

Guatemala, 28 de noviembre, 2019

Señor Director
Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

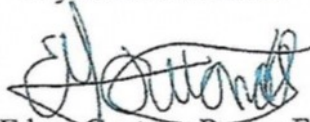
Adjunto a la presente el informe final **“Defaunación en el norte de Alta Verapaz: posibles consecuencias en la diversidad de roedores y sus patógenos zoonóticos”** con partida presupuestal 4.8.63.2.90, coordinado por el M.Sc. Edgar Gustavo Ruano Fajardo y avalado por el Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este informe final fue elaborado con base en la guía de presentación de la Dirección General de Investigación, el cual fue revisado su contenido en función del protocolo aprobado, por lo que esta unidad de investigación da la aprobación y aval correspondiente.

Así mismo, el coordinador(a) del proyecto, se compromete a dar seguimiento y cumplir con el proceso de revisión y edición establecido por Digi del **informe final y del manuscrito científico**. El manuscrito científico debe enviarse, por el coordinador(a) del proyecto, para publicación al menos en una revista de acceso abierto (*Open Access*) indexada y arbitrada por expertos en el tema investigado.

Sin otro particular, suscribo atentamente.

“Id y enseñad a todos”



M.Sc. Edgar Gustavo Ruano Fajardo
Coordinador del proyecto de investigación



María Eunice Enríquez Cotton
Directora del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB)
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia – USAC



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

Informe final

Defaunación en el norte de Alta Verapaz: posibles consecuencias en la diversidad de roedores y sus patógenos zoonóticos

Equipo de investigación

M.Sc. Edgar Gustavo Ruano Fajardo

Lic. Dione Méndez Barrios
Br. Carlos Gaitán

Guatemala, 28 de noviembre de 2019

Institución Avaladora
Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Otras instituciones participantes
Centro de Estudios en Salud, de la Universidad del Valle de Guatemala

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ing. Agr. Augusto Saul Guerra Gutiérrez
Nombre Coordinador del Programa de Investigación

M.Sc. Edgar Gustavo Ruano Fajardo
Nombre del coordinador del proyecto

Lic. Dione Méndez Barrios
Nombre de la investigadora

Br. Carlos Gaitán
Nombre del auxiliar de investigación II

Colaboradores

Lic. Claudio Méndez

Lic. Julio Morales

Dr. Jorge Erwin López

Dr. Sergio Pérez

Dr. José Soto

M.Sc. David Morán

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2019. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.2.90 durante el año 2019 en el Programa Universitario de Investigación de Recursos Naturales y Ambiente.

Financiamiento aprobado por Digi: Q.250,000.00 Financiamiento ejecutado: Q.232,067.09

Indices

1. Resumen.....	7
2. Palabras clave.....	7
3. Abstract and keyword.....	8
4. Introducción.....	9
5. Planteamiento del problema.....	12
6. Preguntas de investigación.....	13
7. Delimitación en tiempo y espacio.....	13
8. Marco teórico.....	13
8.1 Defaunación.....	13
8.2 Consecuencias de la defaunación.....	14
9. Estado del arte.....	17
10. Objetivo general.....	18
11. Objetivos específicos.....	18
12. Hipótesis.....	18
13. Materiales y métodos.....	19
13.1 Enfoque y tipo de investigación.....	19
13.2 Recolección de información:.....	19
13.2.1 Diversidad de mamíferos mayores.....	19
13.2.2. Diversidad de roedores y patógenos zoonóticos.....	20
13.2.3 Descripción de la situación actual de la cacería en la Eco-Región Lachuá.....	23
13.2.4 Permisos y consideraciones éticas.....	25
13.2 Técnicas e instrumentos:.....	25
13.2.4 Diversidad de mamíferos mayores:.....	25
13.2.5 Técnica fototrampeo:.....	26
13.2.6 Diversidad de roedores y patógenos zoonóticos asociados.....	29
13.3 Operacionalización de las variables o unidades de análisis:.....	31
13.4 Procesamiento y análisis de la información:.....	33
14 Vinculación, difusión y divulgación.....	37
15 Productos, hallazgos, conocimientos o resultados:.....	38

16	<i>Análisis y discusión de resultados:</i>	59
17	<i>Conclusiones</i>	62
18	<i>Impacto esperado</i>	63
19	<i>Referencias</i>	63
20	<i>Apéndice</i>	69

Índice de tablas

Tabla 1. Localización, nombre, temporalidad, y descripción de los puntos de colocación de trampas cámara y referencia de los transectos de signos de mamíferos grandes y medianos en la eco-región de Lachuá.....	27
Tabla 2. Operacionalización de las variables o unidades de análisis.....	31
Tabla 3. Mamíferos detectados por diferentes métodos en la eco-región Lachuá	39
Tabla 4. Tasas de ocurrencia y probabilidad de detección del método de transectos de signos para una comparación histórica en el PNLL.....	43
Tabla 5. Información demográfica básica de las comunidades estudiadas	44
Tabla 6. Percepción de la actividad de cacaería antes y en la actualidad	44
Tabla 7. Argumentos de los cazadores que no aceptaron realizar la encuesta.....	50
Tabla 8. Frecuencias Absolutas de capturas de ocho especies de roedores en tres condiciones de paisaje.....	51
Tabla 9. Resumen de las frecuencias de captura para los tres tratamiento.....	51
Tabla 10. Prueba de Chi-cuadrado para las condiciones pareadas A, B y C.....	52
Tabla 11. Abundancia y probabilidad de detección para las especies de ratones en las tres condiciones de paisaje.....	53
Tabla 12. Abundancia y probabilidad de detección para las especies de ratones para los dos tipos principales de paisaje.....	53
Tabla 13. Número de individuos positivos por especie de roedor colectado en las diferentes condiciones de paisaje.....	55
Tabla 14. Número de roedores positivos a parasitosis en los tres tratamientos.....	55

Índice de figuras

Figura 1. Estaciones de trampas cámara para la detección de mamíferos medianos y grandes en la eco-región de Lachuá (2019).....	28
Figura 2. Mapa de la Eco-región Lachuá donde se muestran la ubicación de los doce transectos de ratones en las tres condiciones de uso de la tierra.....	29
Figura 3. Riqueza de especies de mamíferos medianos y grandes observada en los transectos de signos realizadas por los guardarrecursores del PNLL en el año 2019....	41
Figura 4. Distribución espacial de los eventos de foto captura detectada por estaciones de trampas cámara de la eco-región Lachuá de abril a septiembre de 2019 de especies haciendo referencia a las especies con tasa de ocurrencia estimada por medio de transecto de signos (Tabla 2).....	42
Figura 5. Percepción temporal de la cacería en la eco-región Lachuá.....	45
Figura 6. Percepción de la motivación de caza en seis comunidades del área de estudio.....	46
Figura 7. Destino de los productos de la caza.....	47
Figura 8. Sitios utilizados para la práctica de caza.....	48
Figura 9. Artes de caza utilizados en las comunidades encuestadas.....	49
Figura 10. Secuencia genética del gen citocromo b (cytb) de <i>Sigmodon toltecus</i> (izquierda). Vista dorsal (abajo) y ventral (arriba) de dos pieles de estudio de la especie más común, <i>Sigmodon toltecus</i>, capturada durante el estudio (derecha).....	52
Figura 11. Abundancia estimada para las especies de ratones para los dos tipos principales de paisaje, dentro del Parque Nacional Lachuá - PNLL (A) y fuera del parque PNLL (B+C).....	54
Figura 12. Riqueza de especies de mamíferos detectada por estaciones de trampa cámara de la eco-región Lachuá de abril a septiembre de 2019; Estaciones de fototrampeo = 3 para cada condición de bosque; Esfuerzo=25 trampa/día; Cámara marca Moultrie®.....	56
Figura 13. Comparación de índice de riqueza estimado con modelo multiespecies bayesiano en el período de lluvia septiembre-octubre.....	57
Figura 14. Riqueza de especies de mamíferos detectada por estaciones de trampa cámara de la eco-región Lachuá de abril a septiembre de 2019.....	58

Defaunación en el norte de Alta Verapaz: posibles consecuencias en la diversidad de roedores y sus patógenos zoonóticos

1. Resumen

La defaunación antropogénica afecta selectivamente y desproporcionalmente a las especies de cuerpo grande. Actualmente se busca comprender las consecuencias de este fenómeno: efecto en el reclutamiento de especies de plantas, funciones ecosistémicas y efectos en la diversidad de otros grupos de fauna como los mamíferos medianos y menores. Este estudio buscó obtener evidencia de la defaunación, en diferentes contextos de paisaje en la Eco-región Lachuá, Alta Verapaz, y los posibles efectos sobre la potencial infección de patógenos zoonóticos en hospederos roedores. Para ello se midió en tres paisajes generales, el cambio de la diversidad de fauna mayor y mediana en un lapso de 10 años por medio de signos animales y métodos de cámaras trampa, la diversidad y abundancia de roedores, y la presencia de patógenos zoonóticos en ellos. La riqueza de especies se mantiene en el Parque Nacional Laguna Lachuá, no obstante, una reducción al menos de cuatro especies sobre la base de los valores generales de detección (pg), cabrito (*Mazama temama*), jaguar (*Panthera onca*), tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y tapir (*Tapirella bairdii*), se puede interpretar como una evidencia de defaunación. Si bien es escasa la muestra de roedores, esta sugiere una distribución diferencial de la riqueza entre los tres paisajes; la única muestra positiva a *Leshmania* se encontró en el paisaje más perturbado. A pesar de que es un único hallazgo, el mismo es relevante y se requiere de un esfuerzo mayor para elucidar si este es un patrón generalizado. Consideramos estos hallazgos de forma prudente con relación a concluir sobre los patógenos zoonóticos pues nuestros resultados no lo permiten. Por otro lado, las evidencias de las otras mediciones de defaunación son concordantes y apoyan la hipótesis sobre los efectos de la defaunación en la diversidad y composición de especies de roedores.

2. Palabras clave

Defaunación, paisaje, fragmentación, mamíferos, cacería, hospedero, infección.

3. Abstract and keyword

Anthropogenic defaunation affects in a selective way large-bodied species. Currently, we seek to understand the consequences of this phenomenon: effect on the recruitment of plant species, ecosystem functions and even effects on the diversity of other fauna groups such as medium and small mammals. Likewise, and more recently, we begin to understand how changes in the diversity of older mammals affect the diversity of juveniles such as rodents and this could have consequences on the circulation of pathogens and therefore be relevant to public health. Incorporating this aspect into the analysis of the loss of biological diversity can have a greater impact on public opinion, management managers and the design and implementation of public policies beyond protected areas. This study sought to obtain evidence of the effects of defaunation, in different landscape contexts in the Lachuá Eco-region, Alta Verapaz, on the potential for infection by rodent hosts. It combined the measurement of the change in the diversity of major and medium fauna through animal signs and methods of trap cameras, measurement of the diversity and abundance of rodents and the presence of pathogens present in them. Species richness is maintained in Laguna Lachuá National Park. However, considering the general detection values (pg) and treating our results as preliminary, we can highlight a considerable reduction of the 4 species mentioned: kid, jaguar, tepezcuintle and tapir. Considering that this model of occurrence is related to the relative abundance of species, we propose to treat conservatively, this as evidence of defaunation. Keywords: landscape, fragmentation, hunting, host, infection.

4. Introducción

Las selvas tropicales son ecosistemas diversos que están altamente presionados, tal como lo evidencia la acelerada deforestación y fragmentación, que, asociada a la pérdida de hábitats, disparó la alarma sobre la posible implicación en una de las mayores crisis de extinción de especies (Young *et al.*, 2014). Así mismo, se reconoce que la conservación de la cobertura vegetal por si sola no asegura la sostenibilidad de muchas especies, en particular aquellas que son cazadas, ya que la defaunación tiene impactos negativos también en la pérdida de diversidad de las especies vegetales una vez que muchos de los animales sujetos a la cacería son herbívoros de mediano y grande porte, importantes en la propagación de semillas (Harrison *et al.*, 2013), de esta manera, la defaunación afecta profundamente procesos ecológicos esenciales para el mantenimiento de la dinámica ambiental. Este fenómeno de reducción de la fauna o síndrome del bosque vacío, pasa desapercibido cuando se mide únicamente la pérdida de la cobertura forestal (Redford, 1992; Wilkie, Bennett, Peres y Cunningham, 2011).

La declinación actual de las poblaciones debida a la cacería no sustentable y a la fragmentación del hábitat en los bosques tropicales, dio lugar al término defaunación (Dirzo y Miranda, 1990). Kurten, Wright y Carson (2015) argumentan que la defaunación asociada a la declinación en la abundancia y la ocurrencia de animales en una comunidad, afecta desproporcionalmente a las especies de cuerpo grande, a la cual algunos autores denominaron megafauna (aquella mayor a 44 kg.) (Corlett, 2013). Además, el pulso actual de defaunación selectiva por tamaño parece estar guiado por varios factores, entre estos: la preferencia de los cazadores por las grandes presas, el requerimiento de hábitat extensos para animales grandes, crecimiento poblacional lento asociado a rasgos de la historia de vida como: baja fertilidad, extenso tiempo entre generaciones y edad tardía para la reproducción, entre otros (Young *et al.*, 2014). Se sabe que, además de otros factores como cambio de uso de suelo, pérdida de hábitat, deforestación, entre otros, la cacería intensiva es el principal factor negativo en direccionar al declive poblaciones de grandes mamíferos herbívoros en todo el mundo (Brashares *et al.*, 2014; Lindsey *et al.*, 2013). Un estudio con 25 de los mayores herbívoros del mundo (Ripple *et al.* 2015) encontró que estas especies actualmente ocupan únicamente 19% de su área de distribución original y que la reducción de la población de estas

especies viene afectando severamente sus ecosistemas, interfiriendo directa e indirectamente en el funcionamiento ecosistémico. Por ejemplo, algunos estudios (Keesing, 2000; Young *et al.*, 2014) encontraron una relación entre la reducción de poblaciones de grandes herbívoros y la abundancia de roedores.

Galetti y Dirzo (2013) han analizado la defaunación desde los conductores, discriminados por ellos como directos: la cacería furtiva, taxones invasores; e indirectos, tales como: la deforestación, la fragmentación y la sinergia entre estos. Desde el reconocimiento de la defaunación como problema central, se busca comprender cuáles son sus consecuencias en otros componentes de la fauna, funciones y aun en la diversidad biológica total; y en diferentes escalas e incluso en términos evolutivos. Young, McCauley, Galetti y Dirzo (2016^a) han sugerido una escala de la defaunación que va desde el declivio en abundancia a nivel local en las poblaciones, extinciones y disminuciones del rango de hábitat hasta provocar extinciones a nivel global.

Galetti, Bovendorp, y Guevara (2015) estudiaron el posible efecto de la defaunación en la diversidad de mamíferos menores (roedores y marsupiales), y encontraron evidencia de un posible efecto relativo a la pérdida de competencia en depredación de semillas, en ausencia del pecarí de labio blanco, dando como resultado el cambio en la diversidad de mamíferos menores y en sus abundancias. Estos resultados apoyan la hipótesis que la extinción local de los ungulados dominantes tiene efecto en la abundancia y diversidad de mamíferos menores.

Recientemente ha crecido el interés por comprender la relación entre el declive de la megafauna, la emergencia y la prevalencia de enfermedades infecciosas zoonóticas. Se busca con ello establecer la dirección y las generalizaciones sobre la relación diversidad-enfermedad, información de gran relevancia. Se ha sugerido que el declive de la megafauna deriva de procesos antropogénicos, que provocan el incremento del riesgo de enfermedad a escala de paisaje. Este punto origina el debate actual sobre que gobierna el incremento del riesgo de enfermedad a nivel de paisaje después de la declinación de la megafauna: cambios en la composición de la comunidad o diversidad de hospederos o el incremento en la abundancia de hospederos reservorios (individuos que pueden ser infectados por los patógenos) (Young *et al.*, 2014).

La Eco-región Lachuá, ubicada en Alta Verapaz, es un humedal RAMSAR, un área de planificación única en el sistema guatemalteco de áreas protegidas, porque su delimitación obedece a una base física, el área delimitada por el río Chixoy y el río Ixbolay, que incluye el Parque Nacional Laguna de Lachuá, rodeado por al menos 55 comunidades Q'eqchi'es, sus terrenos de cultivos, parches de selva de diferentes tamaños y reservas privadas y municipales. Este parque es parte de las tierras bajas que se continúan al norte con México en la península de Yucatán y es el último parche de la selva cálida húmeda al pie de la sierra de Chama. La Eco-Región Lachuá ofrece contextos de paisaje que pueden ser tratados como un gradiente de perturbación en el sentido de Young *et al.* (2015). Este contexto permitirá evaluar si existe un efecto diferencial en la diversidad de roedores por un evento de defaunación; y como la declinación antropogénica de la fauna mayor y mediana puede estar asociada a los cambios de los hospederos infectados, lo cual se relaciona al riesgo de enfermedad zoonótica.

El presente estudio busca: documentar la posible reducción de la diversidad de la fauna mayor y mediana; evaluar los posibles efectos en los cambios en la diversidad y abundancia de roedores y de la presencia de individuos infectados con agentes patógenos zoonóticos. Este último relacionado con el enfoque de Young *et al.* (2014), que busca información sobre la relación diversidad-enfermedad: como operan los mecanismos de interferencia de la transmisión, relacionados con la diversidad y a los relacionados con la capacidad de los hospederos de mantener y transmitir infección.

La comprensión de los efectos de la pérdida de la biodiversidad, generalmente se orientan hacia la búsqueda de estrategias de conservación; lo que limita y es insuficiente para orientar a la opinión pública sobre otras consecuencias. Este proyecto busca conectar el interés por la conservación de la diversidad con la salud pública. El mismo busca proveer evidencia de que en la escala de paisaje, las posibles relaciones entre la fauna mayor y mediana y los cambios en potencial de los hospederos infectados por patógenos zoonóticos, en la Eco-Región Lachuá, Alta Verapaz. Los resultados contribuirán a orientar políticas públicas que integren las estrategias de conservación y manejo de la biodiversidad y las relativas a la salud pública.

