caracterización y riqueza de mamíferos

Estudios previos realizados en áreas protegidas de Izabal, tales como la RHF Sierra Caral, la RPM Cerro San Gil, el AUM Río Sarstún, el RVS Punta de Manabique, el RVS Bocas del Polochic y los RVS Xutilhá y Machaquilá han reportado alrededor de 35 especies de mamíferos terrestres medianos y mayores para el área de Izabal (López et. al, 2008); (FUNDAECO, 2007); mientras que, en este estudio, se reportaron solamente 20 de esas especies dentro de las cuatro localidades muestreadas, lo cual representa alrededor del 57% de las mismas.

A pesar de ser especies relativamente comunes, no se registró la presencia de tayra (*Eira barbara*), pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*), zorrillo (*Mephitis macroura*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), conejo (*Sylvilagus brasiliensis* y *S. florindianus*), entre otras. El método utilizado en este estudio estuvo dirigido hacia especies que se desplazan a nivel del sotobosque, por lo que no se registraron aquellas de hábitos arborícolas y semiacuáticos. Por lo tanto, para obtener una mayor información acerca de estas especies sería ideal incluir registros de observaciones directas por medio de entrevistas a los lugareños.

El éxito de captura y el esfuerzo requerido para registrar una proporción alta de la riqueza de especies están relacionados con las características de las especies y del ambiente (Pérez-Irineo y Santos-Moreno, 2013). Las especies registradas pertenecen a 7 órdenes: Artiodactyla, Didelphimorphia, Rodentia, Carnivora, Pilosa, Cingulata y Perissodactyla, siendo el grupo Carnivora el predominante. La composición del ensamblaje del grupo Carnivora estuvo constituida por nueve especies, aunque no fueron las especies con mayor número de registros. Algunas especies de carnívoros son raras y elusivas por naturaleza, mientras que otras presentan un tamaño corporal grande y son muy poco abundantes, por lo que en comparación con otros grupos taxonómicos presentan un número de registro bastante bajo (Kelly y Holub, 2008).

La identidad de las especies registradas puede proporcionar información valiosa sobre las condiciones del lugar en donde estas se registraron; además, en este tipo de estudios, la abundancia relativa y la diversidad de especies presentes en un lugar determinado pueden utilizarse como indicadores de la calidad del hábitat (Escobar, 2015). A grandes rasgos, se puede decir que cada una de las áreas protegidas que se tomaron en cuenta en este estudio presentaban condiciones distintas, las cuales se relacionan a la disponibilidad de refugios, alimento, agua, entre otros. Estas condiciones pueden explicar de alguna manera los resultados obtenidos en la identidad de las especies (Cuadro 3); a su vez, en los mapas de ubicación de las localidades de estudio (Figuras 1 y 2) pueden observarse otras particularidades que pueden proporcionar información sobre los resultados observados: zonificación y extensión de cada área protegida, presencia de caminos y carreteras, cuerpos de agua, la cercanía a asentamientos humanos y la cobertura forestal (Figuras 16, 17 y 18).

Dentro de la RHF Sierra Caral, se registró la presencia de depredadores de talla media o mesodepredadores como *L. pardalis*, *L. wiedii*, *H. yagouaroundi*, *P. lotor*, y *U. cinereoargenteus*. Cada una de estas especies utiliza diferentes recursos, pues se sabe que el margay consume presas de pequeño tamaño, principalmente arborícolas (<100g), mientras que el ocelote consume las presas pequeñas presentes en el sotobosque, aunque puede llegar a consumir presas de hasta 10 kg (Martínez-Hernández *et. al*, 2017); (Silva-Magaña y Santos-Moreno, 2020). La ausencia de depredadores de talla grande, considerados depredadores tope como el jaguar y el puma, indica que no es posible la coexistencia entre mesodepredadores y depredadores de talla grande, ya que estos dependen de una base adecuada de presas de distintos tamaños (López-González y Miller 2002; Silva-Pereira *et al.* 2011).

Los mamíferos de talla mediana y grande cumplen funciones importantes dentro de los bosques tropicales, ya que intervienen en la herbivoría, polinización, dispersión y germinación de semillas, entre otros (Rojas-Robles, Stiles y Muñoz-Saba, 2012). En este estudio, se puede resaltar la presencia de especies como *D. punctata*, que cumple un papel importante en la dispersión de semillas, *D. marsupialis*, *D. novemcintus* y *U.*

cinereaorgenteus que ocasionalmente se alimentan de carroña, así como *C. leuconotus*, *N. narica*, *P. lotor* y *T. mexicana* que se alimentan de invertebrados y/o roedores que pueden llegar a ser considerados plaga. Por lo tanto, la ausencia de estas especies podría llegar a generar cambios negativos en la estructura de los bosques tropicales. Por otro lado, también se destaca la presencia de *C. centralis*, una especie muy poco común y estudiada en Guatemala, lo cual abre una oportunidad para estudiar las poblaciones de esta especie dentro de estas áreas protegidas.

Otros factores que pueden estar relacionados a los resultados obtenidos son la baja probabilidad de detección y evasividad de los mamíferos, producto de la biología y ecología de las especies que conforman este grupo (Kraker, Calderón y Cabrera, 2019), así como a los lugares en donde fueron colocadas las cámaras, ya que probablemente no sean los sitios más frecuentados por las especies que no se registraron durante el muestreo. Otro punto importante que debe mencionarse es que el muestreo realizado dentro de la RHF Sierra Caral no fue equitativo, ya que a lo largo de este (2014 a 2020), varió la cantidad de cámaras y el tiempo en el que estas estuvieron activas.

Idealmente, cuando se desea realizar un monitoreo de mastofauna, los muestreos deben tener una duración equitativa y se debe de contar con la misma cantidad de estaciones de fototrampeo, de manera que el esfuerzo de muestreo (días-cámara) sea comparable y se logre registrar la mayor cantidad de especies posibles (Vila *et. al*, 2016). Por lo tanto, para realizar un monitoreo mastofaunístico eficiente en esta área se deberían de colocar al menos diez estaciones de fototrampeo y complementar con el uso de atrayentes, de manera que se pueda registrar un mayor número de especies. A su vez, las estaciones de fototrampeo deberían de estar ampliamente distribuidas en un polígono de al menos 25 km², ya que el ámbito hogareño de depredadores grandes como el jaguar y el puma puede llegar a ser de 25 a 65 km² (Núñez, Miller y Lindzey, 2002).

Comúnmente, en los estudios de fototrampeo se acostumbra a reportar un índice de abundancia relativa (IAR) para cada una de las especies registradas, el cual indica la proporción de una especie respecto a las demás contenidas en un sitio. Actualmente, existe

un debate sobre la validez de la frecuencia de captura como un índice de abundancia relativa, algunos autores plantean que el número de fotografías obtenidas de una especie depende de la probabilidad de detección, más que de la abundancia de la misma (Monroy-Vilchis *et. al*, 2011); (Tobler *et. al*, 2008). Por otro lado, Kelly, en el 2008, estableció que la consistencia que generalmente se observa entre los índices obtenidos en distintos años, puede aumentar la confiabilidad de la frecuencia de captura para estimar la abundancia relativa de las especies. Sin embargo, en este estudio no se reportó un IAR debido a que el esfuerzo de muestreo no fue equitativo a través de los años, y porque no hubo un diseño de muestreo como tal, pues las estaciones de fototrampeo no fueron ubicadas en los mismos sitios en todos los muestreos. Por lo tanto, se optó estimar la riqueza de especies a partir de la frecuencia de registros y utilizando los índices de Jackknife, Chao 2 e ICE, de manera que no se sobreestimaran los sujetos de estudio.

B. Patrones de actividad

En este estudio se pretendía dividir a las especies según su patrón de actividad en tres grupos: a) diurnos, b) nocturnos y c) crepusculares. Sin embargo, según los resultados obtenidos, se observó que *D. punctata* (cotuza), *M. temama* (cabrito) y *N. narica* (pizote) tenían patrones diurnos, *P. lotor* (mapache) y *D. marsupialis* (tacuacín común) tenían patrones nocturnos y que *D. novemcinctus*, y *L. pardalis* tenían patrones catemerales. Según las necesidades o requerimientos de los animales y de sus interacciones con el medio ambiente, pueden resultar patrones de actividad propios que no son sino una adaptación a las variaciones diarias y estacionales, y que pueden diferir entre individuos de acuerdo con la edad, sexo, estado fisiológico, hora del día y condiciones climáticas (Blake *et. al*, 2012).

Ciertos autores plantean que existe una relación entre el tamaño corporal y los patrones de actividad, donde los mamíferos pequeños tienden a ser nocturnos como una estrategia de lucha contra la depredación (VanSchaik y Griffiths, 1996), lo cual concuerda con los resultados obtenidos para *P. lotor* y *D. marsupialis*. Por otro lado, la actividad de *L. pardalis* fue catemeral, ya que no presentó un horario definido, lo cual concuerda con el estudio realizado por Cortés-Marcial y Briones-salas en el 2014; aunque son resultados un

poco inusuales, ya que esta especie ha reportado únicamente patrones de actividad nocturnos según otros estudios (Ayala, Viscarra y Wallace, 2010); (Díaz-Pulido y Payán-Garrido, 2011).