5. Planteamiento del problema

La sierra de Chamá marca el inicio de las tierras bajas del norte que se extienden hacia la península de Yucatán en México. En este territorio se desarrollan principalmente selvas cálidas húmedas, que varían en composición y estructura a lo largo de un gradiente de precipitación. Este gradiente corresponde a una selva alta perennifolia (Beard, 1955; Breedlove, 1981; Miranda y Hernandez, 1963; Pennington, 2005). Dentro de este contexto se encuentra la Eco-Región Lachuá, la cual contiene un remanente de selva cuya distancia al borde es mayor a 1,000 metros (Haddad *et al.*, 2015), por lo que es el último fragmento de la porción basal de las tierras bajas, con este tamaño.

La historia de uso del suelo en la Eco-Región Lachuá ha generado al menos 3 tipos generales de paisajes: (a) Selva relativamente intacta; (b) una condición de parches al noroeste dominado por potreros y pastizales y (c) condición heterogénea, derivado principalmente de la agricultura de subsistencia y algunos cultivos de valor, lo que genera un sistema de parches con edades de regeneración variable (guamiles). Rosales, Hermes y Morales (2010) reportaron diferencias en la actividad de cacería en los dos paisajes antropogénicos, lo que han relacionado con la capacidad relativa de los paisajes para sostener fauna mediana y mayor (Young *et al.* 2015). Adicionalmente Hermes y Rosales-Meda (2009, 2011) proveen información sobre la diversidad de fauna mediana y mayor dentro del Parque Nacional Laguna de Lachuá, utilizando la aproximación de la diversidad por modelos de ocurrencia (O'Connell, Karanth, y Ullaset, 2011). Realizar una réplica del procedimiento realizado por Hermes y Rosales-Meda (2009, 2011), permitirá contar con una medida de cambio en la diversidad de fauna mediana y mayor. Un resultado que probablemente revele reducción de la fauna mayor respecto a la información reportada en 2011 por el personal del Parque, asociado al incremento de la cacería furtiva, podría tratarse como un evento de defaunación, por definición (Dirzo y Miranda, 1990).

Si las condiciones antes descritas en la Eco-Región Lachuá, ofrecen contextos de paisaje que pueden ser tratados como un gradiente de perturbación en el sentido de Young *et al.* (2015), este sistema de paisajes puede tener efecto diferencial en la diversidad de roedores; con el posible efecto de la defaunación sobre la presencia de patógenos propuesto, es decir, que los cambios en la diversidad de roedores impulsada por la declinación antropogénica de la fauna mayor y mediana

podría generar riesgo de infección zoonótica, y este podría variar según el contexto de paisaje (Young *et al.*, 2014).

6. Preguntas de investigación

¿Cuál es el efecto de la defaunación en el potencial de riesgo de infección zoonótica, bajo diferentes contextos de paisaje?

7. Delimitación en tiempo y espacio

7.1 Delimitación en tiempo: 10 meses. Inicio febrero 2019. Fin noviembre 2019.

7.2 Delimitación espacial: Eco-región Lachuá, la cual se encuentra en la zona noreste del departamento de Alta Verapaz, Guatemala. La Eco-región Lachuá comprende el Parque Nacional Laguna Lachuá, 55 comunidades indígenas Maya-Q'eqchi', la Reserva Salinas Nueve Cerros y dos reservas privadas. En 2006 la Eco-Región Lachuá fue declarada un humedal de importancia internacional por la convención RAMSAR (CONAP).

8. Marco teórico

8.1 Defaunación

Estamos en medio de una crisis global de extinción (Young *et al.*, 2014), que puede ser explicada por dos razones principales: la fragmentación y la pérdida de hábitats. El análisis de la fragmentación de los ecosistemas boscosos a escala global revela que un 70% de fragmentos poseen una distancia al borde de 1000 metros; un 20% de estos fragmentos tienen apenas 100 metros de distancia al borde (Haddad *et al.*, 2015). Por otro lado, la mayor parte de esta fragmentación y reducción de ecosistemas boscosos ocurren en los trópicos; la tasa de pérdida de los ecosistemas tropicales mundiales, especialmente las selvas húmedas, disparó una alerta mundial sobre las posibles consecuencias de este fenómeno. Con frecuencia, se argumenta que si estos ecosistemas albergan la mayoría de la biodiversidad del planeta, la reducción vía fragmentación y pérdida de hábitat sería la causa del sexto episodio de extinción masiva, que similar a los otros

episodios de extinción, se extiende a través de todos los taxones, pero con cierta selectividad (Dirzo *et al.*, 2014).

La selectividad de la extinción es explicada en parte como un efecto de las actividades humanas tales como la cacería. La declinación actual de las poblaciones de fauna debida a la cacería no sustentable y a la fragmentación del hábitat en los bosques tropicales, ha dado lugar al término Defaunación (Dirzo y Miranda, 1990) o Síndrome del bosque vacío (Redford, 1992); que hace también referencia a la vulnerabilidad a la extinción. La vulnerabilidad a la extinción se ha propuesto que no se distribuye de forma uniforme en todos los taxones. La defaunación referida a esta declinación en abundancia y en ocurrencia de los animales en una comunidad afecta desproporcionalmente a las especies de cuerpo grande (Kurten *et al.*, 2015). Algunos autores enfatizan dentro de esta fauna, la denominada de forma genérica “megafauna” y se han referido específicamente a los animales con un peso > 44 kg. (Corlett, 2013). Este actual pulso de defaunación reconocido como selectivo por tamaño, parece estar conducido por varios factores: La preferencia de los cazadores por las presas grandes, los requerimientos de hábitat extensos de los animales grandes, el crecimiento poblacional lento asociado a rasgos de la historia de vida como: baja fertilidad, tiempo extenso entre generaciones y edad tardía para la reproducción, entre otros (Young *et al.*, 2014).

8.2 Consecuencias de la defaunación

Desde la propuesta de la defaunación como problema central, en especial para la megafauna, se trata de comprender cuales serían las consecuencias de este fenómeno en otros componentes de la fauna, funciones y aun la diversidad biológica total. Se ha propuesto que el abordaje de este problema, se analice desde una perspectiva prehistórica. Esta argumentación procede de la evidencia en parte paleontológica y paleoclimática, que simultáneamente alimentó un debate vigente, sobre cuánto de la extinción de la megafauna es el resultado de la actividad de cacería por parte de los homínidos, por ejemplo, antes del hombre moderno y cuanto sería explicado por el cambio climático. El Pleistoceno medio ($> 60,000$ años atrás) se ha tomado como ilustrativo de esta interacción y el impacto tanto de homínidos como de la inestabilidad climática. Extraer el

efecto de uno y otro factor representa un gran desafío, en gran medida por la discontinuidad de información. No obstante, un hecho se puede extraer: durante las inestabilidades climáticas del Pleistoceno medio se produjeron importantes eventos de extinción, especialmente documentadas en la megafauna. Hubo efectos de este cambio climático en otros componentes de la biodiversidad, menos documentados. Por otro lado, se ha propuesto también conceptos como las especies clave y mucha de la megafauna es tratada como especie clave (Corlett, 2013).

La megafauna actual habría resistido las últimas inestabilidades climáticas del Cuaternario y los efectos de la cacería realizada por los homínidos, que también enfrentaron procesos de extinción en su mayoría en este mismo tiempo. Sin embargo, la megafauna sobreviviente sigue está expuesta a los efectos de la cacería, paradójicamente, por el último homínido también sobreviviente del último episodio de extinción en el Pleistoceno medio y tardío (Corlett, 2013).

En el análisis de los eventos de extinción en el Pleistoceno medio, tardío y Holoceno Corlett (2013), explora las posibles consecuencias de la extinción de la megafauna, y advierte que mucho de esta aproximación es especulativa y basada en analogías con la actual megafauna y de su actual extinción, “Defaunación” por definición. En el citado análisis propone como consecuencias la coextinción de: parásitos, comensales y mutualistas, los impactos en competidores, impactos en relaciones depredador-presa, y carroñeros, y en la vegetación.

Galetti y Dirzo (2013) analizan la defaunación desde los conductores, discriminados por ellos como directos: cacería, cacería furtiva, taxones invasores; e indirectos, deforestación, fragmentación y la sinergia entre estos. Así también proponen consecuencias a diferentes escalas llegando incluso a consideraciones evolutivas.

Galetti *et al.* (2015) estudiaron el efecto de la defaunación en la diversidad de mamíferos menores (roedores y marsupiales), que deriva de una hipótesis anterior, quién propone que la extirpación del *Tayassu pecari* (pecarí de labio blanco) podría incrementar la abundancia de pequeños mamíferos. Este estudio proporcionó evidencia del posible efecto de la pérdida de competencia en la depredación de semillas en ausencia del pecarí de labio blanco, y los cambios en la diversidad y

abundancia de los mamíferos menores. El estudio apoya en particular la hipótesis sobre el efecto de la extinción local de los ungulados dominantes en la abundancia y diversidad de mamíferos menores, fenómeno reportado en bosques templados y en sabanas africanas. Los resultados muestran el decrecimiento de la diversidad de mamíferos menores en sitios sin pecarís de labio blanco, y que la abundancia de roedores se duplica.

El efecto particular de la defaunación de megafauna en la diversidad de otros taxa, como los roedores recibe especial atención actualmente, debido a la relación entre la circulación de virus de importancia para la salud humana y los cambios en las poblaciones de algunas especies de roedores hospederos, un ejemplo relevante es Hantavirus, que produce una enfermedad letal emergente y zoonótica, (Galetti *et al.*, 2015). El interés creciente por comprender la relación entre la defaunación de la megafauna y la posible relación con la emergencia y prevalencia de enfermedades infecciosas zoonóticas; busca establecer la dirección y las generalizaciones de la relación diversidad-enfermedad a través de caracterizar la naturaleza y significancia de la misma (Young *et al.*, 2014).

Se ha sugerido que la declinación de megafauna derivada de procesos antropogénicos, lleva al incremento del riesgo de enfermedad a escala de paisaje. Dos enfoques han surgido, el primero, busca la relación entre los mecanismos de interferencia de la transmisión, la diversidad, la riqueza y la composición de especies; la capacidad (competencia) de los hospederos, es decir la proporción de individuos de una especie capaces de mantener y transmitir infección; sin cambio en la abundancia absoluta de los hospederos susceptibles. El segundo enfoque está centrado en la regulación del hospedero susceptible, asociado a los cambios en la abundancia de dichos hospederos (Young *et al.*, 2014). El punto del actual debate es sobre ¿Qué gobierna el incremento del riesgo de enfermedad a nivel de paisaje después de la declinación de la megafauna? Se procura dilucidar si los cambios en la composición de la comunidad o diversidad de hospederos o el incremento en abundancia de hospederos susceptibles (individuos que pueden ser infectados por los patógenos).

9. Estado del arte

Los mamíferos medianos y mayores son animales elusivos y con hábitos diversos, por lo que es difícil estudiar a cada especie a nivel poblacional con el mismo diseño espacial y temporal. Sin embargo, con el avance de la tecnología de cámaras y con el poder computacional actual, se están utilizando métodos no invasivos, como el de eventos de detección por trampas cámara y métodos de análisis bayesianos para la estimación de ocurrencia de especies (Korner-Nievergelt *et al.*, 2015). En las últimas dos décadas, se ha utilizado el método de trampas cámara para estimar densidades de jaguares en Guatemala, esencialmente basado en modelos tradicionales de captura-recaptura de cada individuo (Maffei, Polisar, Garcia, Moreira y Noss, 2011), pero no se ha utilizado la misma información para calcular parámetros poblacionales de otras especies detectadas en los mismos estudios, esto en parte fue por las limitaciones computacionales y de modelos desarrollados en esa época (Korner-Nievergelt *et al.*, 2015; Tobler, Zúñiga Hartley, Carrillo-Percastegui y Powell, 2015). En otras palabras, esto nos indica que con el mismo método se puede mejorar las estimaciones de diferentes especies que presentan probabilidades de detección distintas e imperfectas (O'connell *et al.*, 2011). Lo que lleva a utilizar la estimación de tasas de ocurrencia y cambio en la riqueza en regiones como una forma efectiva de un plan de monitoreo (O'connell *et al.*, 2011; Rovero, Martin, Rosa, Ahumada y Spitale, 2014).

Estas estimaciones son fundamentales para poner en evidencia asociaciones de efectos en la cascada trófica con defaunación de mamíferos mayores (Carvalho, Galetti, Colevatti y Jordano, 2016) y la diversidad de roedores (Galetti *et al.*, 2015); Además, nos da opción de asociar a otro nivel de organización, en este caso con la zoonosis presente en roedores silvestres. La hipótesis del efecto dilución, donde se predice que a mayor diversidad biológica (Hospedera o no) existe una menor probabilidad de riesgo y transmisión de patógenos zoonóticos en vida silvestre (Keesing *et al.*, 2010); Esto pone en foco actual el estudio de relaciones de mamíferos y sus patógenos asociados en la integración de la salud del ecosistema y humana

10. Objetivo general

Evaluar el potencial de riesgo de infección zoonótica, como posible efecto de la defaunación bajo diferentes contextos de paisaje.

11. Objetivos específicos

- 11.1 Comparar la diversidad de mamíferos medianos y mayores en un lapso de una década.
- 11.2 Caracterizar la percepción de cacería en cinco comunidades de la eco-región de Lachuá (San Luis, San Marcos, Santa Lucía, Nuevo León y Las Promesas)
- 11.3 Comparar la diversidad y la abundancia relativa de roedores en tres condiciones de paisaje.
- 11.4 Establecer la posible relación entre la diversidad de roedores y la abundancia relativa de reservorios con los patógenos zoonóticos encontrados.
- 11.5 Evaluar la posible relación entre la diversidad de mamíferos menores y el cambio en la diversidad de mamíferos medianos y mayores.

12. Hipótesis

- 12.1 Un evento de defaunación compartido en los tres contextos de paisaje controla de manera diferencial los cambios en la diversidad de roedores en términos de: riqueza y composición; y en la proporción de individuos infectados, según el contexto de paisaje. (Hipótesis relativa a la interferencia de la transmisión)
- 12.2 Un evento de defaunación compartido en los tres contextos de paisaje, controla de manera diferencial los cambios en la abundancia de los reservorios susceptibles, según el contexto de paisaje. (Hipótesis relativa a la regulación de los reservorios).

13. Materiales y métodos

13.1 Enfoque y tipo de investigación

13.1.1 Enfoque de la investigación: mixto, porque integró de forma sistemática los métodos cuantitativos para medir y comparar la diversidad de mamíferos medianos y mayores, y cualitativos para caracterizar la cacería de las comunidades aledañas; cuyos resultados se integran en el modelado de las relaciones entre la diversidad de la megafauna y de los roedores y la presencia de patógenos zoonóticos en la Eco-región Lachuá.

13.1.2 Indicar el tipo de la investigación: Asociativa o Correlativo

13.2 Recolección de información:

13.2.1 Diversidad de mamíferos mayores

Hermes y Rosales-Meda (2009, 2011) realizaron una línea base de un sistema participativo para toma de datos de la riqueza y distribución espacial del ensamble de mamíferos mayores en el del Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL). Esta línea base constaba de transectos ubicados en polígonos donde guardarrecursos entrenados tomaban datos de signos de mamíferos. Sin embargo, no se ha dado continuidad o actualizado este protocolo en esta región. Debido a que el monitoreo precisa de múltiples años de toma de datos para visualizar tendencias en la dinámica de su estructura a nivel de comunidad (Krebs, 2014; O'connell *et al.*, 2011) por lo que es importante hacer comparaciones replicables temporalmente para conocer la tendencia en la composición y abundancias relativas poblacionales de la comunidad de mamíferos mayores y medianos. A nivel nacional cabe mencionar que hay información de otras regiones sobre monitoreo, pero permanecen como literatura gris o sin publicar. Por esta razón, se utilizó un protocolo estándar, para ser replicado a largo plazo, y estimar la ocurrencia de especies por medio de trampas cámara basado en el registro fotográfico de especies (O'connell *et al.*, 2011; Rovero *et al.*, 2014) en algunos

fragmentos de la Eco-región Lachuá. De esta manera, se está actualizando con técnicas actualizadas la toma de datos y se inició un plan de monitoreo del cambio de estructura de la comunidad de mamíferos en esta región. Además, se hizo una comparación de datos de hace 10 años por medio del diseño de transectos participativos utilizados en la eco-región Lachuá (Hermes y Rosales-Meda 2009, 2011). Por lo que se capacitó a 22 guardarrrecursos sobre las técnicas y detalles de los métodos a utilizar para la detección de signos; se realizó una práctica en terreno para evaluar los procedimientos e instrumentos de medición, así como validar las boletas de toma de datos. Al final del proceso los 14 guardarrrecursos, que anteriormente realizaban el monitoreo de signos animales por medio de este protocolo dieron seguimiento a la toma de datos en este período. De esta manera se obtuvo una visión del posible proceso de defaunación de algunas especies en el PNLL en la actualidad.

13.2.2. Diversidad de roedores y patógenos zoonóticos

Toda la colecta de ratones se realizó entre los meses de junio y agosto, que aunque se consideran dentro de la temporada lluviosa, en este año atípico los niveles de precipitación fueron mucho más bajo de lo normal para una temporada lluviosa típica del área. Por ejemplo, la precipitación registrada durante el periodo de muestreo fue de 323.8 mm, 180.8 mm.y 69.5mm de precipitación respectivamente para cada mes. En contraste, para los mismos meses entre el año 2015 al 2017 la precipitación aproximadamente fue el doble (INSIVUMEH, 2019).

Cada tratamiento (A, B y C) fue muestreado en cuatro ocasiones entre junio y agosto. Todas las líneas de trampas estuvieron activas durante tres noches consecutivas. Todos los transectos de los tratamientos A y C constaron de 100 trampas, haciendo un esfuerzo de muestreo de 300 trampas/noche por sitio o transecto y 1,200 trampas/noche por tratamiento o condición. El tratamiento B tuvo una pequeña variante porque el último sitio o transecto constó solo de 99

trampas (297 trampas/noche), haciendo un total de 1,197 trampas/noche para ese sitio. El esfuerzo total de captura para toda la colecta de ratones fue de 3,597 trampas/noche.

- Manejo de trampas y especímenes capturados: las trampas fueron manipuladas por el equipo de investigadores y guardarrecurso del PNLL entrenados para ello. Las trampas conteniendo un roedor fueron trasladadas a la estación de la Escuela de Biología, ubicada próxima al parque en la Aldea Santa Lucía Lachúa, para proceder a la toma de muestras.

- Toma de datos: los datos de cada espécimen, fueron registrados en una boleta diseñada para ello. La información por espécimen incluida en la boleta es: fecha, posicionamiento geográfico, especie, datos morfométricos del espécimen, persona(s) encargada del muestreo, y tipo de muestras obtenidas. La identificación de la especie se confirmó con base a las características morfológicas (Reid, 2009), y para los datos morfométricos se hará medición de cuerpo completo (cabeza más cola) y solo de la cola. En un caso se utilizó secuenciación de ADN mitocondrial para confirmar la identificación.

A cada ratón se le asignó un número de catálogo del proyecto DIGI, así como números de catálogo paralelos de los colectores y de los laboratorios participantes.

- Bioseguridad: en la colocación y revisión de las trampas, siempre se utilizaron guantes de látex; entre cada individuo para la toma de muestras, preparación de especímenes y disposición de desechos, se utilizaron lentes protectores, mascarilla N95 y guantes de látex, para evitar contacto con secreciones, aerosoles y tejidos de los roedores. Para la desinfección del material de disección se esterilizó el equipo con lámpara de etanol, entre cada individuo; para la desinfección de trampas y del material utilizado durante la toma de

muestras se utilizó marca comercial Lysol. (Mills, Ksiazek, Peters, & Childs, 1998)

Todos los ratones fueron procesados en el campo y manipulados siguiendo las normas nacionales e internacionales relacionadas con el manejo de fauna silvestre. Además, los ejemplares fueron manipulados de acuerdo a las normas de la Asociación Americana de Mastozoología (Sikes, 2016), evitando en lo posible someter a los animales a estrés innecesario. Se sacrificaron todos los ejemplares capturados, eutanasiados siguiendo los lineamientos del país, mediante el uso de ketamina.

Una vez anestesiado, se tomó la muestra de sangre por punción cardiaca, donde el individuo fue eutanasiado por exanguinación. Posteriormente se realizó una necropsia para coleccionar riñones, hígado, bazo, pulmón, intestino delgado y grueso. Todas las muestras fueron almacenadas y transportadas en un contenedor con nitrógeno líquido, posteriormente fueron almacenadas en un -20°C durante 2 meses, hasta que fueron depositadas en el laboratorio donde se almacenó a -70°C durante tres meses hasta su procesamiento. También se colectaron parásitos gastrointestinales y ectoparásitos, los cuales fueron almacenados en alcohol.

- Preparación de especímenes: Se preparó aquellos individuos que por sus características fueron considerados de relevancia para preservación. Los formatos de la bitácora, el catálogo personal, etiquetas, así como las mediciones estándar y la preparación de muestras de referencia (vouchers) siguieron los métodos tradicionales aceptados en la mayoría de instituciones del mundo y que son descritos en la literatura (Hall, 1962).

Los ejemplares y muestras de referencia fueron depositados en el sistema de colecciones biológicas de la Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos

de Guatemala (Usac) y en el Laboratorio de Arbovirus y Zoonosis del Centro de estudios en Salud (CES) de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG).

13.2.3 Descripción de la situación actual de la cacería en la Eco-Región Lachuá

¿Cuál es la percepción de la oferta natural de animales cinegéticos?

La actividad de cacería está documentada en la ecorregión de Lachua, especialmente al norte de esta área, en relación a las especies más frecuentemente cazadas, las cantidades relativas de caza entre especies y los lugares donde son más cazadas (Rosales-Meda, Hermes y Morales 2010). Por otro lado, la sostenibilidad de la cantidad y calidad de especies cinegéticas está relacionada con la diversidad de las especies de interés para la cacería por parte de los grupos locales. La medición de la percepción de esta oferta natural, puede al final del estudio apoyar la posible relación de la caza con un evento de defaunación.

Para generar este criterio de percepción se realizó una encuesta la cual fue aprobada por el Comité de Bioética de Postgrado (CBP) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia de la USAC. La encuesta se realizó a 44 cazadores de la ecorregión de Lachuá, la cual iniciaba con un texto orientado a solicitar el consentimiento verbal previo. El entrevistador se presentaba inicialmente, se comentaban los aspectos básicos del proyecto, propósito del estudio, procedimiento, riesgos, beneficios, confidencialidad, se contestaban las preguntas y preocupaciones de los entrevistados. Al final se preguntaba si estaba de acuerdo con participar en la encuesta y daba su consentimiento.

Se solicitó permiso a los COCODES de cada comunidad seleccionada para realizar la encuesta, los cazadores de cada aldea se identificaban por ser las personas reconocidas dentro de la comunidad como “cazadores” por ser proveedores de carne silvestre a redes familiares y la comunidad. De preferencia

se trabajó con personas de edad madura (Ver Tabla 5), para registrar la percepción del grupo con más experiencia en la práctica de cacería.

La encuesta la realizaron en idioma q'eqchi' los comunitarios Julio Tox y Hector Tox personas que han colaborado con la Escuela de Biología y el Programa de Investigación y Monitoreo de la Ecorregión de Lachuá (PIMEL) en estudios anteriores. Los dos fueron capacitados para la realización de la encuesta, se hizo una prueba piloto de cinco encuestas para evaluar: la pertinencia, eficacia y posibles problemas de interpretación de la misma.

La encuesta se construyó en el esquema de registrar la percepción del pasado y presente de la cacería con preguntas diseñadas para registrar información de las especies cazadas anteriormente y especies cazadas en la actualidad, sitios de caza, artes de caza, cantidad de animales cazados anteriormente y en la actualidad entre otras. Se estimó que el período de tiempo que los cazadores considerar como anterior es de 10 años atrás.

Para estimar el tamaño de la muestra se partió de la información sobre la cantidad de cazadores estimada considerando el estudio de (Hermes et al 2012), el cual propone para la eco-región 36 cazadores regulares en las comunidades de estudio. La muestra fue de 32 cazadores para un nivel de confianza del 90% ($\alpha=0.1$), con el margen de error aceptable del 5% de acuerdo a la ecuación Raosoft en la determinación del tamaño aleatorio de la muestra. En total se estimó la realización de 32 encuestas a cazadores, con un 90% de confianza y error del 5%. Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula para poblaciones finitas:

$$n = N \cdot x / ((N-1) E^2 + X); x = Z(c/100)^2 r(100-r); E = \text{Sqrt}((N-n)x/n(N-1))$$

Donde r es la fracción de respuesta buscada y

Z(c/100) para el nivel de confianza c.

13.2.4 Permisos y consideraciones éticas

La Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con permisos vigentes de investigación (CONAP 511-B) y colecta (CONAP 4965) emitidos por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Además, esta investigación cuenta con el aval de Director del Parque Nacional Laguna Lachuá. Los permisos para colocar trampas fuera de los límites del parque se obtuvieron directamente con los propietarios de los terrenos de interés, las autoridades comunitarias y con el consentimiento del jefe del hogar para colocar trampas dentro de las casas, cuando este fue el caso. Todos los métodos utilizados siguieron estándares internacionales, que garantizan un procedimiento ético del manejo de los especímenes. Este protocolo fue aprobado por el comité de ética designado por Digi.

13.2 Técnicas e instrumentos:

13.2.4 Diversidad de mamíferos mayores:

Técnica detección de signos: para estimar tasas de ocurrencia por medio de signos de nueve mamíferos a partir de los datos recabados de la eco-región Lachuá se usaron 12 transectos utilizados por Hermes y Rosales-Meda (2011); y a la vez se replicó el protocolo utilizado para la eco-región. Los transectos fueron muestreados dos veces por mes (intervalo de 15 días), estos recorridos se hicieron por los guardarrecurso del PNLL que ejecutaron este protocolo en el trabajo. El horario de los recorridos fue entre las 8:00 y 15 horas. Los muestreos se realizaron a paso lento (aprox. 500 m/h) sobre el transecto con un ancho de 5 metros de cada lado en búsqueda de evidencias directas (avistamientos) e indirectas (huellas y rastros) de mamíferos mayores y medianos. Además, se realizó una parada de 10 minutos en cada estación de observación para buscar y registrar mamíferos arborícolas y terrestres (Hermes y Rosales-Meda, 2011).

Instrumento: Boleta No. 1 de registro de signos.

13.2.5 Técnica fototrampeo:

Para estimar la riqueza de mamíferos medianos y mayores, en total se utilizaron 18 estaciones por 45 días consecutivos distribuidos en los diferentes fragmentos de la eco-región para la época seca, el diseño tomó en cuenta covariables como la obstrucción de la vegetación del sotobosque, distancia al borde, tipo de cámara trampa utilizada, distancia a cuerpos de agua lénticos y lóticos (Burton, *et al.*, 2015; O'connell, *et al.*, 2011; Rovero *et al.*, 2014). En cada estación de trampeo se colocó una trampa cámara (marca Moultrie® y Bushnell Trophy®) a una altura promedio del suelo de 45cm. Las estaciones de trampeo fueron distribuidas y espaciadas no más de 1.3 km lineales (el diámetro de un círculo con superficie de 2 km²) sobre senderos y brechas (Rovero *et al.*, 2014). A la vez, se repitió el protocolo de toma de datos participativa propuesto por Hermes y Rosales-Meda (2011) incluyendo a personal de guardarrrecursos que ya fue capacitado para realizar este trabajo y entrenado para el uso de trampas cámara digitales.

Tabla 1

Localización, nombre, temporalidad, y descripción de los puntos de colocación de trampas cámara y referencia de los transectos de signos de mamíferos grandes y medianos en la eco-región de Lachuá

No.	Latitud	Longitud	Localidad	Activación	Retiro	Cámara	Obstrucción	Borde	Agua
1	15.94137	-90.69621	Tocón 103	05/11/19	09/20/19	M	0.11	1.45	Cerca
2	15.94379	-90.71095	San Luis*	04/09/19	09/20/19	M	0.29	1.10	Cerca
3	15.92562	-90.71237	Zapotal I*	04/06/19	09/20/19	B	0.30	0.98	Lejos
4	15.94573	-90.65270	Ilusión	04/05/19	09/18/19	M	0.33	0.61	Lejos
5	15.93194	-90.67702	Escondido	04/09/19	09/18/19	B	0.50	2.35	Lejos
6	15.92360	-90.65706	Pista*	04/05/19	09/18/19	B	0.63	3.10	Lejos
7	15.94540	-90.63182	Santa Lucia*	04/05/19	09/18/19	B	0.48	0.43	Cerca
8	15.91617	-90.69068	El Arroyo	04/06/19	09/21/19	B	0.31	3.34	Lejos
9	15.90150	-90.71793	Zapotal II*	04/05/19	09/20/19	B	0.28	0.47	Cerca
10	15.94871	-90.66319	Aguada	04/08/19	09/18/19	M	0.23	0.39	Lejos
11	15.92551	-90.68214	El Tular	04/06/19	09/21/19	B	0.34	3.10	Lejos
12	15.89844	-90.65107	Tzetoc I*	04/09/19	09/19/19	M	0.33	2.38	Lejos
13	15.88799	-90.63344	Tzetoc II*	04/09/19	09/19/19	M	0.13	0.61	Lejos
14	15.87773	-90.64430	Rocjá II*	04/08/19	09/19/19	M	0.26	1.62	Lejos
15	15.86621	-90.63860	Rocjá I*	04/08/19	09/19/19	M	0.23	0.39	Lejos
16	15.95609	-90.54758	Entre Ríos	05/14/19	09/21/19	M	0.59	0.01	Lejos
17	15.99645	-90.54997	Senujá	09/21/19	10/16/19	M	0.44	0.10	Cerca
18	15.983089	-90.680515	Las Promesas	09/20/19	10/16/19	M	0.55	0.36	Lejos

Nota: Localidad = Estaciones/Transectos; Cámara = (M = Marca Moultrie®; B = Marca Bushnell®); Obstrucción = Obstrucción visual de la vegetación; Borde= Distancia al borde (Km.); Agua = Distancia al Agua (Cerca: < 40 metros; Lejos: > 40 metros); *Transectos de detección de signo que realizaron los guardaparques del PNLL de septiembre a octubre de 2019

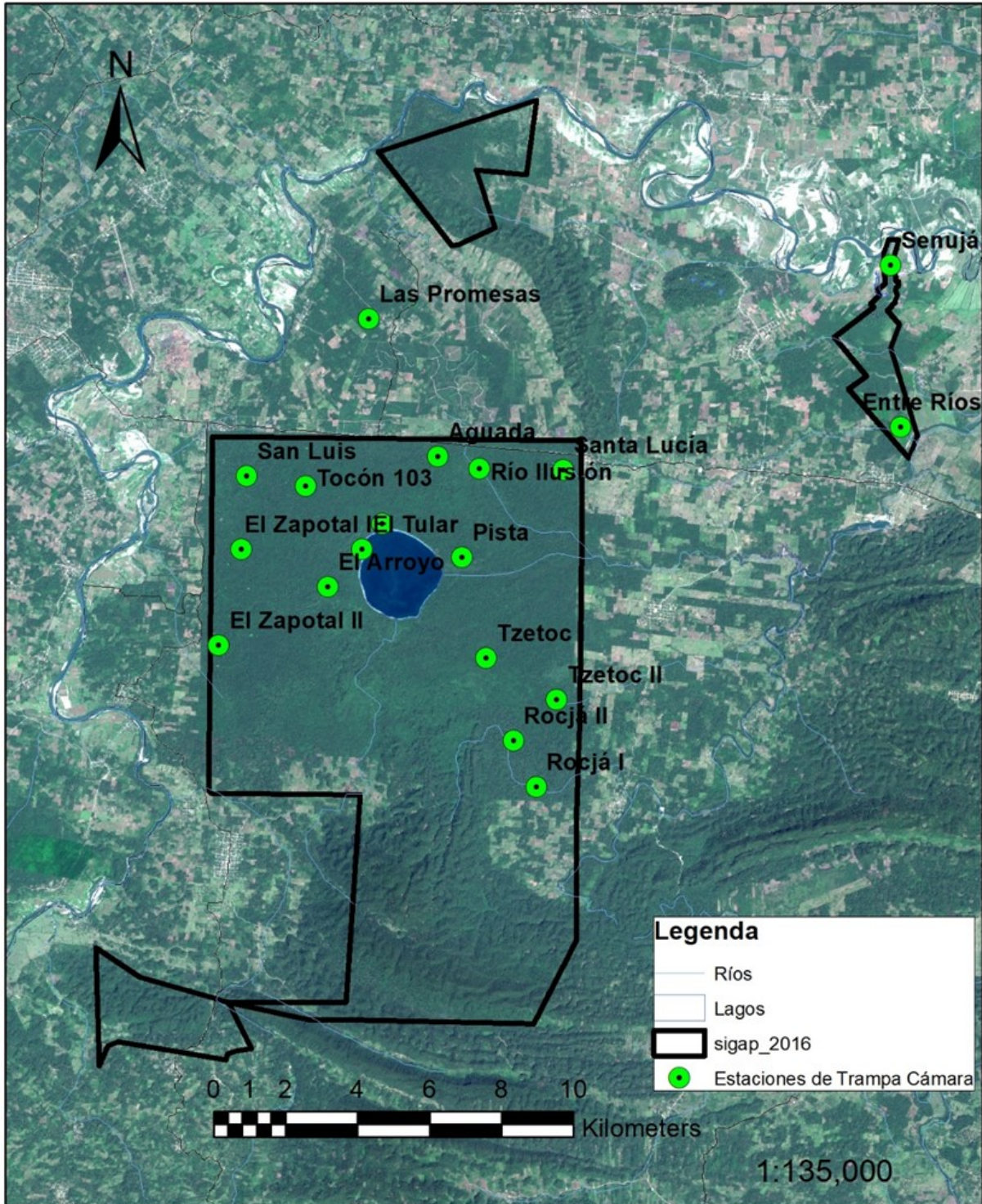


Figura 1. Estaciones de trampas cámara para la detección de mamíferos medianos y grandes en la eco-región de Lachuá (2019)

13.2.6 Diversidad de roedores y patógenos zoonóticos asociados

Se realizaron 12 colectas (transectos) de ratones, cada uno compuesto, en general, de 100 trampas Sherman cebadas con atrayente comercial para ratón y rata. Los doce sitios de colecta corresponden a los tres principales tratamientos, según el paisaje y cobertura boscosa, de la Eco región Lachúa: condición A para el bosque maduro dentro del parque, condición B para la zona más perturbada y con preponderancia de monocultivos. La zona C es una región mixta con presencia de muchos parches pequeños de bosque dentro de zonas de cultivos también mixtos. La ubicación particular de los sitios puede observarse en el mapa adjunto.



Figura 2. Mapa de la Eco-región Lachúa donde se muestran la ubicación de los doce transectos de ratones en las tres condiciones de uso de la tierra

Toma de muestras de tejidos de roedor: para obtener un perfil de patógenos zoonóticos de los roedores se tomaron muestras de órganos, tejidos y sangre para obtener suero sanguíneo de cada individuo, y fueron colocadas en criotubos debidamente identificados. La toma de muestras de los roedores fue llevada a cabo por los veterinarios del equipo o por personal técnico con la supervisión de alguno de los veterinarios. Los roedores fueron anestesiados, utilizando isoflurano al 100 %. La anestesia fue aplicada inmediatamente después de extraer al animal de la trampa, lo cual se hace colocando la boca de la trampa en una bolsa plástica transparente con cierre hermético, a la que se le coloca un algodón con 300 μ L de isoflurano. Al entrar el ratón en la bolsa, y cerrarla, la anestesia toma menos de un minuto en hacer efecto adecuado para realizar el procedimiento de muestreo (Herbreteau et al., 2011; Hoff, 2000; Mills et al., 1998). Todos los roedores fueron identificados por uno de los investigadores (SGP) utilizando guías de identificación de campo y comparando con ejemplares de la colección de mamíferos de la escuela de biología USAC.