Otros estudios reportan que las diversas actividades antropogénicas como la cacería y el cambio de uso de suelo, afectan la actividad de los mamíferos. Tal es el caso del armadillo de nueve bandas (*D. novemcinctus*), una especie solitaria y de hábitos principalmente nocturnos y crepusculares, pero que en zonas no perturbadas se les encuentra activos durante el día (Ceballos y García, 1995), lo cual concuerda con el patrón de actividad catemeral registrado en este estudio.

En cuanto al traslape de actividad entre *L. pardalis* y *D. punctata*, puede mencionarse que estos comparten un período de actividad entre las 6:00 am y 6:00 pm, pues tal y como se mencionó anteriormente, el ocelote no presentó preferencia de hora y la cotuza se registró durante el período diurno. No fue muy diferente el caso del traslape entre *L. pardalis* y *D. novemcinctus*, ya que ambas especies presentaron patrones de actividad muy similares con picos entre 0:00 am a 5:00 am y de 12:00 pm a 4:00 pm. Estos traslapes de actividad le permiten al ocelote disponer de un amplio periodo para depredar a la cotuza y al armadillo, ya que estudios han reportado que estas especies forman parte de la dieta de estos felinos (Aliaga-Rossel *et. al*, 2006); (Moreno, Kays y Samudio, 2006).

A su vez, se cree que los patrones de actividad de las especies están influidos por factores ambientales como la humedad, la temperatura y la altitud, así como por la disponibilidad de recursos (alimentos y presas) (Lira *et. al*, 2012). Esto concuerda con los picos de actividad de las especies nocturnas (*D. marsupialis* y *P. lotor*), ya que se pudo observar que estas estaban más activas cuando la temperatura disminuía y el porcentaje de humedad relativa aumentaba. La luz y las fases lunares también cumplen un papel importante en los patrones de actividad de ciertas especies, ya que se ha comprobado que estos influyen en la comunicación intraespecífica, los ciclos de reproducción y en el éxito y riesgo de depredación (Kronfeld-Schor *et. al*, 2013). Los felinos cazan utilizando señales visuales y auditivas. La luz de la luna aumenta la visibilidad de los gatos, y por ende, la

vulnerabilidad de sus presas. Un estudio plantea que el armadillo de nueve bandas (*D. novemcintus*) es menos activo durante las noches de luna llena, a manera de reducir el riesgo de depredación por jaguar (*Panthera onca*), uno de sus principales depredadores (Harmsen *et. al*, 2010). Sin embargo, en este estudio no se contaba con información acerca de las fases lunares, por lo tanto, esta es un variable que debe tomarse en cuenta para el análisis de los resultados.

C. Influencia de la humedad relativa y la precipitación

Tal y como se observó en la matriz de correlación de Pearson (r), las variables climáticas de precipitación y humedad pudieron haber influido de alguna forma en las fluctuaciones de la riqueza de especies de mamíferos registradas de 2014 a 2020 dentro de la RHF Sierra Caral. Se sabe que el clima influye en varios procesos demográficos y ecológicos, causando cambios en la composición de las comunidades de varios grupos taxonómicos, tales como los anfibios y mamíferos (Santana *et. al*, 2019).

La temperatura ($^{\circ}\text{C}$), la humedad relativa (RH) y la precipitación media (mm) son parámetros abióticos comúnmente presentados en estudios relacionados con mamíferos terrestres, ya que estos ocasionan variaciones en la disponibilidad de agua en los ecosistemas terrestres (Santana *et. al*, 2019). Fisiológicamente hablando, los mamíferos requieren de altos niveles de agua para mantenerse hidratados y activos (Díaz y Cortés, 2003). Se pudo observar una disminución en el número de especies de mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en la RHF Sierra Caral, siendo el 2019 el año en el que menos especies se registraron, lo cual apoyaría la aceptación de la hipótesis planteada para este estudio. Sin embargo, esta no puede aceptarse ni rechazarse ya que los datos no fueron tomados de forma estandarizada durante todos los períodos de muestreo.

Este resultado podría estar sesgado al poco esfuerzo de muestreo invertido y probablemente a una reducción en los niveles de humedad relativa y precipitación. Según los datos climáticos proporcionados por el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) de Guatemala, los niveles de precipitación

mensual para el área de Izabal se han reducido significativamente, ya que, en marzo de 2017 (época seca), se registró una lluvia media de 12.41 mm, mientras que en marzo de 2020 se registró una lluvia media de 6.78 mm. A su vez, durante la época lluviosa de junio de 2014 se registró una lluvia media de 7.19 mm y en junio de 2019 una lluvia media de 4.57 mm.

Estudios revelan que el fenómeno climático de las últimas décadas repercutirá en la distribución de los mamíferos en el Neotrópico, por ende, un cambio en el patrón de distribución de los taxones mastofaunísticos sugiere modificaciones conductuales, microevolutivas y adaptativas (Aguado-Bautista y Escalante, 2015). Una de las respuestas esperadas para los mamíferos es el desplazamiento de su distribución, principalmente hacia latitudes norteñas y a altitudes mayores. Debido a estas alteraciones climáticas, existe la posibilidad de que los mamíferos terrestres medianos y mayores del área de Izabal estén dirigiéndose hacia las zonas más altas de la Sierra del Merendón (altura máxima de 2,400 msnm) o a las cadenas montañosas del territorio hondureño.

Por otro lado, según un estudio realizado en Xutilhá y Sierra Santa Cruz, en Guatemala, la presencia de agua superficial en ambas zonas de estudio es limitada, sobre todo en época seca, lo cual puede provocar que las abundancias de presas y depredadores mayores disminuyan, ya que las presas pueden ampliar sus rangos hogareños en busca de agua (López *et. al*, 2008). Los registros de tapir, puma y jaguar para la AUM Río Sarstún y el RVS Punta de Manabique, pueden sugerir la preferencia de estas especies hacia hábitats más húmedos y con cuerpos de agua grandes, en donde se podría encontrar una alta densidad de alimento, las cuales claramente no pudieron registrarse en este estudio debido al poco esfuerzo de muestreo empleado. Además, cabe resaltar que estas especies se registraron en 2014 y 2015.

D. Análisis de los cambios de cobertura forestal

La cobertura forestal ha sido utilizada como indicador de calidad ambiental según los objetivos del milenio de las Naciones Unidas, ya que el cambio en la cobertura vegetal

puede indicar un manejo adecuado o inadecuado del recurso bosque (Regalado *et. al*, 2012). Al analizar los mapas de cobertura forestal de 2014 a 2019 para las localidades de estudio, a simple vista se pudo observar que el cambio fue mínimo o casi nulo dentro de estas áreas protegidas. Sin embargo, al comparar los mapas de dinámica de cobertura forestal de Izabal de 2006 a 2010 (Regalado *et. al*, 2012), se observó que el cambio en la cobertura había sido negativo para las áreas protegidas abarcadas en este estudio a excepción de la RHF Sierra Caral, lo cual confirma que pareciera que se está teniendo un manejo adecuado en esta área.

La categoría de manejo, la zonificación del área protegida, y las prácticas de manejo están directamente relacionadas con el cambio de cobertura forestal. Las áreas protegidas en Guatemala tienen como principal objetivo la protección de la biodiversidad; por lo tanto, se esperaría que las zonas núcleo no tuvieran un cambio de cobertura forestal. Es posible que dentro de las zonas de usos múltiples o de amortiguamiento se observen cambios negativos en la cobertura forestal ligados a intervenciones humanas.

Según Ortiz (2008), algunas áreas protegidas de Izabal han presentado índices de cambio de cobertura forestal muy elevado, tal es el caso del APE Sierra de Santa Cruz (-1,184 ha/año) y la RVS Punta de Manabique (-165 ha/año), siendo esta la más amenazada, ya que, por su categoría de manejo, el cambio en la cobertura forestal debería ser cero o positivo. Por otro lado, las áreas que han mostrado poca intervención antropogénica, son la RHF Sierra Caral (-9 ha/año) y el AUM Río Sarstún (-16 ha/año), lo cual confirma los resultados observados en los mapas de cobertura forestal de 2014 a 2019 (Figuras 14, 15 y 16). El Sistema de Información Forestal de Guatemala (SIFGUA) afirma que el departamento de Izabal contaba con 270,521 ha de bosque en el 2010, lo cual se redujo a 268,603 ha en 2016, presentando una pérdida neta de 1,918 ha, observándose una mayor pérdida de cobertura en el área del RVS Punta de Manabique.

Los cambios en la cobertura forestal se traducen en cambios de la disponibilidad del hábitat para las especies de vida silvestre (Cuarón, 2000). Los mamíferos terrestres medianos y mayores son las especies más afectadas por los cambios de uso de suelo, esto debido a sus tasas reproductivas bajas y ámbitos hogareños amplios (Hernández-Rodríguez

et. al, 2019). Por esta razón, es de suma importancia conservar los remanentes de bosque presentes en las cuatro áreas protegidas de este estudio, principalmente porque éstas forman parte de la Iniciativa del Corredor del Jaguar (JCI), el cual conecta y protege a las poblaciones de jaguares desde México hasta Argentina (Zeller *et. al*, 2013).