Técnica muestreo de patógenos en roedores: (a) la anestesia fue aplicada inmediatamente después de extraer al animal de la trampa, lo cual se hizo colocando la boca de la trampa en una bolsa plástica transparente con cierre hermético, a la que se le colocó un algodón con 300 μ L de isoflurano; (b) Se requirió una muestra de 0.5 – 2 ml de sangre (Herbreteau et al., 2011; Mills et al., 1998), la cual fue obtenida por punción cardiaca, debido al volumen, el individuo fue eutanasiado por exanguinación (Mills, et al., 1998). Una vez obtenida la muestra se colocó una gota de esta muestra en tarjetas FTA, la mitad de la muestra en un tubo estéril con EDTA, y la otra mitad en un tubo estéril sin anticoagulante. Los tubos sin anticoagulante se dejaron reposar a temperatura ambiente para promover la separación del suero. Al finalizar la toma de muestras del día, se procedía inmediatamente a centrifugar las muestras de sangre sin anticoagulante. Estas muestras de sangre fueran centrifugadas a 10000 rpm durante 5 minutos y el suero fue separado en crioviales y depositado en el contenedor de nitrógeno líquido para que se congelaran. 3) Las garrapatas, pulgas, piojos y ácaros detectados por examinación directa fueron colectados utilizando pinzas y cepillos. Se colocaron en criotubos con etanol al 70 %, que fueron almacenados a temperatura ambiente para su posterior identificación. Se colocó el espécimen ventro dorsal, y se realizó una incisión longitudinal de la punta del esternón hasta la parte inguinal evitando cortar músculos abdominales. Se

procedió a retirar la piel de todo el espécimen. La piel fue procesada como muestra de estudio y depositada en la colección de mamíferos del Sistema de Colecciones Biológicas de la Escuela de Biología USAC (Edificio T-10, 2º. Nivel, Ciudad Universitaria zona 12). Con el cuerpo separado se procedió a extraer los órganos para muestras de tejido. El cuerpo de cada ejemplar se conservó en alcohol etílico al 70% para posteriormente limpiar el esqueleto en el laboratorio (Romero-Almaraz, Sánchez-Hernández, García-Estrada, & Owen, 2007). Por cada espécimen muestreado se obtuvo una piel de estudio, un esqueleto y muestras de tejido que fueron depositadas en la colección de mamíferos, y adicional 10-11 muestras de tejidos diferentes para las pruebas de patógenos, y en algunos casos muestras de endoparásitos.

13.3 Operacionalización de las variables o unidades de análisis:

Tabla 2

Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Objetivos específicos	VARIABLES o unidades de análisis	Forma en que se midió, clasificó cualificó
Comparar la diversidad de mamíferos medianos y mayores en un lapso de una década.	-Riqueza y composición y tasa de ocurrencia de mamíferos medianos y mayores	Se utilizaron 12 transectos dentro del PNLL, en los cuales se registraron signos animales (huellas, excretas, pelo) en una boleta que reportaron: a) No. de especies identificadas b) Identidad de las especies registradas c) Estimación de detección de las especies (Ver apéndice 2.4)
Caracterizar la actividad de cacería en cinco comunidades de la eco-región de Lachuá: Senujá,	Especies cazadas, número de individuos por especie cazados, frecuencia de eventos de caza,	Se realizó una encuesta estructurada (Alaminos y Castejón 2006) a 30 cazadores de las seis comunidades. Las preguntas se precodificaron en cuantitativas y otras cualitativas. La encuesta se

<p>Berjel 2, San Benito, Las Pacayas, San Jorge la Unión y Santa Marta.</p>	<p>sexo, hábitat de caza, información morfométrica y artes de caza.</p>	<p>vació en una hoja Excel utilizando los valores 1 y 0 para preguntas excluyentes o acumulativas y como texto para los juicios de valor.</p>
<p>Comparar la diversidad y abundancia relativa de roedores en tres condiciones de paisaje.</p>	<p>Riqueza y composición de roedores Abundancia relativa por especie</p>	<p>Cuatro eventos de colecta por cada una de las áreas de estudio (A, B, C), en los cuales se pusieron 100 trampas Sherman durante tres noches. (ver definición y delimitación de las áreas A, B y C en texto tal) Se midió la frecuencia de captura por sitio muestreado (A, B y C) en las cuatro repeticiones.</p>
<p>Establecer la posible relación entre la diversidad de roedores y la abundancia relativa de reservorios con los patógenos zoonóticos encontrados en el contexto de paisaje.</p>	<p>a) Riqueza de roedores b) composición c) abundancia relativa d) Porcentaje (%) de positividad por cada patógeno zoonótico.</p>	<p>Por cada sitio de midió: a) Número de especies de roedores. b) Especies identificadas c) Cantidad de especímenes colectados por cada especie. d) Número de individuos positivos a cada agente patógeno diagnosticado. Se asoció los datos de cada sitio, para buscar un patrón definido por las variables.</p>

<p>Evaluar la posible relación entre la diversidad de mamíferos menores y el cambio en la diversidad de mamíferos medianos y mayores.</p>	<p>Riqueza, composición y tasa de ocurrencia de mamíferos medianos y mayores. Riqueza, composición y abundancia relativa de roedores.</p>	<p>Estas variables fueron medidas en objetivos previos. En este objetivo se utilizó estas variables en medidas de asociación para relacionarlos al fenómeno de defaunación.</p>
--	--	--

13.4 Procesamiento y análisis de la información:

Mamíferos roedores, medianos y grandes: Modelo Jerárquico Bayesiano Multi-Especies de Abundancia para obtener estimados de abundancias relativas y riqueza de especies tomando en cuenta que existen variaciones entre las probabilidades de detección por especie utilizamos una versión modificada del modelo de ocupación multi-especies (Royle y Dorazio, 2008), donde cada especie se considera como un efecto aleatorio obtenido de un nivel jerárquico mayor (una distribución de la comunidad entera). Luego agregamos una extensión del modelo de Royle y Nichols (2003) que asume una asociación entre las variaciones en abundancias con variaciones en la probabilidad de detección. Este supuesto se incorpora al modelo para obtener estimados de abundancias relativas (Yamaura *et al.*, 2011). El estimado de abundancia se interpreta como la abundancia relativa de cada especie en el área de muestreo según la metodología (Yamaura *et al.*, 2011; Beesley *et al.*, 2014). Por ejemplo, en el caso de trampas cámara, estos estimados se interpretan como el número de individuos que utilizan el área alrededor de la trampa cámara (Tobler *et al.*, 2015). De igual manera se interpretaría el estimado para roedores. Otra interpretación de este estimado es la “preferencia” por el sitio de uno o más individuos.

Es importante recalcar que este modelo incorpora estimados de probabilidades de detección ya que asumir que la probabilidad de detección es similar para todas las especies o que es de 1 introduce sesgos de muestreo (MacKenzie *et al.*, 2017). Bajo el modelo de Royle y Nichols (2003), se estiman dos parámetros de probabilidad de detección: la probabilidad de detectar individuos de cada especie y la probabilidad de detectar por lo menos un individuo en el punto de muestreo. Adicionalmente, parametrizamos el modelo para obtener un estimado derivado de riqueza de especies (número de especies) por punto de muestreo. Debido a que la mayoría de especies presentan rangos hogareños más grandes que los puntos de muestreo, el estimado de riqueza de especies se interpreta como el número de especies que utilizan el área de muestreo (MacKenzie *et al.*, 2017). Nuestro modelo describe la variable N_{ij} (abundancia relativa) con una distribución Poisson de la siguiente forma:

$N_{ij} \sim \text{Poisson}(\lambda_{ij})$, donde λ_{ij} es la media Poisson para la especie i en el punto de muestreo j . Luego asumimos que la abundancia podría ser influenciada por covariables de la siguiente forma:

$$N_{ij} \sim \text{Poisson}(\lambda_{ij}) \text{ con } \log(\lambda_{ij}) = \beta 1_i + x_j \beta 2_i$$

donde $\beta 1_i$ y $\beta 2_i$ son los parámetros estimados para la especie i y $\beta 1_i$ (el intercepto) es un efecto aleatorio por especie. Por consiguiente, nuestros modelos finales de abundancia son los siguientes:

Para mamíferos medianos y mayores por medio de trampas cámara:

$$\log(\lambda_{ij}) = \beta 1_i + \beta 2_i \text{ parque}_j$$

donde parque_j es la distancia del punto de muestreo al centro del parque

Nuestro modelo de probabilidad de detección (r_{ij}) era el siguiente:

$$\log(r_{ij}) = \alpha 1_i + \alpha 2_i \text{ den}_j$$

Donde den_j es un estimado de la densidad de la vegetación en el punto de muestreo j

Para roedores:

$$\log(\lambda_{ij}) = \beta 1_i + \beta 2_i \text{ bosque}_j + \beta 3_i \text{ mixto}_j + \beta 4_i \text{ abierto}_j + \beta 5_i \text{ pnll}_j$$

donde bosque, mixto y abierto representan las tres condiciones de paisaje distintas y *pnll* es una variable categórica que indica si el punto de muestreo se ubicaba dentro o fuera del Parque Nacional Laguna Lachua.

Nuestro modelo de probabilidad de detección (r_{ij}) era el siguiente:

$$\log(r_{ij}) = \alpha 1_i + \alpha 2_i \text{ abierto}_j$$

Donde *abierto_j* se refiere a la condición de bosque abierto o cerrado bajo el supuesto de que la probabilidad de detección puede variar según la condición del bosque. Para determinar si las covariables ejercían influencia negativa o positiva sobre las abundancias relativas por especie, se evaluó si los intervalos de confianza se traslapan y se evaluó la posición de su distribución con respecto al cero para evaluar la dirección (positiva o negativa) de la asociación.

Analizamos los modelos jerárquicos simultáneamente utilizando el paquete JAGS (Plummer, 2003) y el programa R (R Development Core Team, 2017). Corrimos tres cadenas paralelas con 400,000 iteraciones cada una, con una adaptación de 200,000 iteraciones y una tasa de raleo de 200. Evaluamos la convergencia de las cadenas utilizando el test de diagnóstico de Gelman-Rubin en el cual un estimado de $\hat{R} > 1.1$ indica bajas tasas de convergencia entre las cadenas (Brooks y Gelman, 1998; Kery, 2010). Usamos distribuciones a priori estandarizadas y no informativas para limitar su influencia sobre las distribuciones posteriores.

Percepción de Cacería: En este caso se hizo un estudio cualitativo que describió la percepción de cambio en la cacería

Identificación de ratones: Debido a la controversia en relación a la identidad de algunas especies de ratones, y para confirmar la identificación del tipo de ratón más común capturado, se procedió a realizar la amplificación y secuenciación de un

fragmento del gen mitocondrial citocromo b. Este trabajo se realizó en el “Laboratorio Molecular de Biodiversidad” de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, con apoyo de los estudiantes del curso de Formación Profesional 0089 Filogeografía. La extracción de ADN se realizó a partir de una pequeña muestra de tejido preservada en el campo con alcohol etílico al 95% y conservado en el laboratorio a aprox. -4°C. La extracción se realizó con el kit comercial “ReliaPrep gDNA Tissue Miniprep Sytem”, marca Promega, siguiendo los protocolos sugeridos por el fabricante. La amplificación por PCR del marcador mitocondrial citocromo b (cytb) se realizó utilizando dos cebadores universales MVZ05 (5’CCAAGCTTGATATGAAAACCATCGTTG3’) y MVZ26 (5’AGATCTTTGATTGTGTAGTAGGGGT3’). Para cada muestra, la mezcla para el PCR (Master Mix) consistió de 7ul de MgCl₂ 25mM, 10ul Buffer 5x sin colorante, 1ul de dNTP’s Mix 10mM, 5ul de cebador MVZ05 10uM, 5ul de cebador MVZ26 10uM, 0.25ul de GoTaq Polimerasa (Promega) y 20.25ul de H₂O ultrapura, para un producto final de 50ul. Se utilizó un termociclador MJ Research PTC-200, utilizando el siguiente protocolo de temperaturas: fase inicial de 4 minutos a 94°C, 34 ciclos de 1min94°C + 1min 50°C + 1min 72°C y una fase de elongación final de 4min a 72°C. Los productos del pcr se almacenaron aprox. a 8°C en un enfriador casero. Los productos de pcr fueron luego enviados a secuenciación Sanger a la empresa Macrogen, en Korea, dónde se utilizó un secuenciador ABI3730. Los cromatogramas de la secuenciación fueron luego editados y alineados manualmente con ayuda del programa GeneStudio ver. 2.2.0.0. Las secuencias resultantes fueron finalmente comparadas con las bases de datos de Genbank (National Center for Biotechnology Information, US National Library of Medicine) donde se obtuvieron los niveles de similitud para cada secuencia.

Diagnósticos de Patógenos. Se realizó el método de PCR punto final para las muestras de bazo de 46 roedores y muestras de cartílago de oreja de 3 roedores, extrayendo ADN mediante el kit Qiamp mini Prep DNA Qiagen, para luego amplificar la región de interés del gen Hsp70 de *Leishmania sp.* Se utilizó 1

marcador molecular. Todas las reacciones se llevaron a cabo utilizando la enzima Classic++™ Hot Start Taq, utilizando el termociclador MasterCycler Gradient 5331 (Eppendorf). Se prepararon las mezclas de reacción para la amplificación del marcador en microtubos de 1,5 ml y se dividieron en la cantidad respectiva en tubos de reacción de 0,2 ml.

Para el marcador *hsp70* se utilizaron los cebadores HSP70-F25 (5'-GGACGCCGGCACGATTKCT3-') y HSP70-R617 (5'-CGAAGAAGTCCGATACGAGGG-3') esperando un amplicón de 593 pares de base. Para el fragmento externo del marcador *hsp70* se utilizarán los primers HSP70sen (5'-GACGGTGCCTGCCTACTTCAA-3') y HSP70ant (5'-CCGCCCATGCTCTGGTACATC-3') con un amplicón esperado de 1 422 pb. Se corrieron geles de agarosa al 1.5 % durante 45 min a 100 voltios obteniendo bandas de 593 pb. Utilizando el protocolo del cuadro 1 temperaturas: fase inicial de 5 minutos a 95°C, desnaturalización 40 s. 94°C, hibridación de 35 ciclos de 1min 94°C + min 50°C + 1min 72°C y una fase de elongación final de 8 min a 72°C para *hsp70* (1422pb) y para *hsp70* (593pb) se modificó el protocolo para Extensión 1 min 72°C y Extensión Final 10 min. 72°C.

14 Vinculación, difusión y divulgación

Para la realización de la encuesta nos vinculamos con el líder comunitario Don Ramiro Tox Cao quien es el actual presidente de la asociación local -ADAWA-. Don Ramiro nos vinculó con los presidentes de Consejos Comunitario de Desarrollo -COCODES- y cazadores de las comunidades donde se realizaron las encuestas:, Senujá, Berjel 2, San Benito, Las Pacayas, San Jorge La Unión, Santa Marta, Las Tortugas, San Marcos, e Isla de las Tortugas. El proyecto en general fue presentado a los guardarecursos y autoridades del Parque Nacional Laguna de Lachua (PNLL) y se hizo una presentación de los resultados preliminares del estudio de percepción de la cacería en las comunidades mencionadas.

El estudio se presentará en el Parque Nacional Laguna de Lachua, se presentará a las autoridades y socios de ADAWA y se tiene en proceso realizar una publicación de los resultados en una revista indexada.

15 Productos, hallazgos, conocimientos o resultados:

La riqueza de especies que se documentó en la eco-región Lachuá fue de 35 especies (Tabla 3). Este total de especies se documentó por medio de cuatro procedimientos diferentes: 21 especies fueron registradas por medio de fotografías durante los 167 días de foto-trampeo; 11 especies fueron registradas durante los recorridos mensuales en 12 transectos para detectar huellas, rastros y avistamientos, siete especies de ratones fueron capturadas con esfuerzo total de 3,597 trampas/noche; 15 especies fueron reportadas durante las entrevistas realizadas a 30 cazadores y siete especies fueron reportadas por hallazgos dentro de la eco-región, realizados fuera de las metodologías antes mencionadas. La riqueza de especies registrada en los transectos durante el presente estudio y el realizado hace diez años (Hermes, 2010) es igual, 11 especies. Se realizó una estimación “ γ ” del ensamble de mamíferos detectados en los transectos, que fue de 11 especies \pm 0.3214, con una probabilidad de detección asociada igual a 0.3258.

Tabla 3
Mamíferos detectados por diferentes métodos en la eco-región Lachuá 2019

#	NOMBRE		Formas de detección					Tamaño*
	CIENTÍFICO	LOCAL	DM	TC	TT	EC	OR	
DIDELPHIMORPHIA								
Didelphidae								
1	<i>Didelphis marsupialis</i> (Linnaeus, 1758)	Tacuazín	X	X		X		M
2	<i>Didelphis virginiana</i> (Allen, 1900)	Tacuazín blanco		X				M
3	<i>Philander opossum</i> (Linnaeus, 1758)	Tacuazín cuatro ojos		X				M
CINGULATA								
Dasypodidae								
4	<i>Dasypus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Armadillo	X	X		X		M
5	<i>Cabassous centralis</i> (Miller, 1899)	Tumboarmado		X				M
PILOSA								
Myrmecophagidae								
6	<i>Tamandua mexicana</i> (Saussure, 1860)	Oso hormiguero		X			X	M
PRIMATES								
Atelidae								
7	<i>Alouatta pigra</i> (Lawrence, 1933)	Mono aullador negro					X	M
8	<i>Ateles geoffroyi</i> (Kuhl, 1820)	Mono araña						M
RODENTIA								
Sciuridae								
9	<i>Sciurus sp</i>	Ardilla		X		X		P
Heteromyidae								
10	<i>Heteromys desmarestianus</i> (Gray, 1868)					X		P
Geomyidae								
	<i>Orthogeomys sp.</i>	Taltuza					X	P
Cricetidae								
11	<i>Otodylomys phyllotis</i> (Merriam, 1901)					X		P
12	<i>Oryzomys melanotis</i> (Thomas, 1893)					X		P
13	<i>Oryzomys rostratus</i> (Merriam, 1901)					X		P
14	<i>Oryzomys couesi</i> (Alston, 1877)					X		P
15	<i>Sigmodon toltecus</i> (Saussure, 1860)					X		P
16	<i>Sigmodon sp2</i>					X		P
17	<i>Reithrodontomys gracilis</i> (J.A. Allen & Chapman, 1897)					X		P
Cuniculidae								
18	<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1766)	Tepezcuintle	X	X		X		M
Dasyproctidae								

19	<i>Dasyprocta punctata</i> Gray, 1842	Cotuja	X	X	X		M
Erethizontidae							
20	<i>Sphiggurus mexicanus</i> (Kerr, 1792)	Puercoespín					M
CARNIVORA							
Felidae							
21	<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (Geoffroy Saint-Hilaire, 1803)	Yaguarundi		X			M
22	<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821)	Ocelote	X	X			M
23	<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Margay		X			M
24	<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Puma		X			G
25	<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	Jaguar	X		X	X	G
Mephitidae							
26	<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1785)	Zorrillo	X	X			M
Mustelidae							
27	<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	Perico ligero		X	X		M
Procyonidae							
28	<i>Nasua narica</i> (Linnaeus, 1766)	Pizote		X	X		M
29	<i>Potos flavus</i> (Schreber, 1774)	Micoleón				X	M
30	<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)	Mapache	X	X	X		M
ARTIODACTYLA							
Cervidae							
31	<i>Odocoileus virginianus</i> (Zimmermann, 1780)	Venado cola blanca		X	X		G
32	<i>Mazama temama</i> (Kerr, 1792)	Cabruto	X	X	X		G
Tayassuidae							
33	<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	Coche de monte	X	X	X		G
34	<i>Tayassu pecari</i> (Link, 1795)	Jabalí		X	X		G
PERISSODACTYLA							
Tapiridae							
	<i>Tapirella bairdii</i> (Gill, 1865)	Tapir	X	X	X		G
LAGOMORPHA							
Leporidae							
35	<i>Sylvilagus floridanus</i> (J.A. Allen, 1890)	Conejo					
TOTAL			11	22	7	15	4

Nota: DM (transectos); TC (Trampas cámara); TT (Trampas sherman); EC (Entrevistas Cazadores); OR (Reportes durante otras actividades); T =Tamaño (G=Grande, M= mediano y P=pequeño). *Tamaño: mamíferos adultos pequeños que no sobrepasan 1 kg de masa corporal; mamíferos adultos medianos que no sobrepasan 35 kg de masa corporal y son mayores de 1 kg, y mayores son aquellos que sobrepasan los 35 kg en su edad adulta (Powel y Proulx, 2003)

En el caso de la riqueza de especies, reportada por transectos en el PNLL (Figura 3), cabe mencionar que la mayor riqueza detectada fue encontrada en el área norte del PNLL, donde se encuentra la carretera que fragmenta al parque, y al área sureste del polígono del PNLL paralelo al área Rocjá Pontila. Este resultado coincide con otros métodos de detección utilizados en este estudio. Por ejemplo, la distribución detectada por trampas cámara para varios mamíferos medianos y grandes es similar (Figura 4).

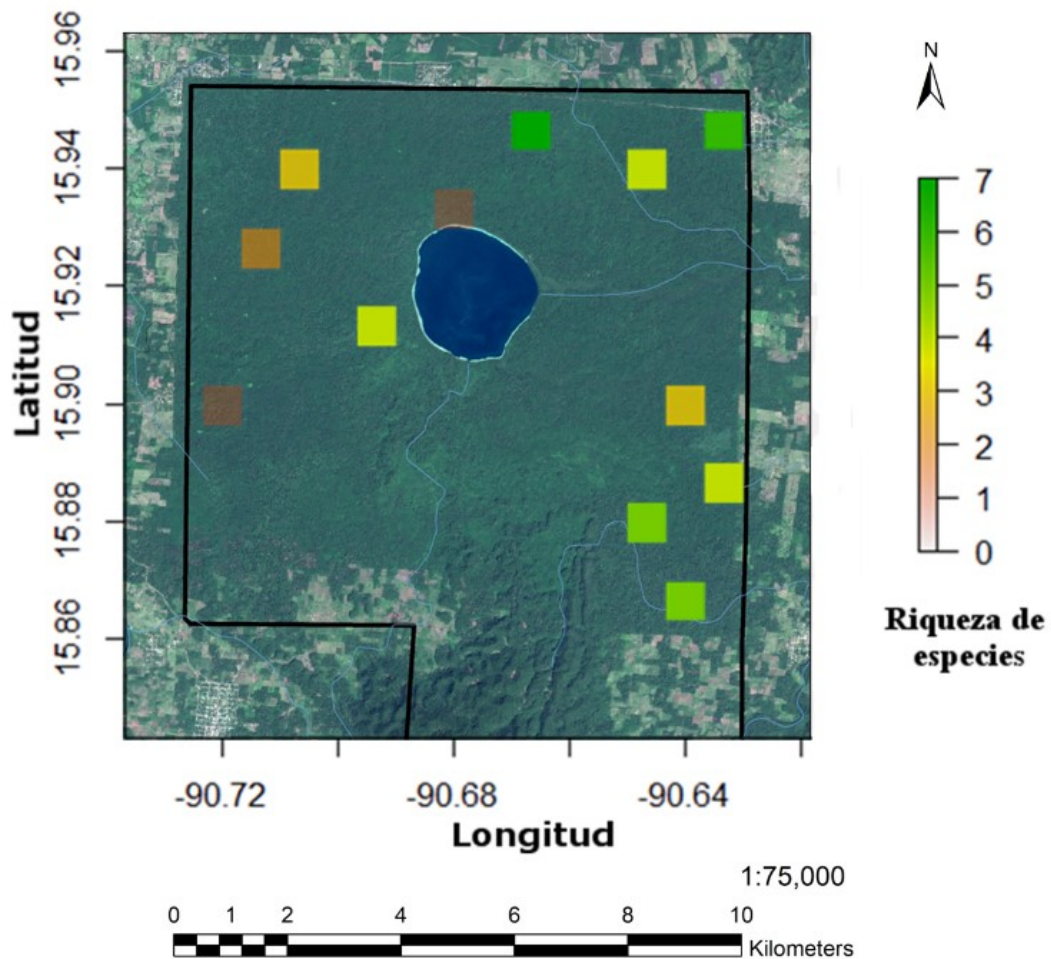


Figura 3. Riqueza de especies de mamíferos medianos y grandes observada en los transectos de signos realizadas por los guardarrecursos del PNLL en el año 2019.

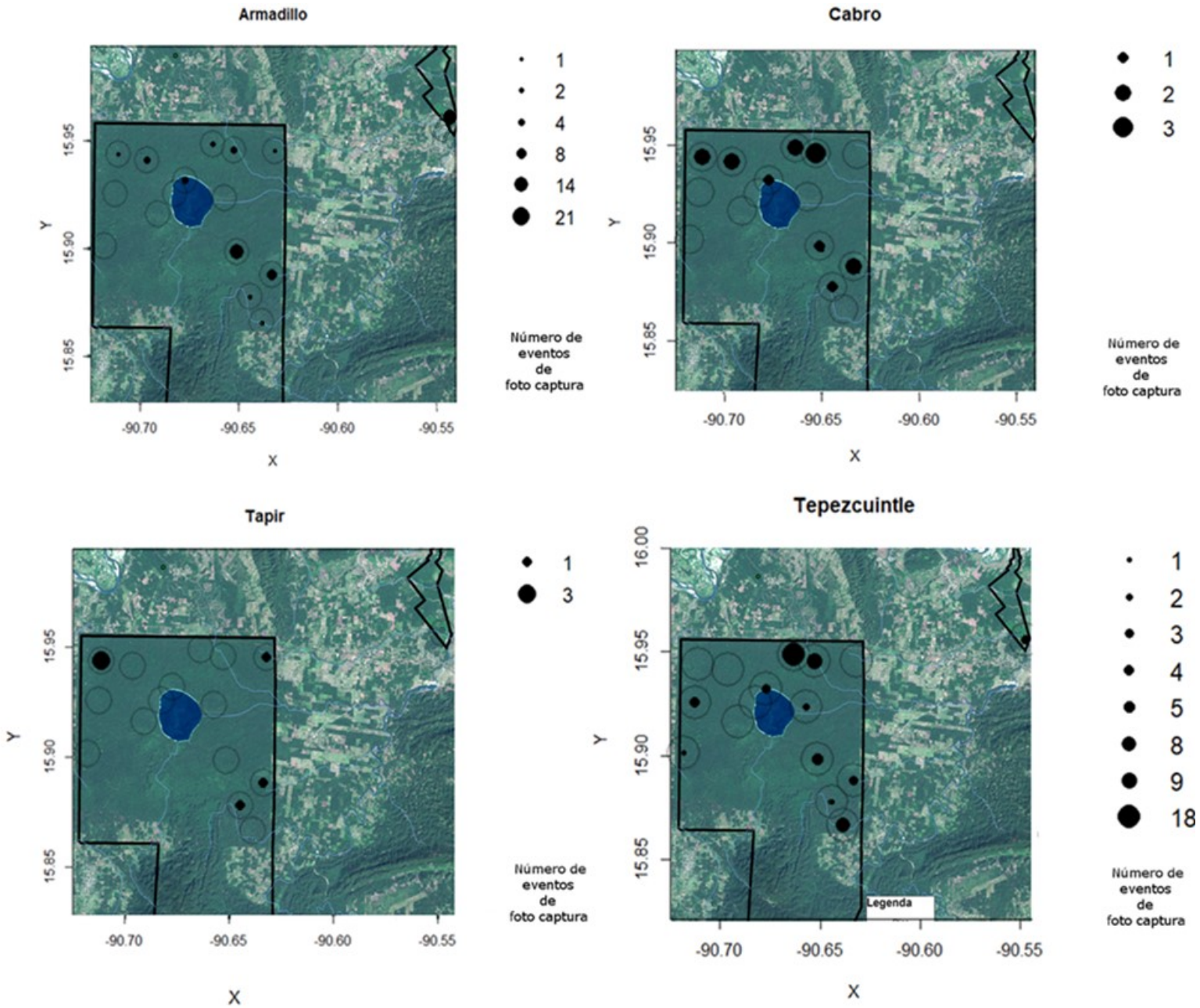


Figura 4. Distribución espacial de los eventos de foto captura detectada por estaciones de trampas cámara de la eco-región Lachuá de abril a septiembre de 2019 de especies haciendo referencia a las especies con tasa de ocurrencia estimada por medio de transecto de signos (Tabla 2).

Se hizo la estimación de la tasa de ocurrencia y probabilidad de detección a posteriori de especies de mamíferos medianos y mayores en los transectos muestreados por los guardarrecurso dentro del PNLL (Tabla 4). Las tasas y probabilidades obtenidas en este estudio fueron utilizadas para hacer comparativas históricas de las especies donde fue posible generar estimaciones.

Tabla 4

Tasas de ocurrencia y probabilidad de detección del método de transectos de signos para una comparación histórica en el PNLL

Especie	Año ^a	Ψ ^b	ΨIC 95% ^c	p_g ^d	p_o ^e	pIC 95% ^f
Armadillo	2019	0.83	0.52 - 0.96	1.00	0.40	0.16 - 0.70
	2009 ^δ	0.93	0.19 - 0.99*	0.87	0.29	0.19 - 0.42
Cabruto	2019	0.31	0.12 - 0.59	1.00	0.75	0.24 - 0.97
	2009 ^δ	0.91	0.53- 0.99	0.96	0.41	0.30 - 0.52
Jaguar	2019	0.58	0.55 - 0.96	1.00	0.09	0.01 - 0.44
	2009 ^δ	1.00	0.99 - 1.00	0.71	0.19	0.12 - 0.27
Tapir	2019	0.81	0.42 - 1.00	0.38	0.0001	-0.53
	2009 ^δ	0.45	0.23 - 0.69	0.97	0.44	0.29 - 0.59
Tepezcuintle	2019	0.62	0.34 - 0.83	1.00	0.25	0.06 - 0.62
	2009 ^δ	0.46	0.23 - 0.70	0.96	0.41	0.26 - 0.57

Nota: *Las estimaciones fueron desarrolladas a partir del mejor modelo seleccionado.* ^a Año = año de realización del muestreo en PNLL; ^b Ψ = tasa de ocurrencia estimada; ^c Ψ IC 95% = intervalo de confianza al 95% de Ψ ; ^d p_g = probabilidad de detección general; ^e p_o = probabilidad de detección por ocasión de muestreo; ^f p IC 95% f = intervalo de confianza al 95% de p_o ; * Muestreos para los cuales los parámetros estimados tienen poca precisión (amplios Ψ IC 95%); ^δ Datos de Hermes, 2010

A continuación, se presenta una tabla que muestra las comunidades encuestadas, las características socio económicas básicas (género, alfabetismo, y frecuencia por rangos de edad de los cazadores que hicieron la encuesta).

Tabla 5
Información demográfica básica de las comunidades estudiadas

Comunidades	Aceptaron encuesta		Sexo		Sabe Leer		Rangos edad	f
	Si	No	M	F	Si	No		
Senujá	5	0	5	0	1	4	(23-31)	11
Berjel 2	2	0	2	0	0	2	(32-43)	10
San Benito	4	3	7	0	2	1	(44-55)	04
Las Pacayas	8	0	7	1	4	3	(55-66)	05
San Jorge la Unión	5	0	5	0	3	2		
Santa Marta	6	0	6	0	4	2		
Las Tortugas	0	3	3	0	SD	SD		
San Marcos	0	5	5	0	SD	SD		
Isla de Tortugas	0	3	3	0	SD	SD		
Totales	30	14	43	1	14	14	N =	30

Nota: Los rangos de edad de los cazadores corresponden a las comunidades: Senujá, Berjel 2, San Benito, Las Pacayas, San Jorge la Unión, y Santa Marta. Clave: M= masculino, F=femenino, SD=sin dato, f=frecuencia.

Tabla 6
Percepción de la actividad de cacería antes y en la actualidad

Comunidad	Antes	Actualmente
Senujá	5	2
Berjel 2	6	2
San Benito	4	2
Las Pacayas	7	4
San Jorge la Unión	5	2
Santa Marta	9	5
Promedio	6.0	2.8

La tabla muestra los resultados de la percepción de las especies cazadas antes (10 años atrás) y ahora. Es fácil apreciar que según la percepción de los cazadores encuestados la oferta de cacería antes era el doble que en la actualidad.

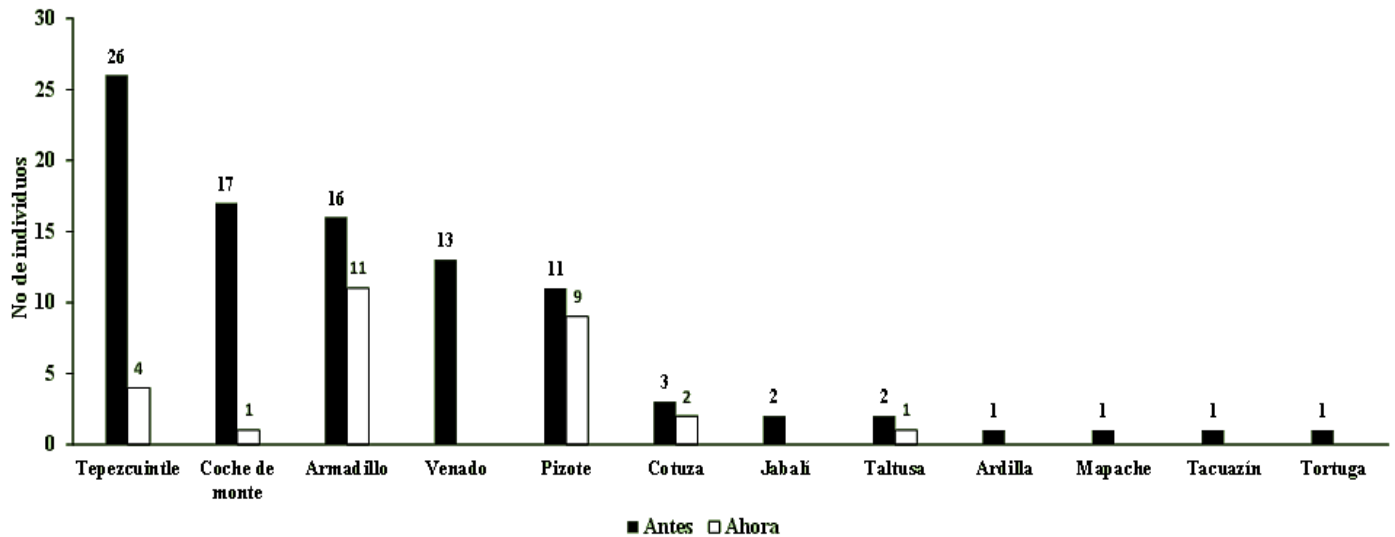


Figura 5. Percepción temporal de la cacería en la eco-región Lachuá.