Un estudio realizado por Calderón (2013) afirma que Guatemala es una pieza clave dentro de este corredor, ya que, debido a la destrucción de hábitat y otras actividades humanas, la conectividad de las poblaciones de jaguares entre Honduras, Guatemala y Belice es sumamente limitada. La conservación de esta especie es sumamente importante ya que influye significativamente en la estructura, salud e integridad de los ecosistemas. Además, al ser una “especie sombrilla”, su permanencia asegura la conservación de grandes áreas, lo que a su vez garantiza la conservación de un amplio espectro de especies, hábitat natural y conectividad para subsistir (Escobar-Anleu, 2019).

VIII. CONCLUSIONES

1. En este estudio se reportó un total de 20 especies de mamíferos terrestres medianos y mayores para la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, el Área de Usos Múltiples Río Sarstún y el Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, lo cual representa alrededor del 57% de las especies reportadas para el departamento de Izabal, Guatemala.
2. A pesar de que la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral presenta un hábitat idóneo para los depredadores de talla grande como *Puma concolor* y *Panthera onca*, no se registró la presencia de estas especies, indicando que las poblaciones de mamíferos estaban conformadas en su mayoría por herbívoros de talla mediana como *Dasyprocta punctata* y *Mazama temama* y mesodepredadores como *Dasypus novemcinctus*, *Didelphis marsupialis* y *Procyon lotor*.
3. La especie que presentó un mayor número de registros independientes del período de 2014 a 2020 fue *Dasyprocta punctata* (356 registros), seguido por *Procyon lotor* (106 registros). Por el contrario, la especie con menor número de registros independientes fue *Didelphis virginiana* (1 registro).
4. Para el período de muestreo de marzo a junio de 2017, se registró un total de 15 especies de mamíferos en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, siendo la temporada en la que más especies se reportaron y en la que se invirtió un mayor esfuerzo de muestreo.
5. No se puede afirmar que en la RHF Sierra Caral y en la RPM Cerro San Gil no exista presencia de depredadores de talla grande, dado que el esfuerzo en función al número de estaciones de fototrampeo, el tiempo y el área efectiva de muestreo no fueron lo suficiente como para afirmar que estas especies no están presentes en estos sitios.

6. Se identificó que dentro de la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral *D. punctata*, *M. temama* y *N. narica* tuvieron un patrón de actividad diurno, mientras que *P. lotor*, *D. marsupialis* un patrón nocturno. Por otro lado, *D. novemcintus* y *L. pardalis* presentaron patrones catemerales, es decir, tanto diurnos como nocturnos.
7. Según la matriz de correlación de Pearson (r), la precipitación y la humedad relativa pudieron haber influido en las fluctuaciones de la riqueza de especies de mamíferos registradas de 2014 a 2020 dentro de la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral, esto relacionado a una disminución en los niveles de precipitación registrados para Izabal en este período.
8. Se determinó que no hubo cambios significativos en la cobertura forestal de las áreas protegidas incluidas en el estudio durante el período de 2014 a 2019; por lo tanto, este factor no puede estar relacionado a las fluctuaciones de riqueza de especies de mamíferos registrados en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral durante este período.
9. La información generada en este estudio podría tomarse en cuenta para elaborar estrategias de conservación y manejo a largo plazo de los mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en la Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral.

IX. RECOMENDACIONES

1. Para lograr registrar una mayor cantidad de especies de mamíferos terrestres es necesario realizar un mayor esfuerzo de muestreo, en el cual se cuenten con al menos diez estaciones de fototrampeo ampliamente distribuidas en toda el área de estudio, así como tiempos equitativos de muestreo, tanto en época seca como en época lluviosa. Esto debido a que ciertas especies presentan un rango hogareño amplio y se desplazan constantemente en busca de recursos.
2. Se recomienda continuar con las investigaciones que involucren mamíferos dentro de estas áreas protegidas, realizar estudios que combinen los efectos del cambio de uso de suelo, el tamaño del área, tipo de manejo y el impacto de diferentes actividades humanas como la cacería y la presencia de caminos. Dicha información permitirá evaluar los efectos de estas actividades sobre la presencia y abundancia de mamíferos para plantear mejores medidas de conservación.
3. Es necesario implementar otros métodos para el estudio de los mamíferos en estas áreas protegidas, tales como entrevistas a los lugareños que permitan cuantificar los registros de especies de mamíferos de hábitos arbóreos y semiacuáticos, o aquellas especies que sean más evasivas.
4. Para evaluar las pérdidas y ganancias netas de bosque en cada una de las áreas protegidas es necesario realizar un estudio en el que se cuantifique la cobertura forestal, de manera que se pueda evaluar con mayor profundidad el manejo de las áreas protegidas.
5. Evaluar el efecto de las fases lunares en los patrones de actividad de los mamíferos.
6. Generar modelos climáticos a futuro para evaluar los efectos del cambio climático sobre las poblaciones de mamíferos terrestres e incluir más de tres variables climáticas.

7. Realizar estudios complementarios con roedores y murciélagos para tener un panorama más completo del estado de conservación de las áreas de estudio.
8. Utilizar otro software para el procesamiento de fotocapturas de cámaras trampa o utilizar el paquete CamtrapR del software Rstudio.

X. 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. Albanesi, S. A., Jayat, J. P., y Brown, A. D. (2016). *Patrones de actividad de mamíferos de medio y gran porte en el pedemonte de Yungas del noroeste argentino*. Mastozoología Neotropical, 23(2):335-358.
3. Aliaga- Rossel, E., Moreno, R. S., Kays, R. W., y Giacalone, J. (2006). *Ocelot (Leopardus pardalis) Predation on Agouti (Dasyprocta punctata)*. Biotropica, 38(5), 691-694.
4. Arias-Le Claire, H., y Gamboa-Badilla, N. (2007). *Influencia de la fragmentación del bosque y el manejo forestal en la composición de especies de mamíferos en el Noreste de Costa Rica*. En: Convención internacional de medio ambiente y desarrollo (VI). Congreso sobre manejo de ecosistemas y biodiversidad (I). Julio 2007, La Habana Cuba. Trabajos presentados. Memoria Digital CD-Rom, Doc BE180. 629-640 p. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. República de Cuba. ISBN 978-959-282-056-2.
5. ASOGUAMA. (2016). *Informe de resultados obtenidos durante el simposio: "Revisión de la distribución y estado de conservación de la mastofauna guatemalteca: una contribución a la actualización del Listado de Especies Amenazadas."* [Archivo PDF]. Recuperado de <http://cdc.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2016/09/Revision-distribucion-estado-conservacion-mastofauna-Guatemala.pdf>
6. Atkinson, I. A. (2001). *Introduced mammals and models for restoration*. Biological Conservation, 99(1), 81-96.

7. Ayala, G., Viscarra, M. E., & Wallace, R. (2010). *Density and activity patterns of ocelots (Leopardus pardalis) in Río Hondo, Madidi National Park and Integrated Management Natural Area, La Paz, Bolivia*. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 28, 119-129.
8. Blake, J. G., Mosquera, D., Loiselle, B. A., Swing, K., Guerra, J., y Romo, D. (2012). *Temporal activity patterns of terrestrial mammals in lowland rainforest of eastern Ecuador*. *Ecotropica*, 18(2), 137-146.
9. Calderón, P. y Castañeda, F. (2015). *Estudio exploratorio del jaguar y sus presas en cuatro áreas protegidas del Corredor del Jaguar en Izabal, Guatemala*. Informe técnico. Fundación Panthera. Guatemala.
10. Ceballos, G. y García, A. (1995). *Conserving neotropical biodiversity: the role of dry forest in western Mexico*. *Conservation Biology*, 9, 1349-1353.
11. CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas). (2007). *Guía para cazadores y calendario cinegético*. Guatemala: CONAP.
12. Cuarón, A. D. (2000). *Effects of land- cover changes on mammals in a neotropical region: a modeling approach*. *Conservation Biology*, 14(6), 1676-1692.
13. Chacón, E. A. V. (2016). *Cambio del uso de la tierra y pérdida de la cobertura boscosa, comunidades agrarias Sechina, La Ensenada y Cerro San Gil, Izabal Guatemala*. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 3(1), 93-99.
14. Díaz-Pulido, A. & Payán-Garrido, E. (2011). *Densidad de ocelotes (Leopardus pardalis) en los llanos colombianos*. *Mastozoología Neotropical*, 18(1), 63-71.