Percepción de los cazadores en relación a lo número de individuos por especie antes (10 años atrás), en comparación al número de individuos por especie que se cazan en la actualidad (2019) en el área de estudio. La prueba de U' mostró que existe diferencia entre la percepción de las especies cazadas antes (hace 10 años), y las cazadas en la actualidad entre los cazadores de las comunidades estudiadas. ($N_{antes} = 6$, $N_{actualidad} = 6$. $U = 2.5$. p valor = 0.0136.

En la Figura 5 se observa que la percepción de la riqueza y número de individuos por especie es mayor (94 individuos de 12 especies) en la cacería realizada antes (10 años atrás) y la percepción de la caza actual (28 individuos de 6 especies). Este patrón es similar al encontrado por Rosales-Meda, Hermes y Morales (2010), donde se muestra que en el período 2000-2001 9 cazadores obtuvieron 393 individuos correspondientes a 15 especies de mamíferos y 24 de aves, en contraste con el año 2004 donde 36 cazadores obtuvieron 119 individuos correspondientes a 11 especies de mamíferos y 8 de aves.

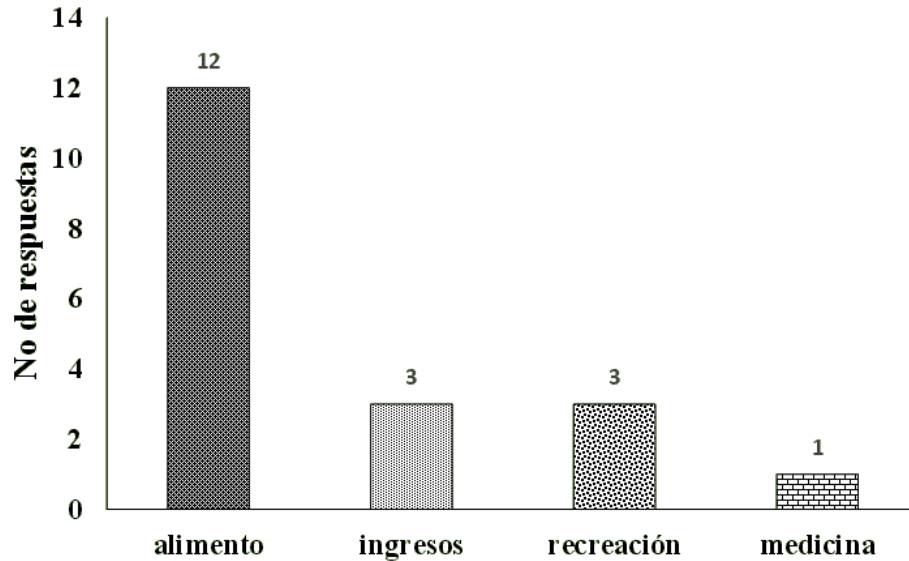


Figura 6. Percepción de la motivación de caza en seis comunidades del área de estudio

La encuesta registró las motivaciones para realizar la actividad de caza, en esta pregunta se consideraron las categorías: a) cazar para la obtención de alimento, b) para la venta con la finalidad de ingresos económicos, c) por recreación o deporte d) para uso medicinal y e) Se solicitó que se mencionara otro factor, el cual en la encuesta fue cero.

La comprensión actual de la caza ilegal y la caza denominada de subsistencia se ve obstaculizada por la falta de datos. Además se aborda fundamentalmente como una preocupación de conservación en lugar de verla como un problema de pobreza y desarrollo (Duffy, St John, Büscher & Brockington 2016).

FAO (2011) estima que en 62 países la carne de monte y pescado representa al menos el 20% del total de la proteína consumida (Vanegas, Van Vliet, Cruz y Sandrin 2016). Es así como la carne de monte es considerada un recurso determinante de las condiciones de seguridad alimentaria (Fa, Currie & Meeuwig 2003), la cual no se obtiene a través de la extracción directa, por la práctica de cacería, sino también por medio de actividades comerciales siendo fuente de ingresos económicos para los habitantes del los bosques húmedos tropicales que no necesariamente viven en condiciones de pobreza (Restrepo 2012)

En el estudio se pudo observar que la cacería que se practica en la eco-región de Lachuá debe entenderse como cacería comunitaria y no estrictamente como cacería de subsistencia. La caza se practica con la finalidad de complementar la dieta, en lógicas de intercambio, generar ingresos y recreación. El producto de la caza se complementa con las prácticas agropecuarias crianza de cerdos, gallinas y pavos para garantizar la seguridad alimentaria y las comidas rituales (Hernández y Olmos 2015).

La caza se practica con la finalidad de complementar la dieta, cómo lógicas de intercambio, generar ingresos y recreación. Los productos de la caza se complementan con las prácticas agropecuarias crianza de cerdos, aves de corral en especial pavos para garantizar la seguridad alimentaria (Hernández y Olmos 2015)

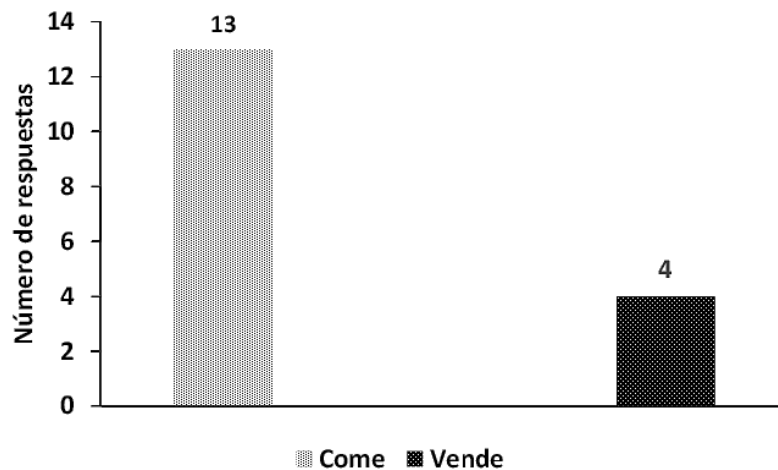


Figura 7. Destino de los productos de la caza

El destino final de los productos (carne) y subproductos de la caza (cuero, astas, pesuñas, cola, caparazón) se muestra en la Figura 7.

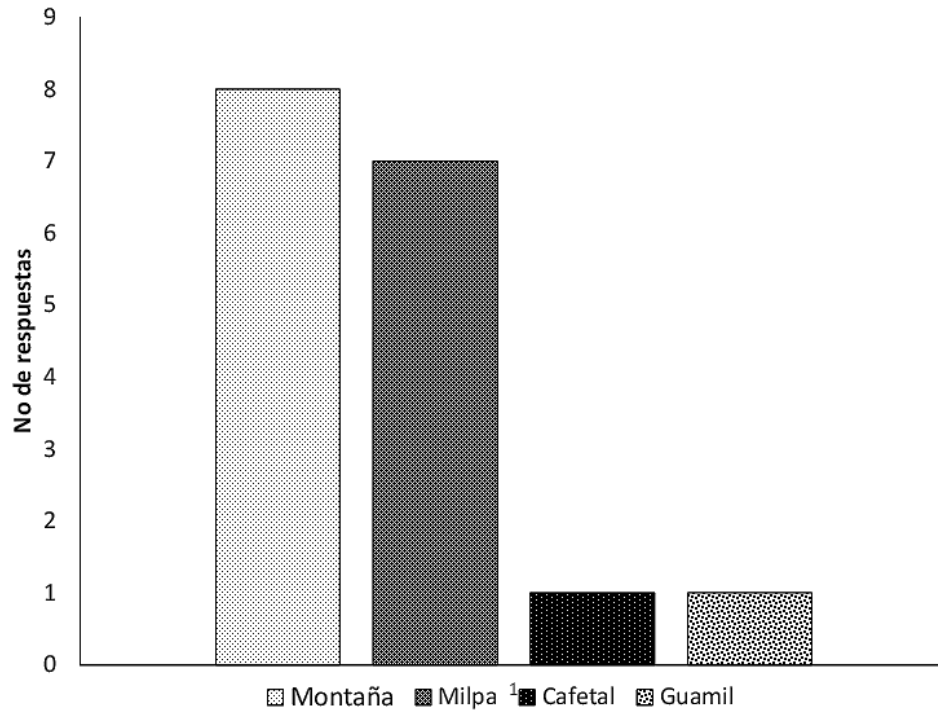


Figura 8. Sitios utilizados para la práctica de caza

Se presenta la gráfica que muestra los sitios más utilizados por los cazadores para practicar la caza de animales silvestres. Por montaña se debe entender los espacios con pendiente o relativamente planos de bosque latifoliado en la ecorregión de Lachuá.

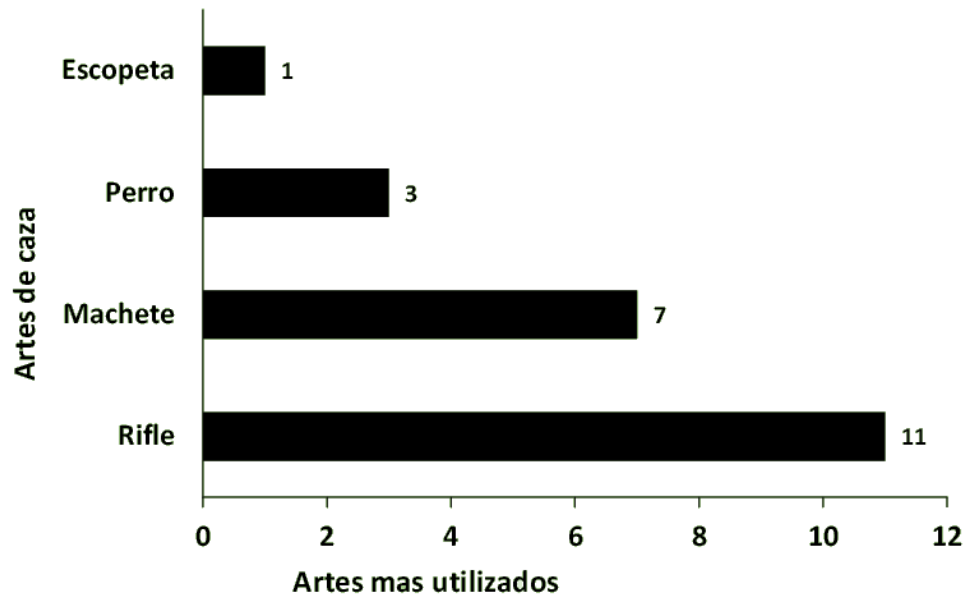


Figura 9. Artes de caza utilizados en las comunidades encuestadas

Las artes de caza no registraron el uso de trampas, sobre todo el uso de trampas tradicionales como la trampa de pesos muertos descrita por Wisdom (1961) y utilizadas por los q'eqchi'es desde antaño (Morales, 1993). Cabe mencionar del registro de una mujer cazadora perteneciente a la comunidad Las Pacayas, condición especial en la ecorregión de Lachuá ya que no es frecuente encontrar a mujeres que se dediquen a esta práctica. Existe poca información del rol de las mujeres en la actividad de caza, no obstante, existen estudios como el de los grupos Qom en el Chaco Argentino que muestran los roles en la actividad de caza de las mujeres, condición que les da estatus y capacidad autoabastecimiento reconocida en sus comunidades (Medrano, 2012).

A continuación, se presentan los argumentos registrados por los cazadores de las comunidades que no quisieron participar en la encuesta.

Tabla 7

Argumentos de los cazadores que no aceptaron realizar la encuesta

Comunidades / cazadores	Argumentos / Justificación
1. Las tortugas	Argumentaron que no participaban en la encuesta pues había Estado de Sitio y que hablar de cacería les podría traer problemas. Además, que estaban enterados que habían detenido a unos cazadores en el Parque y que no tenían confianza de hablar de la cacería.
2. San Marcos	Están muy cerca del Parque Nacional Laguna de Lachuá y que por esto mejor no hablar del tema de cacería. (percepción de los encuestadores).
3. Isla de las Tortugas	Tres personas dijeron que en la comunidad no había cazadores, ya que la mayoría de hombres se fueron para Estado Unidos.
4. San Benito (3 cazadores)	No quisieron participar en la encuesta. Los tres eran mestizos

En total se colectaron 51 especímenes de ratones: 7 para la condición A (Bosque), 29 en condición B (zona muy perturbada) y 15 en condición C (mixto). El éxito de captura fue mayor en B (0.0242 ratones/trampa/noche), seguido de C (0.0125) y el sitio con éxito de captura más bajo fue A (0.0058). Los 51 especímenes corresponden a ocho especies de ratones (Tabla 7). El grupo de ratones más común fue Sigmodontinae (*Oryzomys melanotis*, *O. rostratus*, *O. couesi*, *Sigmodon toltecus* y *Sigmodon* sp2), seguido de Heteromyidae (*Heteromys desmarestianus*) y Cricetidae (Neotominae: *Reithrodontomys gracilis*). 49 muestras corresponden a ejemplares completos que fueron preparados como pieles de estudio, una muestra deteriorada que fue preparada como ejemplar en líquido (fijado en formalina y preservado posteriormente en alcohol etílico al 70%) y un fragmento de cola que fue también preservado en líquido. Todos los ejemplares fueron ingresados y catalogados en la colección de mamíferos de referencia USAC, de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, con los números de catálogo USAC6282-6332.

Tabla 8
Frecuencias absolutas de capturas de ocho especies de roedores en tres condiciones de paisaje

Condición	A: BOSQUE			B: PERTURBADO			C: MIXTO					
	P2	M1	A1	R2	L2	L1	P1	U2	S1	s2	r2	S1
<i>Hetermoys desmarestianus</i>	1	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Otodylomys phyllotis</i>	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0
<i>Oryzomys melanotis</i>	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0
<i>Oryzomys rostratus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oryzomys couesi</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sigmodon toltecus</i>	0	0	0	0	1	3	0	8	6	1	1	4
<i>Sigmodon sp2</i>	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	2
<i>Reithrodontomys gracilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
TOTAL	1	0	4	2	6	7	0	16	7	1	1	6

Nota: P2=Pista transecto 2; M1= muelle transecto 1; A1=Aguada transecto 1; R2=Rocj transecto 2; L2=Santa Luca transecto 2; L1=Santa Luca transecto 1. P1=Las Promesas transecto 1; U2=Unin Buena Vista transecto 2, S1=Senuj bosque transecto 1; s2=Senuj parcela transecto 2; r2=Rocj aldea transecto 2; S1=San Luis Palo Grande transecto 1.

Tabla 9
Resumen de las frecuencias de captura para los tres tratamientos

Especies	A	B	C	TOTAL
<i>Hetermoys_desmarestianus</i>	6	1	0	7
<i>Otodylomys_phyllotis</i>	0	3	2	5
<i>Oryzomys_melanotis</i>	0	2	2	4
<i>Oryzomys_rostratus</i>	0	1	0	1
<i>Oryzomys_couesi</i>	1	0	0	1
<i>Sigmodon_toltecus</i>	0	11	13	24
<i>Sigmodon_sp2</i>	0	3	3	6
<i>Reithrodontomys_gracilis</i>	0	0	3	3
TOTAL	7	21	23	51

En el caso de *Sigmodon*, las secuencias parciales del gen citocromo b (cytb), comparadas con las disponibles en Genbank confirmaron la identificación de la especie *S. toltecus*, con cerca de 99% de similitud:

```

“ATGACAATCATACGAAAGAAACACCCGCTACTCAAATTA
TTAACCACACTCATTATTGATCTTCCAACCCCATCTAACATCT
CTTCCTGATGAAATTTGGCTCACTCCTTGGCATCTGCCTTG
TAATCCAAATTCTCACCGGCCTATTTTTAGCCATACACTAT
ACATCCGACACTGCCACAGCATTCTCCTCAGTCACACACAT
CTGCCGAGACGTAAACTATGGTTGATTAATCCGTTATCTTC
ACGCTAATGGGGCTTCCATATTCTTTATCTGCTTATTTCTCC
ATGTCGGGCGAGGTATTTATTACGGCTCTTTCATACTCCAT
GAAACGTGAAACATTGGGATTGTTCTATTCTCGCAGTTAT
AGCTACAGCATTGTGGGCTATGTTCTCCCATGAGGCCAAA
TATCCTTCTGAGGGGCGACAGTAATTAATACTTCTCTCA
GCCATCCCCTACATCGGCCCTCTCTAGTAGAGTGAATTTG
AGGAGGCTTCTCAGTCGATAAAGCTACCTTAACACGCTTCT
TCGCATTCCACTTTATTTACCATTTATTATCACAGCCCTCG
TCCTAGTCCATCTTCTCTTCTTACGAAACAGGCTCTAAC
AACCTTCAGGCCTAAATTCAGACTCGGACAAAATCCCTTT
CCACCCTTATT”.
```



Figura 10. Secuencia genética del gen citocromo b (cytb) de *Sigmodon toltecus* (izquierda). Vista dorsal (abajo) y ventral (arriba) de dos pieles de estudio de la especie más común, *Sigmodon toltecus*, capturada durante el estudio (derecha)

La prueba de Kruskal-Wallis para igualdad de medias indica que hay una diferencia significativa entre las medias de todos los tratamientos ($H[\chi^2]$: 8.09; p :0.3838). Pruebas pareadas de χ^2 indican que las abundancias de A (Bosque) difieren significativamente de las otras dos condiciones (B, perturbado y C, mixto), pero que estas últimas no difieren significativamente (Tabla 9).

Tabla 10

Resultados de la prueba de Chi-cuadrado para las condiciones pareadas A, B y C

Sitios	A	B
B	$\chi^2= 23.43$; g. l.= 6; $p = 0.000665^{**}$	
C	$\chi^2= 30$; g. l. = 6; $p = 3.9308E-05^{**}$	$\chi^2: 5.2867$; g. l.= 6; $p: 0.5076$

Se hizo una estimación de la abundancia y probabilidad de detección *a posteriori* de las especies de ratones utilizando el modelo jerárquico multiespecies bayesiano, para las tres condiciones (A, B y C) separadas y agrupando B+C. El modelo predice la presencia de todas las especies en todos los tratamientos, aunque con probabilidades de detección muy bajas para la mayoría de los casos. Cabe mencionar que el valor máximo de Rhat fue de 1.001 y el valor promedio de 1.001, lo cual indica convergencia de las cadenas.