15. Díaz-Pulido, A. y Payán, E. (2012). *Manual de Fototrampeo*. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
16. Elbers, J. (2011). *Las áreas protegidas de América Latina. Situación actual y perspectivas para el futuro*. UICN, Quito, Ecuador, 227 pp.
17. 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.
18. Escobar-Anleu, B.I. (2019). *Panthera y la Iniciativa del Corredor del Jaguar: el reto de conservar grandes felinos en un paisaje cambiante*. Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático Yu'am, 3 (6) 55-60.
19. Estrada, D. S., Rosas, O. C., Parra, F., Guerrero, J. D. D., y Tarango, L. A. (2018). *Valor de uso, importancia cultural y percepciones sobre mamíferos silvestres medianos y grandes en la Mixteca Poblana*. Acta zoológica mexicana, 34.
20. Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación -FUNDAECO-. (2011). *Reserva Ecológica para la Conservación de Anfibios de Sierra Caral: Un proyecto de importancia global que necesita su ayuda*. Documento técnico. FUNDAECO. Guatemala.
21. Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación -FUNDAECO-. (s.f). *Reserva Hídrica y Forestal Sierra Caral*. Documento informativo. FUNDAECO. Guatemala.

22. Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación -FUNDAECO-. (2015). *Proyecto de Conservación de Recursos Marinos en Centroamérica: Plan de Operación Anual Área de Uso Múltiple Río Sarstún* [Archivo PDF]. Recuperado de <https://marfund.org/wp-content/uploads/2015/04/POA-2015-R%c3%ado-Sarst%c3%ban-Guatemala.pdf>
23. García Vettorazzi, M. J., y Leonardo Manrique, R. (2016). *Clasificación del hábitat potencial del tapir centroamericano (Tapirus bairdii Gill, 1865) para su conservación en Guatemala*. *Therya*, 7(1), 107-121.
24. Harmsen, B.J., Foster, R.J., Silver, S.C., Ostro, L.E.T., Doncaster, C.P. (2010) *Jaguar and puma activity patterns in relation to their main prey*. *Mamm. Biol.* 76, 320– 324. (doi:10.1016/j.mambio.2010.08.007).
25. Hermes, M. S., y Rosales-Meda, M. (2011). *Monitoreo ecológico participativo de la riqueza y distribución espacial de mamíferos amenazados y en peligro de extinción en el Parque Nacional Laguna Lachuá y remanentes boscosos de su área de influencia, Alta Verapaz*. *Alta Verapaz*. USAC-PUIRNA, Guatemala.
26. Hernández, C. G. E. (2008). *Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (Puma concolor) y el jaguar (Panthera onca) en la selva maya*. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 12(1), 113-130.
27. Hernández-Rodríguez, E., Escalera-Vázquez, L., Calderón-Patrón, J. M., y Mendoza, E. (2019). *Mamíferos medianos y grandes en sitios de tala de impacto reducido y de conservación en la sierra Juárez, Oaxaca*. *Revista mexicana de biodiversidad*, 90, e902776.
28. Inca, E. L. (2004). *Estimación de densidad por kernel y sus aplicaciones utilizando programación paralela (Doctoral dissertation, University of Puerto Rico, Mayaguez Puerto Rico)*. [Archivo PDF]. Recuperado de

<https://search.proquest.com/openview/8d86bac453d363ea0ea5e233860d3675/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>

29. Janson, R. y Dynesius, M. 2002. *The fate of clades in a world of recurrent climatic change: Milankovitch oscillations and evolution*. Annual Review of Ecology and Systematics 33(1): 741-777
30. Kelly, M. (2008). *Design, evaluate, refine: camera trap studies for elusive species*. Anim. Conserv. 11: 182-184.
31. Kelly, M. J., y E. L. Holub. 2008. *Camera trapping of carnivores: trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia*. Northeastern Naturalist 15:249-262.
32. Kraker, C., Calderón, A. P., y Cabrera, A. A. (Eds.). (2019). *Perspectivas de investigación sobre los mamíferos silvestres de Guatemala: Research Perspectives on the Wild Mammals of Guatemala*. Asociación Guatemalteca de Mastozoólogos.
33. Kronfeld-Schor, N., Dominoni, D., De la Iglesia, H., Levy, O., Herzog, E. D., Dayan, T., y Helfrich-Forster, C. (2013). *Chronobiology by moonlight*. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 280(1765), 20123088.
34. Lambeck, R.J. (1997). *Focal species: a multi-species umbrella for nature conservation*. Conservation Biology, 11(4),849-856.
35. Lavariega, M. C., Briones-Salas, M., y Rodríguez, C. (2013). *Registro de tapir centroamericano (Tapirus bairdii) con cámaras-trampa en la sierra Madre de Oaxaca, México*. Revista mexicana de biodiversidad, 84(3), 1007-1011.

36. 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.
37. Machuca-Coronado, O. H. (2015). *Análisis comparativo de los patrones de actividad del manatí antillano (Trichechus manatus manatus) en dos zonas de la Costa Atlántica de Guatemala* (Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala).
38. Maffei, L., Cuellar, E. y Noss, J. 2002. *Uso de trampas cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitanía*. *Revista boliviana de ecología y conservación ambiental*, 11: 55-65.
39. Martínez-Hernández, A., Rosas-Rosas, O. C., Tarango-Arámbula, L. A., y Benitez-Alemán, H. E. (2017). *Abundancia de algunas presas de mesodepredadores en la reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa y áreas adyacentes, San Luis Potosí, México*. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 16(2), 37-49.
40. McNab, R., Baur, E., Polisar, J., García-Anleu, R., Radachowsky, J. y Ramos, V.H. (2019). *Laying the foundations: distribution of game and jaguar prey species in response to subsistence hunting in the eastern Maya Biosphere Reserve*. En Kraker, C., Calderón, A. P., y Cabrera, A. A. (Eds.). (2019). *Perspectivas de investigación sobre los mamíferos silvestres de Guatemala: Research Perspectives on the Wild Mammals of Guatemala*. (pp 136-175). Asociación Guatemalteca de Mastozoólogos.
41. McNab, R. y Polisar, J. (1999). *Una metodología participativa para una estimación rápida de la distribución del jaguar en Guatemala*. Páginas 73-89 en: Medellín, R., Equihua, C., Chetkiewicz, C., Crawshaw Jr., P., Rabinowitz,

- A., Redford, K., Robinson, J., Sanderson, E. y Taber, A. "El Jaguar en el Nuevo Milenio". 1ª edición. Fondo de Cultura Económica. México.
42. Medellín, R; Equihua, C., Chetkiewicz, C. B., Crawshaw Jr.P. G., Rabinowitz,A., Redford, K.H., Robinson, J. G., Sanderson, E. W. y Taber, A. B., Eds (2002). *El jaguar en el nuevo milenio: una evaluación de su estado, detección de prioridades y recomendaciones para la conservación de los jaguares en América*. México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México y Wildlife Conservation Society.
 43. Medellín, R. 2006. (comp.). *Los mamíferos mexicanos en riesgo de extinción*. según el proy-nom-059-ecol-2000. snib-conabio Proyecto W005. Instituto de Ecología-unam, México. [Archivo PDF]. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/338954464_Mamiferos
 44. Medellín, R. A. (1994). *Mammal diversity and conservation in the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico*. Conservation Biology, 8(3), 780-799.
 45. Medellín, R. A., y Equihua, M. (1998). *Mammal species richness and habitat use in rainforest and abandoned agricultural fields in Chiapas, Mexico*. Journal of applied Ecology, 35(1), 13-23.
 46. Monroy-Vilchis, O., Rodríguez-Soto, C., Zarco-González, M. y Urios, V. (2009). *Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in Central Mexico*. Animal Biology, 59: 145-157.
 47. Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L., y Urios, V. (2011). *Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad*. Revista de Biología Tropical, 59(1), 373-383.

48. Moreira-Ramírez, J. F., López, J. E., García-Anleu, R., Córdova, F., y Dubón, T. (2015). *Tamaño, composición y patrones diarios de actividad de grupos de pecarí de labios blancos (Tayassu pecari) en el Parque Nacional Mirador-Río Azul, Guatemala*. *Therya*, 6(2), 469-481.
49. Novack, A. J. (2003). *Impacts of Subsistence Hunting on the Foraging Ecology of Jaguar and Puma in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala* (Doctoral dissertation, University of Florida).
50. Novack, A. J., Main, M. B., Sunquist, M. E., y Labisky, R. F. (2005). *Foraging ecology of jaguar (Panthera onca) and puma (Puma concolor) in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserve, Guatemala*. *Journal of Zoology*, 267(2), 167-178.
51. Núñez, R., Miller, B., y Lindzey, F. (2002). *Ecología del jaguar en la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México*. *El jaguar en el nuevo milenio*, 107-126.
52. Ojeda, M. (2008). *Microhábitats utilizados por ranas Craugastor (Familia Brachycephalidae) en la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Izabal* (Tesis de licenciatura Universidad San Carlos de Guatemala). [Archivo PDF]. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2646.pdf
53. Ortiz, B. H. (2008). *Análisis del cambio de la cobertura de bosque en las reservas del Departamento de Izabal* (Tesis de licenciatura Universidad San Carlos de Guatemala). [Archivo PDF]. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2729.pdf
54. Palomo-Muñoz, G., García-Anleu, R., Ponce-Santizo, G., y Moreira-Ramírez, J. F. (2014). *Abundancia, densidad y patrones de actividad de ocelotes (Leopardus pardalis) utilizando trampas cámara en el Biotopo Protegido Dos Lagunas, Petén, Guatemala*. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 29, 39-46.