Tabla 11
Abundancia y probabilidad de detección para las especies de ratones en las tres condiciones de paisaje

Especie	SITIO	A		B		C	
		Abundancia	Pd	Abundancia	Pd	Abundancia	Pd
<i>Heteromys desmarestianus</i>		0.97	0.05	0.26	0.48	0.09	0.07
<i>Otodylomys phyllotis</i>		0.01	0.02	0.27	0.48	0.18	0.08
<i>Oryzomys rostratus</i>		0.01	0.03	0.27	0.48	0.10	0.07
<i>Sigmodon toltecus</i>		0.01	0.01	0.95	0.95	0.43	0.15
<i>Sigmodon sp2</i>		0.01	0.02	0.42	0.56	0.18	0.08
<i>Oryzomys melanotis</i>		0.01	0.03	0.26	0.48	0.28	0.13
<i>Oryzomys couesi</i>		0.20	0.04	0.14	0.42	0.09	0.07
<i>Reithrodontomys gracilis</i>		0.01	0.02	0.14	0.42	0.18	0.14

Nota: A = Paisaje Bosque; B = Paisaje Abierto; C = Paisaje Mixto; pc = probabilidad de detección por condición

Tabla 12
Abundancia y probabilidad de detección para las especies de ratones para los dos tipos principales de paisaje

Especie	Dentro	Fuera
<i>Hetermoys_desmarestianus</i>	0.97	0.15
<i>Otodylomys_phyllotis</i>	0.01	0.22
<i>Oryzomys_rostratus</i>	0.01	0.14
<i>Sigmodon_toltecus</i>	0.01	0.81
<i>Sigmodon_sp2</i>	0.01	0.29
<i>Oryzomys_melanotis</i>	0.01	0.29
<i>Oryzomys_couesi</i>	0.20	0.09
<i>Reithrodontomys_gracilis</i>	0.01	0.14

Nota: (A) Dentro del Parque Nacional Lachuá - PNLL y (B+C) fuera del parque PNLL

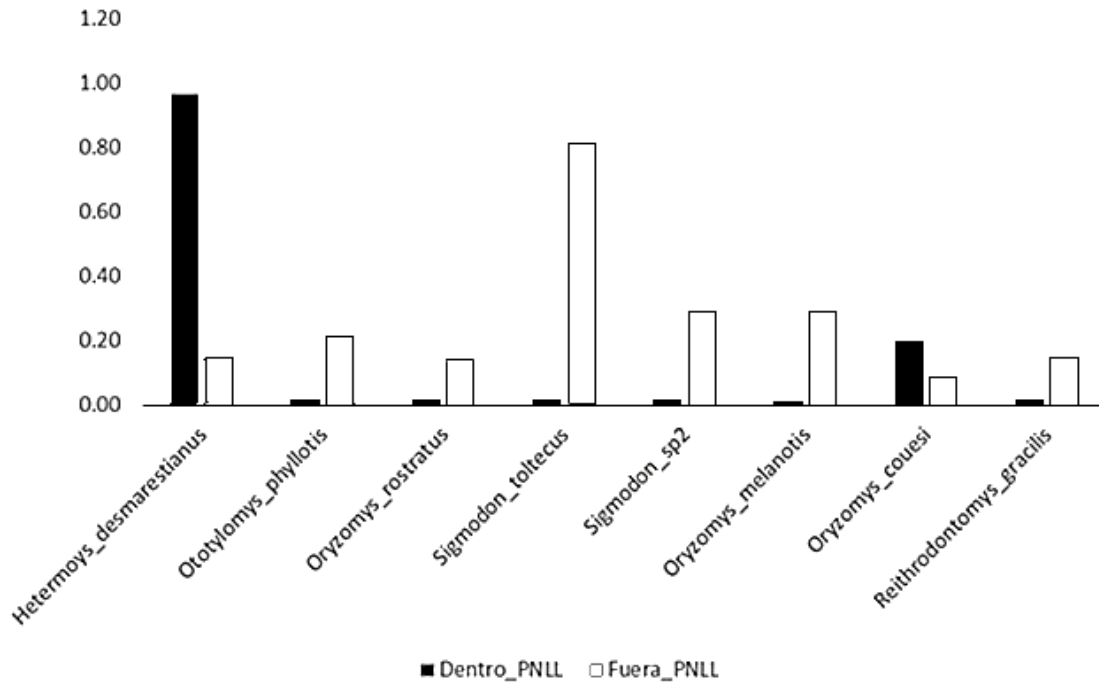


Figura 11. Abundancia estimada para las especies de ratones para los dos tipos principales de paisaje, dentro del Parque Nacional Lachuá - PNL (A) y fuera del parque PNL (B+C)

Patógenos zoonóticos

De los 51 roedores capturados, únicamente se obtuvo muestras de 49 individuos. En total se obtuvieron 499 muestras: 48 sueros sanguíneos, 48 muestras de sangre en tarjetas FTA, 48 biopsias de piel, 49 riñones, 46 bazo, 49 hígados, 48 pulmones, 49 corazones, 49 intestinos completos, y 18 vejigas urinarias plétoras. Para el Trioplex, se utilizaron 46 bazo y 3 hígados, para diagnosticar *Brucella*, *Bartonella*, y *Yersinia*; las 49 muestras fueron positivas. Para el PCR de *Leishmania* sp. se utilizaron las extracciones del bazo y para completar el análisis se extrajo ADN de tres biopsias de piel; Solo una muestra fue positiva, la especie fue *Ototylomys phyllotis* en la condición B, transecto Unión Buena Vista. Los 49 intestinos fueron evaluados para buscar parásitos adultos, y procesar las excretas para detectar huevos. Los resultados preliminares son 29 individuos fueron positivos a parasitosis gastrointestinal (Tabla 12). El primer análisis de los huevos identificados, indica la presencia de al menos 5 morfoespecies de parásitos, las cuales se han identificado preliminarmente como *Nippostrongylus* sp., *Trichuris* sp., *Eimeria* sp., las otras dos corresponden

a larvas en estadio 1 encontradas en dos individuos y nematodos adultos en dos muestras, estos aún no se han identificado (Tabla 13). No existe evidencia que alguno de las especies identificadas hasta el momento sea zoonótica, sin embargo, podría utilizarse de indicador de salud de los roedores en las diferentes condiciones.

Tabla 13

Número de individuos positivos por especie de roedor colectado en las diferentes condiciones de paisaje

Especies	A	B	C	TOTAL
<i>Sigmodon sp. 2</i>	0/0	4/5	1/3	5/8
<i>Heteromys desmarestianus</i>	6/6	1/1	0/0	4/7
<i>Oryzomys melanotis</i>	0/0	2/3	0/1	2/4
<i>Oryzomys couesi</i>	1/1	1/1	0/0	2/2
<i>Otodylomys phillotis</i>	0/0	2/5	0/0	2/5
<i>Reintodontomys gracilis</i>	0/0	2/3	0/0	2/3
<i>Sigmodon toltecus</i>	0/0	7/10	5/10	12/20
TOTAL	7/7	19/28	6/14	29/49

Tabla 14

Número de roedores positivos a parasitosis en los tres tratamientos

Condición	A			B				C				TOTAL	
	P2	M1	A1	R2	L2	L1	P1	U2	S1	s2	r2		S1
<i>Nippostrongylus sp.</i>	0	0	1	1	2	4	0	4	1	1	1	3	18
<i>Nippostrongylus sp., Eimeria sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1	0	0	5
<i>Nippostrongylus sp., L1 morfoespecie 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
<i>Nippostrongylus sp., Trichuris sp.</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Adultos morfoespecie 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
TOTAL	0	0	2	2	2	5	0	11	1	2	1	3	29

Nota: P2=Pista transecto 2; M1= muelle transecto 1; A1=Aguada transecto 1; R2=Rocjá transecto 2; L2=Santa Lucía transecto 2; L1=Santa Lucía transecto 1. P1=Las Promesas transecto 1; U2=Unión Buena Vista transecto 2, S1=Senujá bosque transecto 1; s2=Senujá parcela transecto 2; r2=Rocjá aldea transecto 2; S1=San Luis Palo Grande transecto 1.

El análisis de regresión lineal simple, realizado a partir de la proporción de positivos por capturas en cada transecto, muestra un efecto del sitio en la positividad a parasitosis, por un 85% (Apéndice

1.3). Se hizo una estimación de abundancia, riqueza y probabilidad de detección *a posteriori* de las especies de mamíferos medianos y grandes utilizando el modelo jerárquico multispecies bayesiano, para las tres condiciones (bosque, fragmento y borde); sin embargo, no se utilizó los valores de abundancia de estos resultados debido a que los intervalos de confianza de los estimados eran muy amplios y el número de trampas activas (Figura 12) probablemente fue bajo (9 estaciones/25 días). Por lo que solo se representa la riqueza de especies basado en los eventos de fotocaptura en la ecoregión (Figura 12).

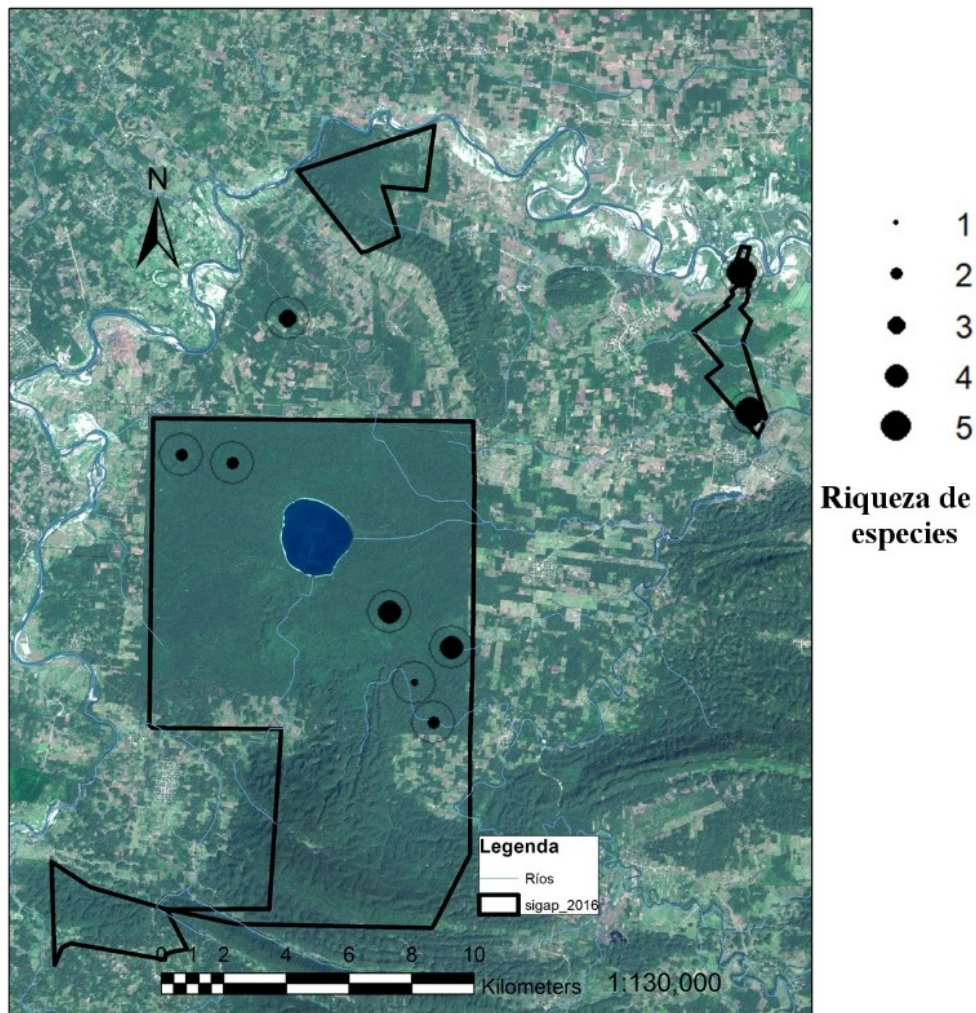


Figura 12. Riqueza de especies de mamíferos detectada por estaciones de trampa cámara de la ecoregión Lachuá de abril a septiembre de 2019; Estaciones de fototrampeo = 3 para cada condición de bosque; Esfuerzo=25 trampa/día; Cámara marca Moultrie®

La estimación de riqueza *a posteriori*, utilizando el modelo jerárquico multiespecies bayesiano para las tres condiciones (bosque, fragmento y borde), se comparó descriptivamente para las condiciones (Figura 13). Esta comparación nos da información que muestra una mayor riqueza de mamíferos en los fragmentos menores de bosque. Cabe mencionar que esta riqueza está compuesta en su mayoría por especies de peso mediano (ej. Cotuja, Armadillo, Tepezcuintle). En contraste, las áreas de bosque y borde del bosque del PNLL presentaron riqueza menor, pero con animales de mayor peso (ej. Tapir, cabrito, coche de monte, etc.), más vulnerables a la perturbación y de gran valor para la conservación.

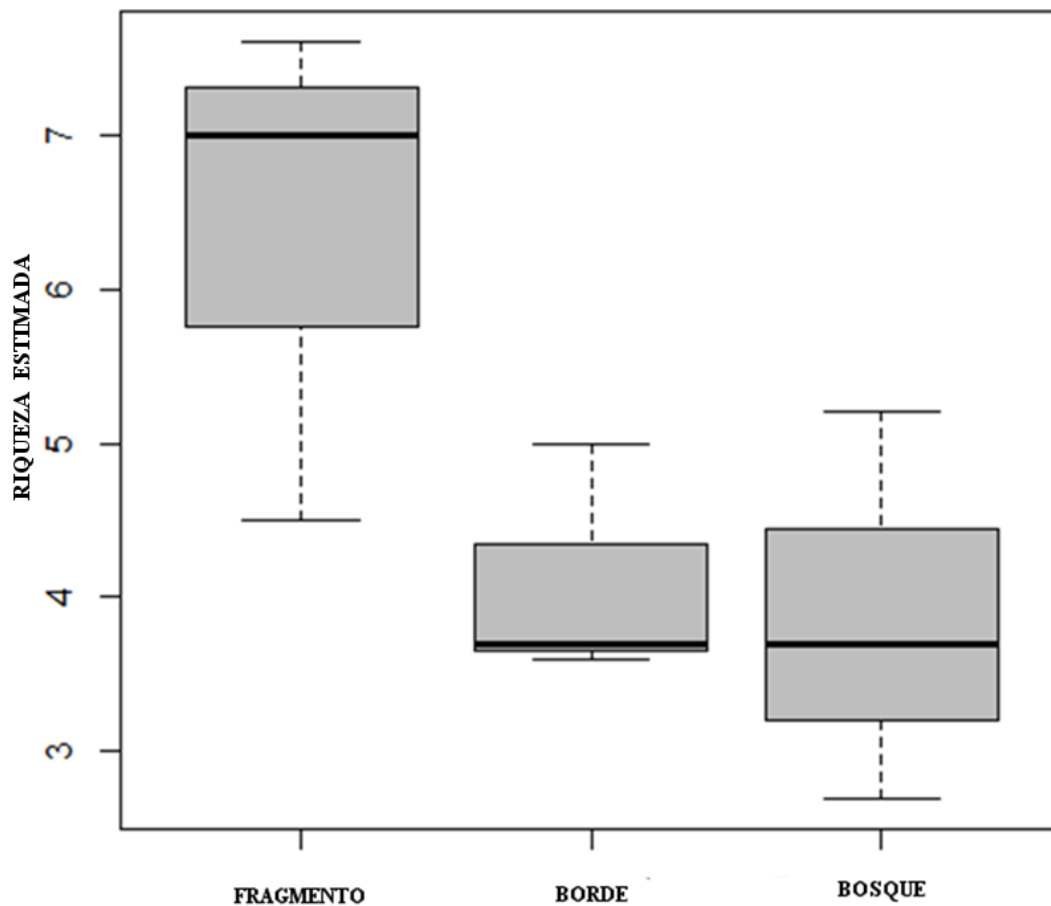


Figura 13. Comparación de índice de riqueza estimado con modelo multiespecies bayesiano en el periodo de lluvia septiembre-octubre

El resultado de una mayor riqueza de mamíferos de menor peso en los fragmentos menores de bosque también fue detectado en la toma de datos de trampas cámara que fue ejecutada de abril hasta septiembre de 2019 (Figura 14). Cabe mencionar que solo está representado por una estación en un fragmento con un esfuerzo grande, sin embargo, refleja mayor número de eventos y riqueza de mamíferos medianos (Figura 14).