55. Parmesan, C., y G. Yohe. (2003). *A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems*. *Nature*. 421 (6918): 37-42.
56. 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.
57. Rovero, F. y Marshall, A. (2009). *Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates*. *Journal of Applied Ecology*, 46: 1011-1017.
58. Sosa-Escalante, J. E. (2011). *Aplicación de la ley para el combate del tráfico ilegal de vida silvestre en México: El caso de Charco Cercado*. *Therya*, 2(3), 245-262.
59. Soto-Shoender, J. R., y Main, M. B. (2013). *Differences in stakeholder perceptions of the jaguar *Panthera onca* and puma *Puma concolor* in the tropical lowlands of Guatemala*. *Oryx*, 47(1), 109-112.
60. Tobler, M.W., Carrillo-Percestequi, S.E, y Powell, G (2009). *Habitat use, activity patterns and use of mineral licks by five species of ungulate in South-Eastern Peru*. *J. Trop. Ecol.* 25: 261-270.
61. Tovar, C. C., y Villanueva, H. Z. (2009). *Distribución potencial del hábitat del jaguar y áreas de conflicto humano-jaguar en la Península de Yucatán*. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*, 13(1), 46-62.
62. Tz'ununja'Ba'-Velásquez, U. (2019). *Evaluación de la condición corporal de pumas (*Puma concolor* L.) que visitan las aguadas del Biotopo Protegido Dos Lagunas entre los años 2014 a 2017*. Informe final integrado de EDC. Centro de

Datos para la Conservación -CDC- del Centro de Estudios Conservacionistas - CECON-.

63. Uribe, J., y Arita, H. T. (1998). *Distribución, diversidad y conservación de los mamíferos de importancia cinegética en México*. Acta Zoologica Mexicana (ns), 75(75), 45-71.
64. CONAP. (2009). *Lista de especies amenazadas de Guatemala (LEA) y Listado de especies de flora y fauna CITES de Guatemala*.
65. International Union for Conservation of Nature, Iucn Species Survival Commission, International Union for Conservation of Nature, and Natural Resources. Species Survival Commission. (2001). *IUCN Red List categories and criteria*. IUCN.
66. Ministerio del Ambiente y Wildlife Conservation Society. (2014). *Plan de Acción para la Conservación del Jaguar en el Ecuador*. Ministerio del Ambiente, Wildlife Conservation Society, Liz Claiborne & Art Ortenberg Foundation, y Wild4Ever. Quito.
67. Núñez, I. M. R. (2010). *Colonización, cacería y territorio en el Usumacinta Medio, Guatemala*. Uso y Manejo de Fauna Silvestre en el Norte de Mesoamérica, 315-350.
68. Reid, F.A. (2009). *A field guide to mammals of Central America and southeast Mexico*. Nueva York: Oxford University Press.
69. Sacher, G. A. (1978). *Evolution of longevity and survival characteristics in mammals*. In The genetics of aging (pp. 151-168). Springer, Boston, MA.

70. Andreu, M. N. L. (2008). *La intensidad de la gestión. La clave para un desarrollo turístico sostenible en áreas protegidas. Diagnóstico de las áreas protegidas de América Central*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.
71. Boulinier, T., Nichols, J. D., Sauer, J. R., Hines, J. E. y Pollock, K. H. (1998). *Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability*. Ecology, 79: 1018-1028.
72. 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.
73. Chao, A. (1984). *Non-parametric estimation of the number of classes in a population*. Scandinavian Journal of Statistics, 11:265-270.
74. Cuervo- Robayo, A. P., Téllez- Valdés, O., Gómez- Albores, M. A., Venegas- Barrera, C. S., Manjarrez, J., y Martínez- Meyer, E. (2014). *An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico*. International Journal of Climatology, 34(7), 2427-2437.
75. De la Cruz, R. (1976). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala basada en el sistema Holdridge*. Guatemala. Instituto Nacional Forestal. INAFOR, 1.
76. 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.

77. Hetem, R. S., Fuller, A., Maloney, S. K., y Mitchell, D. (2014). *Responses of large mammals to climate change*. *Temperature*, 1(2), 115-127.
78. Leitner, W. y Turner, W. (2001). *Measurement and analysis of biodiversity*. In: *Encyclopedia of Biodiversity*, Volume 4: 123-144 (S.A. Levin, Ed.). Academic Press, Princeton.
79. Lizcano, D. J. (2018). *Trampas cámara como herramienta para estudiar mamíferos silvestres*. *Mammalogy Notes*, 5(1), 31-35.
80. Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M., Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L. y Urios, V. (2011). *Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México*. *Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology)*, 59: 373-383.
81. Moreno, R. S., Kays, R. W., y Samudio, R. (2006). *Competitive release in diets of ocelot (*Leopardus pardalis*) and puma (*Puma concolor*) after jaguar (*Panthera onca*) decline*. *Journal of Mammalogy*, 87(4), 808–816.
82. Palacio, F., X., Apodaca, M., J. y Crisci, J., V. (2020). *Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R*. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-3781-49-0 1.
83. Perea, J.A., y Pérez, R.M. (2009). *Evaluación de la sostenibilidad de la cacería de venados (*Odocoileus virginianus* y *Mazama americana*) en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México*. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó Investigación Biodiversidad y Desarrollo*, 28(2), 150-156.
84. Plasencia-Vázquez, A. H., Escalona-Segura, G., y Esparza-Olguín, L. G. (2014). *Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de*

psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. Acta zoológica mexicana, 30(3), 471-490.

85. Rabinowitz, A., y Zeller, K. A. (2010). *A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, Panthera onca*. Biological conservation, 143(4), 939-945.
86. Regalado, O., Villagrán, X., Pérez, G., Castellanos, E., Martínez, G., Incer, D., Ramos, V.H, Molina, O., Beltetón, C. y Gómez, J. M. (2012). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006–2010*. National Forestry Institute (INAB), National Council for Protected Areas (CONAP), Universidad del Valle de Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Guatemala City.
87. 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.
88. 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.
89. Sarkar, S. (2002). *Defining “biodiversity”: assessing biodiversity*. The Monist, 85: 131-155.
90. Silva-Magaña, N., & Santos-Moreno, A. (2020). *El efecto pardalis: su variación espacial y temporal*. Revista Mexicana de Biodiversidad, 91(1), 913201.

91. Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP- (2017). *Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Guatemala*. Recuperado de <https://conap.gob.gt/direccion-de-desarrollo-del-sistema-guatemalteco-de-areas-protegidas-sigap/>
92. Sistema de Información Forestal de Guatemala -SIFGUA- (2020). *Cobertura Forestal para el departamento de Izabal 2006-2010*. Extraído de: <http://www.sifgua.org.gt/Cobertura.aspx>. [28/01/2020].
93. 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.
94. Van Schaik, C. P. & Griffiths, M. (1996). *Activity periods of Indonesian rain forest mammals*. Biotropica, 28,105-112.
95. 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.
96. Zeller, K. A., Rabinowitz, A., Salom-Perez, R., y Quigley, H. (2013). *The jaguar corridor initiative: a range-wide conservation strategy. Molecular population genetics, evolutionary biology and biological conservation of Neotropical carnivores*. New York: Nova Science Publishers, Inc, 629-.

XI. ANEXOS

Cuadro 6. Especies de mamíferos terrestres medianos y mayores presentes en Guatemala.

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado de conservación		
				Lista Roja (UICN)	LEA	CITES
1	Atelidae	<i>Ateles geoffroyi</i>	mono araña	EN	2	II
2	Atelidae	<i>Alouatta palliata</i>	mono aullador	VU	2	I
3	Atelidae	<i>A. pigra</i>	mono aullador	EN	2	I
4	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote	LC	3	-
5	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	LC	-	-
6	Cervidae	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	LC	3	III
7	Cervidae	<i>Mazama temama</i>	Venado	DD	2	III
8	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	LC	3	III
9	Cyclopedidae	<i>Cyclopes didactylus</i>	Flor de balsa	LC	2	-
10	Dasypodidae	<i>Cabossous centralis</i>	Armadillo de cola desnuda	DD	-	-
11	Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcintus</i>	Armadillo de nueve bandas	LC	3	-

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado de conservación		
				Lista Roja (UICN)	LEA	CITES
12	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Cotuza	LC	3	III
13	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Tacuazín	LC	3	-
14	Didelphidae	<i>Chironectes minimus</i>	Tacuazín de agua	LC	3	-
15	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i>	Tacuazín	LC	3	-
16	Erethizontidae	<i>Sphiggurus mexicanus</i>	puercoespín	LC	2	III
17	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote	LC	2	I
18	Felidae	<i>Puma concolor</i>	Puma	LC	2	II
19	Felidae	<i>Leopardus wiedii</i>	Margay	NT	2	I
20	Felidae	<i>Herpailurus yaguarondi</i>	Yaguarundi	LC	2	I
21	Felidae	<i>Panthera onca</i>	Jaguar	NT	2	I
22	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo	LC	3	-
23	Leporidae	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Conejo	EN	3	-
24	Mephitidae	<i>Mephitis macroura</i>	Zorrillo	LC	-	-
25	Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Comadreja	LC	-	-
26	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Tayra	LC	3	III

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado de conservación		
				Lista Roja (UICN)	LEA	CITES
27	Mustelidae	<i>Galictis vitatta</i>	Grisón	LC	-	-
28	Mustelidae	<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria	NT	2	I
29	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero	LC	3	III
30	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Pizote	LC	3	III
31	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	Mapache	LC	3	-
32	Procyonidae	<i>Potos flavus</i>	Micoleón	LC	3	III
33	Procyonidae	<i>Bassariscus sumichrasti</i>	Cacomixtle	LC	3	III
34	Procyonidae	<i>Bassaricyon gabbii</i>	Olingo	LC	3	III
35	Tapiridae	<i>Tapirella bairdii</i>	Tapir	EN	2	I
36	Tayassuidae	<i>Tayassu pecari</i>	coche de monte	VU	3	II
37	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	coche de monte	LC	3	II

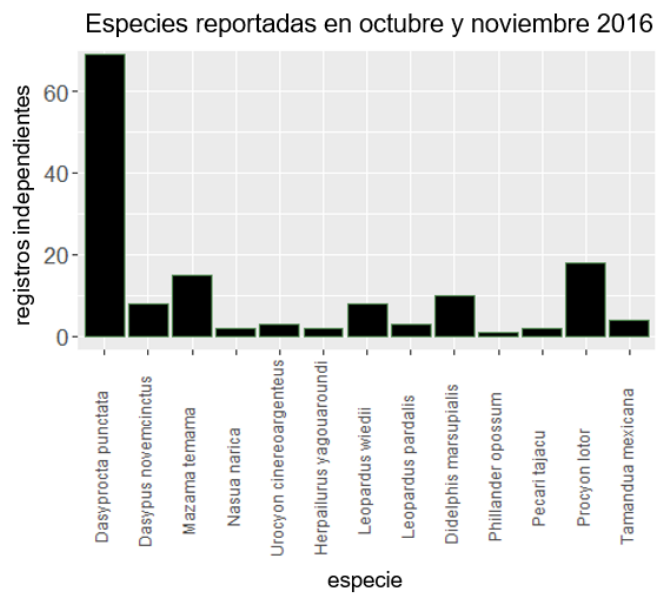
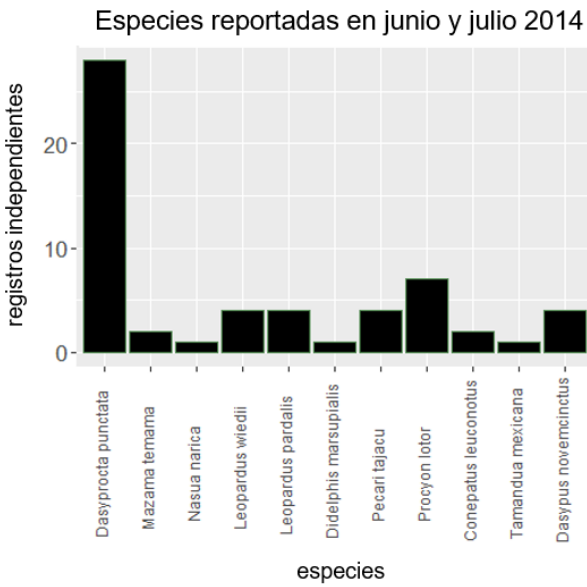
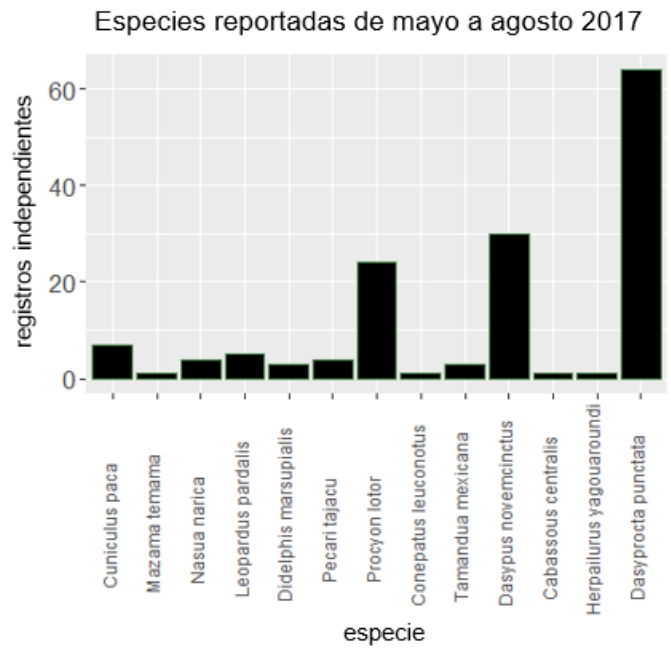
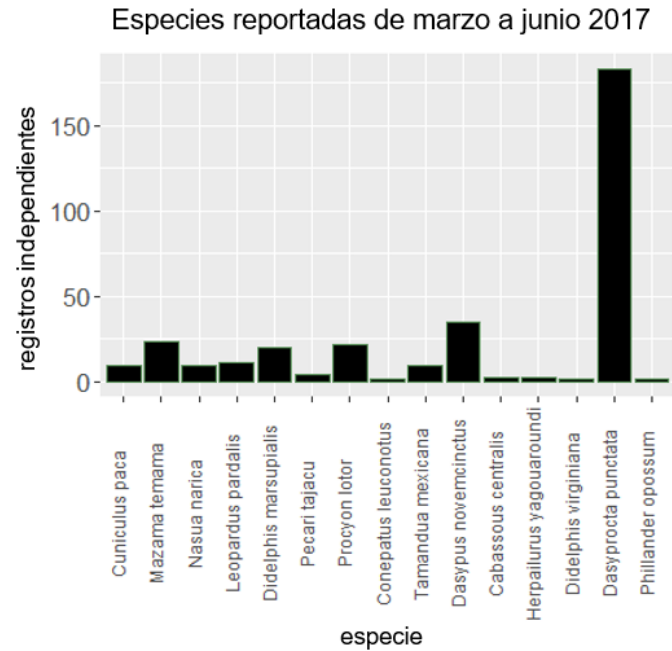


Figura 18. Histogramas de frecuencia de especies registradas en la RHF Sierra Caral de 2014 a 2017.

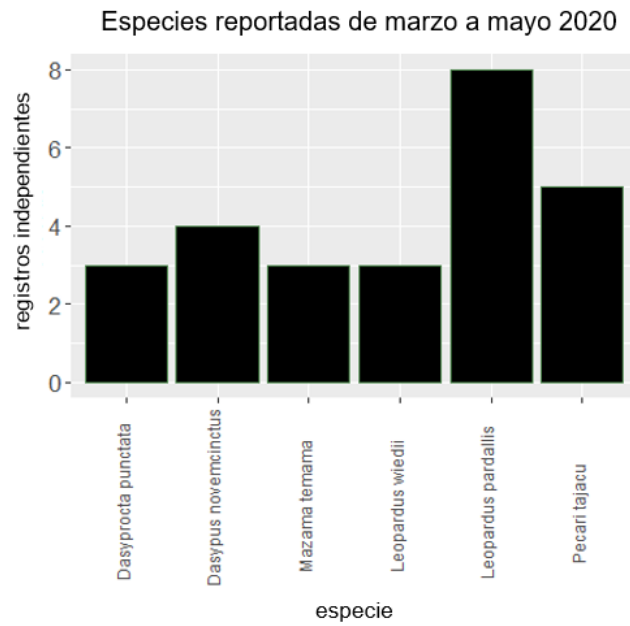
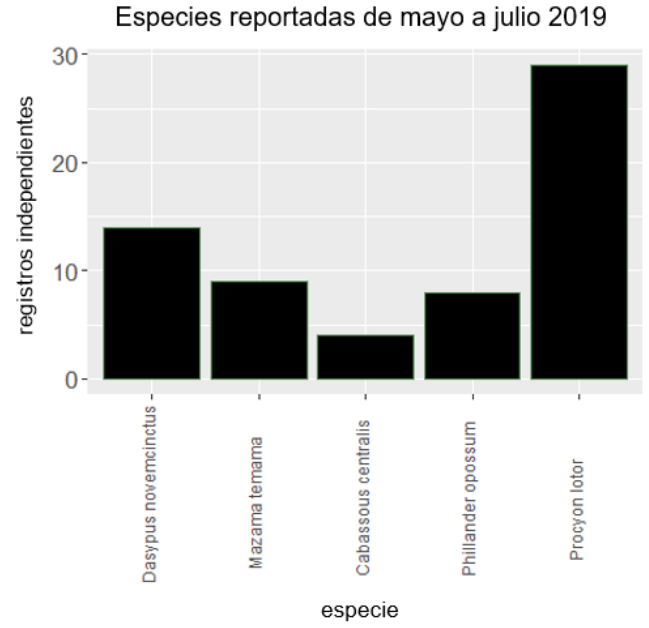
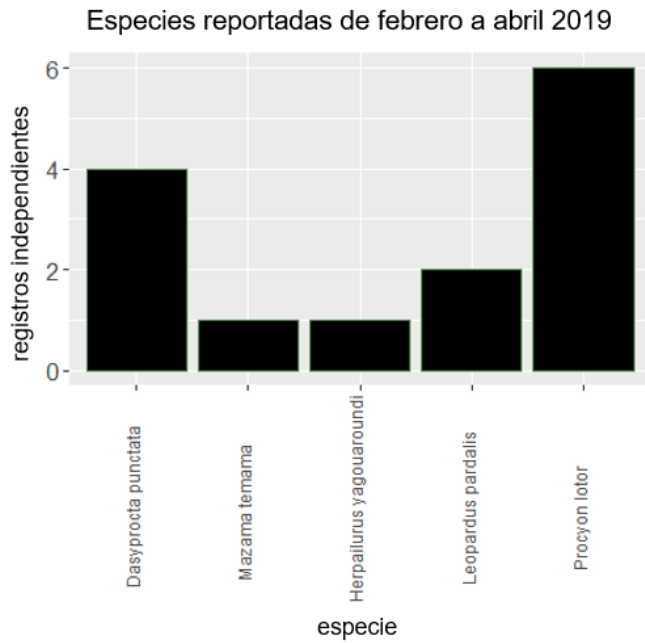


Figura 19. Histogramas de frecuencia de especies registradas en la RHF Sierra Caral de 2019 a 2020.

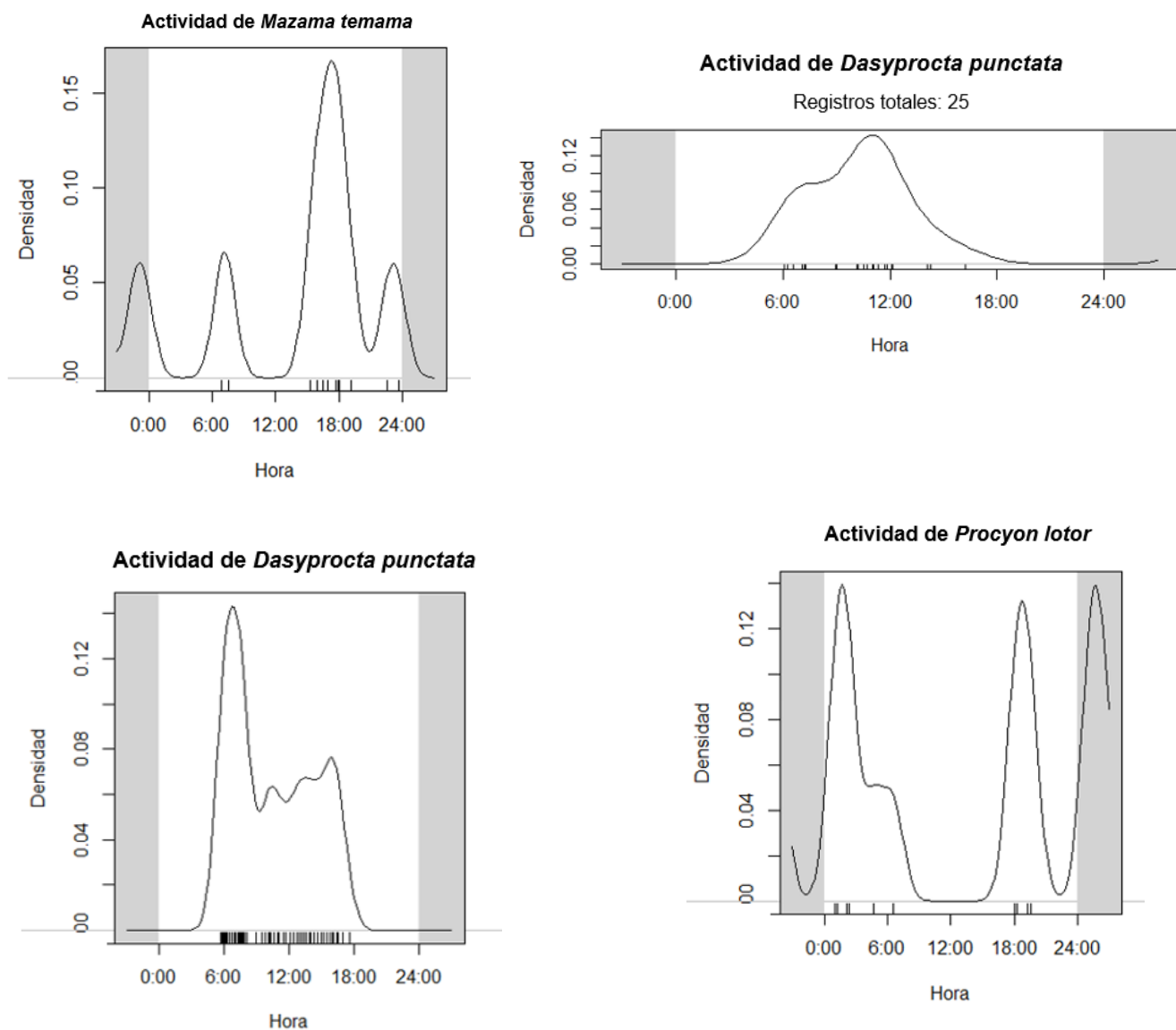


Figura 20. Patrones de actividad presentado por las especies de mamíferos terrestres medianos que tuvieron al menos 10 registros independientes dentro de la RHF Sierra Caral utilizando el estimador de densidad de Kernel (EDK).

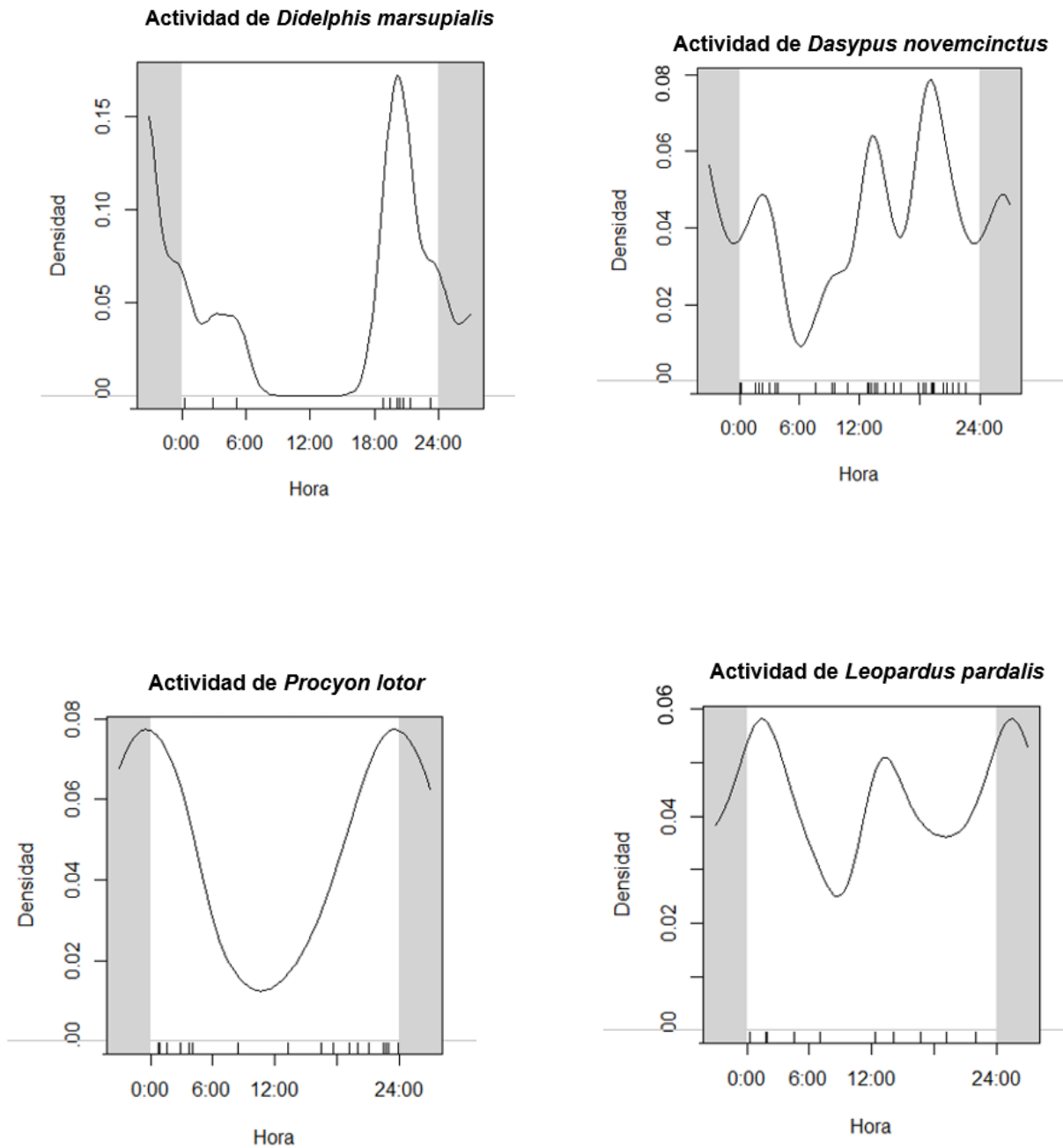


Figura 21. Patrones de actividad presentado por las especies de mamíferos terrestres medianos que tuvieron al menos 10 registros independientes dentro de la RHF Sierra Caral utilizando el estimador de densidad de Kernel (EDK).

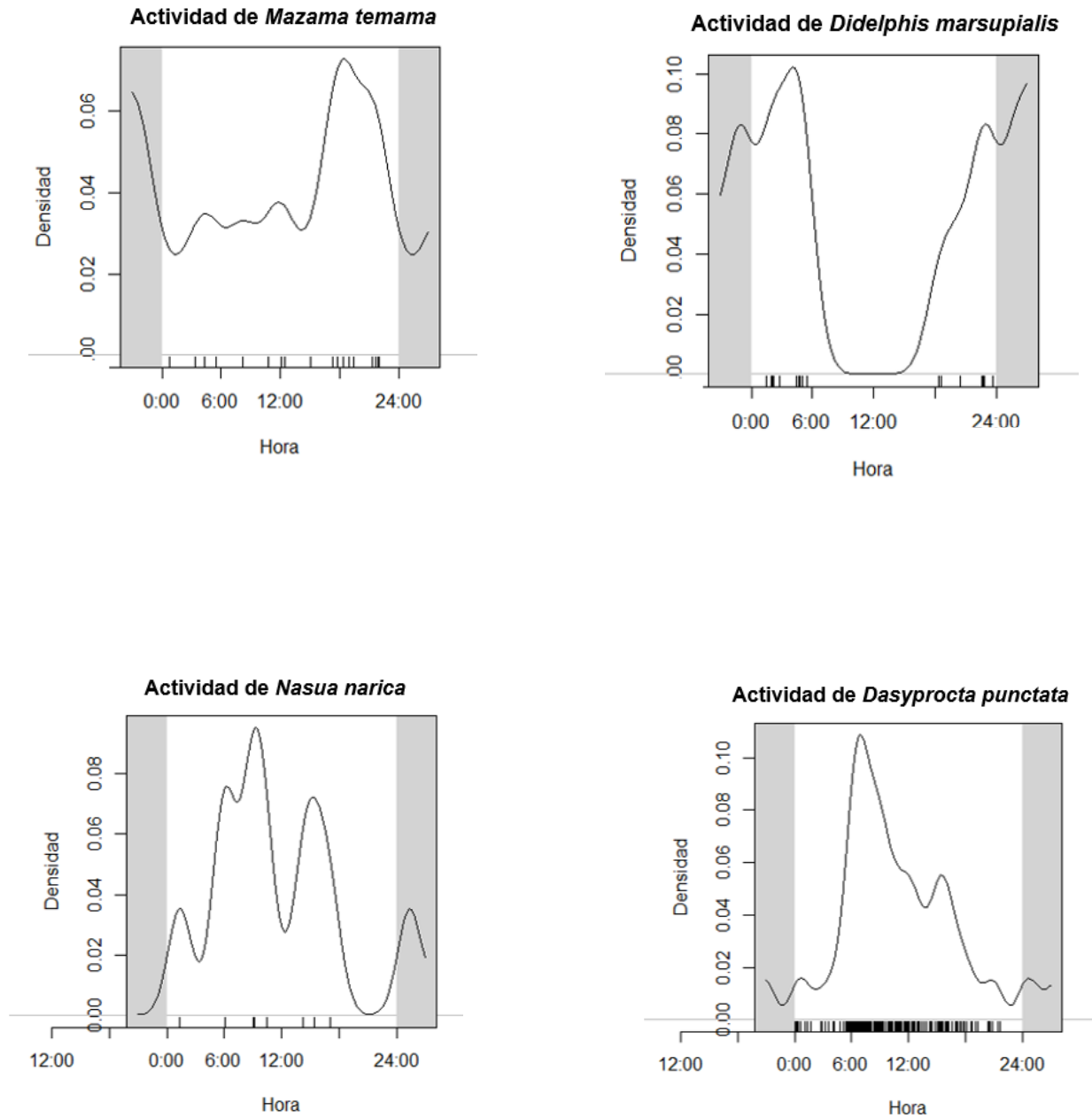


Figura 22. Patrones de actividad presentado por las especies de mamíferos terrestres medianos que tuvieron al menos 10 registros independientes dentro de la RHF Sierra Caral utilizando el estimador de densidad de Kernel (EDK).

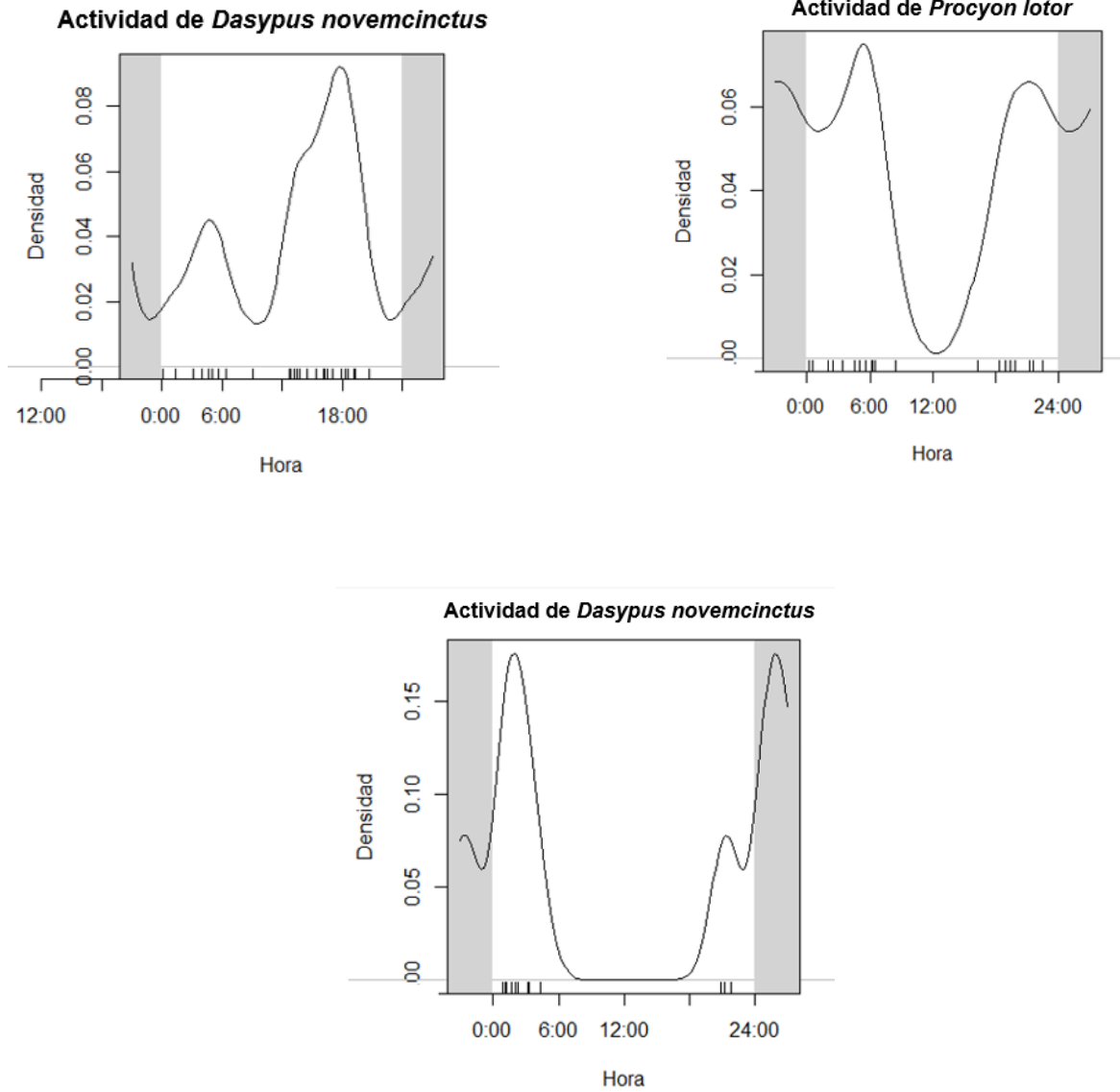


Figura 23. Patrones de actividad presentado por las especies de mamíferos terrestres medianos que tuvieron al menos 10 registros independientes dentro de la RHF Sierra Caral utilizando el estimador de densidad de Kernel (EDK).