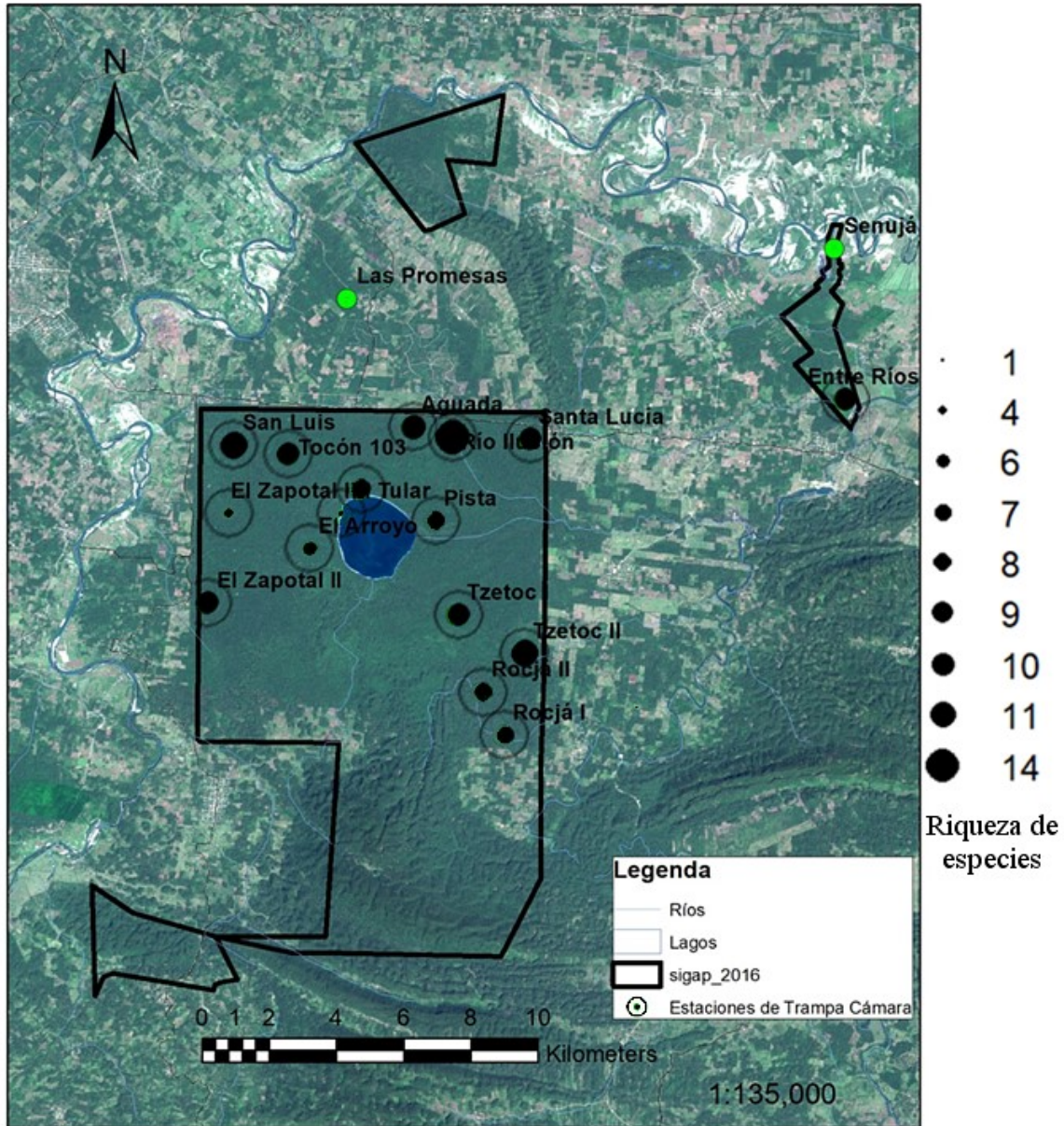


Figura 14. Riqueza de especies de mamíferos detectada por estaciones de trampa cámara de la eco-región Lachuá de abril a septiembre de 2019. *Puntos verdes (●) = estaciones funcionales solo de septiembre a Octubre de 2019)

16 Análisis y discusión de resultados:

La historia de usos del suelo de la Eco-Región Lachuá es dirigida por procesos socioeconómicos; presentando al norte al menos tres condiciones de paisaje: al noroeste la matriz dominada por terrenos abiertos, va abriendo camino a los cultivos extensivos como la palma de aceite, conservando parches de vegetación arbórea progresivamente más aislados. Al noreste se presenta un paisaje más heterogéneo. El parque en este sentido corresponde a los paisajes boscosos de referencia. Hemos denominado condiciones A la boscosa, B la de matriz dominada por vegetación abierta y C la más heterogénea. A esto lo hemos tratado como un gradiente de perturbación en el sentido de Young *et al.* (2015). La aplicación de cuatro procedimientos de toma de datos y medición: fototrampeo, protocolo de signos animales sobre transectos, entrevistas a cazadores y trampas de roedores, permitió obtener la información mínima para el análisis y comparación de estas tres condiciones de paisaje.

La riqueza de especies registrada en los transectos durante el presente estudio y el realizado hace diez años (Hermes, 2010) es igual, 11 especies. Se realizó una estimación “ γ ” del ensamble de mamíferos detectados en los transectos fue de 11 especies ± 0.97 , con una probabilidad de detección asociada igual a 0.97. Este ensamble de mamíferos representa alrededor del 20 % de la mastofauna terrestre reportada en Guatemala (McCarthy y Pérez, 2006; Kraker-Castañeda, Pérez, Cajas-Castillo y Echeverría-Tello, 2016). Debido a los métodos utilizados y que tampoco era la intención, no se registraron a los quirópteros, que es el grupo más diverso de mamíferos en el país. Por lo que el nivel de diversidad del ensamble mamíferos en la Eco-región Lachua representa seguramente una proporción mayor a la estimada en este estudio. Este ensamble de mamíferos está compuesto por 27 especies de mamíferos medianos y mayores, más 7 especies de pequeños roedores. Las especies de mayor tamaño corporal fueron siete (*Puma concolor*, *Panthera onca*, *Odocoileus virginianus*, *Mazama temama*, *Pecari tajacu*, *Tayassu pecari* y *Tapirella bairdii*) estas especies son más vulnerables a la extinción debido a su mayor masa corporal (Ripple et al. 2017), además se encuentran amenazadas por pérdida de hábitat y algunas también por cacería (Hallet et al, 2019). Se considera que las especies grandes tienden a tener alto riesgo de extinción por

sobrecacería si se comparan con las especies pequeñas, debido a una combinación particular de rasgos biológicos como bajas tasas reproductivas, bajas densidades propias de la especie, conductas como actividad diurna, uso repetitivo de guaridas o sitios de descanso y factores ambientales. Específicamente, en estudios de cacería en el neotrópico muestran que la preferencia de caza por especies frugívoras y herbívoras grandes en el neotrópico (Redford, 1992) ha resultado en declives importantes de especies como el tapir (*Tapirus bairdi*), cabrito (*Mazama americana*), venado (*Odocoileus virginianus*) y pecarí labio blanco (*Tayassu pecari*) (Hallet et al, 2019). La percepción de la caza que develó en la encuesta reporta que el 43% de la motivación de caza fue con la finalidad de alimento y 13% para la venta (n=30 cazadores). Se considera que esta práctica por complemento alimentario o venta ilegal, genera una presión a las poblaciones de animales cinegéticos. Además en la encuesta se determinó que hace 10 años, el promedio de especies cazadas era 6 en contraste con 2.8 en la actualidad (ver tabla 6). Existe una presión de caza, no obstante, ha habido pocos intentos por desarrollar una comprensión integral y robusta de las motivaciones detrás de la cacería ilegal en la actualidad (Duffy, Jhon, Büscher y Brokingston, 2015).

En la última década no se pueden observar cambios relevantes en cuanto a la riqueza de especies. En relación con el estudio realizado por Hermes (2010), Solamente tres especies de mamíferos medianos detectadas hace 10 años no fueron detectadas en el presente estudio, estas fueron: el tacuazín de agua (*Chironectes minimus*), la nutria (*Lontra longicaudis*), y el hurón (*Galictis vittata*). Sin embargo, no se descarta que aún estén estas especies en la Eco-región ya que los métodos de detección no permiten detectar al cien por ciento las especies. Al análisis de estos valores de riqueza debe agregarse los patrones de actividad y distribución de esta diversidad de todos los mamíferos, menores, medianos y mayores, la cual proviene de todos los métodos empleados. En base a la información presentada en el estudio Un patrón parece muy claro; la mayor diversidad de mamíferos medianos y mayores se presentó en la condición de bosque y principalmente en el interior del Parque Nacional Laguna de Lachuá, lo que valida temporalmente la importancia de la unidad de manejo para la conservación de estas especies. Y la mayor diversidad de mamíferos menores ocurrió en las condiciones abiertas (B y C). Al observar los valores de riqueza que se recogieron tanto de los transectos para signos animales (huellas, excretas, pelo, rascaderos) y de las estaciones de cámaras trampa, ambos muestran un patrón común; los

sitios cercanos al borde norte del PNLL, con la carretera tienen los valores registrados de riqueza mayores que los demás (fig. 3 y 4).

El hallazgo de una riqueza de especies muy similar a la reportada por Hermes (2010) tiene al menos dos lecturas relevantes: la riqueza (número de especies), es poco informativa como argumento de defaunación pues esta no representa el valor de abundancia (número de individuos de la especie), Sin embargo, puede ser relevante como un dato poco frecuente de medición del estado de conservación dentro de una reserva. Diez años después de la primera medición esta comparación puede indicar que la alta diversidad de mamíferos en el área protegida aún permanece. Pero esta información no advierte de procesos de reducción de las poblaciones.

La repetición del protocolo de signos y el uso del mismo procedimiento de análisis de tasas de ocurrencia, si permitió comparar los resultados 10 años después para cuatro especies, cabrito (*Mazama temama*), jaguar (*Panthera onca*), tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y tapir (*Tapirella bairdii*), de las nueve especies que reportó (Hermes, 2010). Estas especies fueron nombradas por la autora como prioritarias. Considerando los valores generales de detección (pg) y tratando como preliminares nuestros resultados, podemos destacar una reducción considerable de las 4 especies mencionadas. Considerando que este modelo de ocurrencia se relaciona con la abundancia relativa de las especies, proponemos tratar conservativamente, esta como una evidencia de defaunación. Advirtiendo que este resultado deberá ser confirmado con nuevos datos siguiendo el protocolo.

¿Cuál es el efecto de esta posible defaunación en la diversidad de otros grupos de organismos como los roedores ? y ¿ cómo este cambio podría afectar la circulación de agentes patógenos zoonóticos ? , es el asunto central. Sin embargo, esta etapa pretende generar nueva evidencia que apoye tal hipótesis que ya tiene respaldo en otros estudios (ej. Young *et al.*, 2016b). Los datos de captura de roedores, aunque provenientes de una tasa baja de captura, apoyan la propuesta de un gradiente de perturbación con un posible efecto: la mayor diversidad de roedores encontrada corresponde a la condición de paisaje B (la más perturbada). La condición C presenta menor diversidad de roedores. Este patrón es apoyado por la menor diversidad la cual corresponde al bosque (el Parque Nacional Laguna de Lachuá). Esto respalda la concepción de un gradiente de

perturbación cuyo efecto es una menor diversidad de roedores en el bosque, seguida de una intermedia en la condición al este y la mayor al oeste, la más perturbada. Una segunda evidencia en apoyo a la hipótesis sobre el posible efecto de la defaunación lo constituye el hallazgo de una especie de ratón que resultó positivo para *Leshmania* sp. Y una mayor diversidad de parásitos intestinales de ratones, todos encontrados en la condición B. Para finalizar la información encontrada en la encuesta de la percepción de los cazadores muestra una reducción de la oferta de caza tanto en las especies cazadas como en el número de las mismas como se puede observar en la figura 5. Por último, la percepción de los cazadores sobre la oferta natural de especies cinegéticas, la cual fue recabada a través de una encuesta estructurada con este propósito, agrega otra evidencia que apoya la propuesta antes mencionada, de un posible proceso de defaunación, el cual puede estarse desarrollando en los últimos diez años.

17 Conclusiones

El reconocimiento de tres condiciones generales de paisaje, nombradas aquí como A, B y C y la posterior evaluación de la diversidad de roedores, apoyan la hipótesis de un posible efecto de esta condición de paisaje en la riqueza y abundancia de ratones; si se considera que la evidencia de reducción de algunas de las especies que fueron comparadas 10 años después, como posible defaunación y finalmente el hallazgo de *Leshmania* en una muestra de tejido de un ratón en el paisaje más alterado de los tres (A,B, C), se puede afirmar que posiblemente existe un efecto de la defaunación en la circulación y por lo tanto del riesgo de infección zoonótica. Esta escasa evidencia, aunque debe tomarse con reserva, debe ser confirmada con estudios más extensos en el área y posiblemente en la región de las tierras bajas del norte de Guatemala.

La percepción de los cazadores en las comunidades estudiadas, en relación con la disponibilidad de especies cinegéticas, mostró ser mayor en riqueza y abundancia relativa por especie en la percepción de la caza practicada antes (hace 10 años), que en relación a la caza que se practica en la actualidad.

La riqueza de especies se mantiene en el Parque Nacional Laguna Lachuá. Sin embargo, considerando los valores generales de detección (pg) y tratando como preliminares nuestros resultados, podemos destacar una reducción de las 4 especies mencionadas: cabrito, jaguar, tepezcuintle y tapir. Considerando que este modelo de ocurrencia se relaciona con la abundancia relativa de las especies, proponemos tratar conservativamente, esta como una evidencia de defaunación.

18 Impacto esperado

Conservación: Se actualizó el método para monitoreo de mamíferos medianos y mayores en el PNLL por medio trampas cámara. Además, se tuvo un impacto positivo con los guardarecursos de PNLL para poder continuar el monitoreo biológico y darles a conocer que su esfuerzo si puede ser importante 10 años después.

19 Referencias

- Alaminos, A. y Castejón L. (2006). Elaboración, Análisis e Interpretación de Encuestas Cuestionarios y Escalas de Opinión. Alicante, España. Marfil.S.A.
- Beard J. (1955). The classification of tropical American vegetation-types. *Ecology*, 36(1), 89-100.
- Beesley, L.S., Gwinn, D.C., Price, A., King, A.J., Gawne, B., Koehn, J.D., and Nielsen, D.L. (2014). Juvenile fish response to wetland inundation: how antecedent conditions can inform environmental flow policies for native fish. *Journal of Applied Ecology* 51, 1613-1621.
- Brashares, J. S., Abrahms, B., Fiorella, K. J., Golden, C. D., Hojnowski, C. E., Marsh, R. A., McCauley, D. J., Nuñez, T. A., Seto, k. y Withey, L. (2014). Wildlife decline and social conflict. *Science*, 345(6195), 376-378.
- Breedlove D. (1981). Flora of Chiapas: part 1 Introduction to the Flora of Chiapas. California: Academy of Sciences.

- Brooks, S.P., y Gelman, A. 1998. General methods for monitoring convergence of iterative simulations. *Journal of Computational and Graphical Statistics* 7, 434-455.
- Burton, A. C., Neilson, E., Moreira, D., Ladle, A., Steenweg, R., Fisher, J.T., Bayne, E., y Boutin, S. (2015). Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 675–685
- Carvalho, C. S., Galetti, M., Colevatti, R. G., y Jordano, P. (2016). Defaunation leads to microevolutionary changes in a tropical palm. *Scientific reports* 6, 1–9.
- Corlett, R. T. (2013). The shifted baseline: Prehistoric defaunation in the tropics and its consequences for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 163, 13-21.
- Dirzo, R., y Miranda, A. (1990). Contemporary neotropical defaunation and forest structure, function, and diversity—a sequel to John Terborgh. *Conservation Biology*, 4(4), 444-447.
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. B., y Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 401(6195), 401–406. <http://doi.org/10.1126/science.1251817>
- Duffy, R., St John, F. A., Büscher, B., y Brockington, D. (2016). Toward a new understanding of the links between poverty and illegal wildlife hunting. *Conservation Biology*, 30(1), 14-22.
- Fa, J. Currie, D. Meeuwig, J. (2003) Bushmeat and food security in the Congo Basin: linkages between wildlife and people's future. *Environmental Conservation* 30(1), 71-78
- Galetti, M., y Dirzo, R. (2013). Ecological and evolutionary consequences of living in a defaunated world. *Biological Conservation*, 163, 1-6.
- Galetti, M., Guevara, R., Neves, C.L., Rodarte, R., Bovendorp, R.S., Moreira, M., Hopkins III, J., Yeakel, J.D., (2015). The cascading effects of defaunation on the population abundances and diets of rodents in Neotropical rainforests. *Biological Conservation*
- Galetti, M., Bovendorp, R. S., y Guevara, R. (2015). Defaunation of large mammals leads to an increase in seed predation in the Atlantic forests. *Global Ecology and Conservation*, 3, 824-830.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T.E., Sexton, J.O., Austin, M.P., Collins, C.D. y Cook, W.M. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), 1-9.

- Hall, E. R. (1962). Collecting and preparing study specimens of vertebrates. Miscellaneous Publication, *University of Kansas Museum of Natural History*, 30,1-46.
- Hallett, M.T., Kinahan, A.A., McGregor, R., Baggallay, T., Babb, T., Sharma, A., Barnabas, H., Wilson, A., Li, F.M., Boone, I.V. y Williams, W. (2019). Impact of low-intensity hunting on game species in and around the Kanuku Mountains Protected Area, Guyana. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 412.
- Harrison, R.D., Tan, S., Plotkin, J.B., Slik, F., Detto, M., Brenes, T., Itoh, A. y Davies, S.J. (2013). Consequences of defaunation for a tropical tree community. *Ecology letters*, 16(5), 687-694.
- Herbreteau, V., Jittapalpong, S., Rerkamnuaychoke, W., Chaval, Y., Cosson, J., y Morand, S. (2011). Protocols for field and laboratory rodent studies. Kasetsart University, 1-46.
- Hermes, M. (2010). Documento técnico de Parque Nacional Laguna Lachuá. INAB.
- Hermes, M. S. y Rosales-Meda, M. (2009). Sistema de monitoreo ecológico participativo de mamíferos mayores en el Parque Nacional Laguna Lachuá. Documento técnico. 27pp.
- Hermes, M. S., y Rosales-Meda, M. (2011). Monitoreo ecológico participativo de la riqueza y distribución de mamíferos Amenazados y en Peligro de extinción en el Parque Nacional Laguna Lachuá y remanentes Boscosos de su área de influencia, Alta Verapaz. Dirección general de Investigación. USAC. Documento técnico. 66 pp.
- Hoff, J. (2002). Methods of blood collection in the mouse. *Lab Animal*, 29(10), 47-53.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH- (2019). Base de datos de precipitación 2014-2019.
- Keesing, F. (2000). Cryptic consumers and the ecology of an African savanna. *BioScience*, 50(3), 205-215.
- Keesing, F., Belden, L.K., Daszak, P., Dobson, A., Harvell, C.D., Holt, R.D., Hudson, P., Jolles, A., Jones, K.E., Mitchell, C.E. and Myers, S.S. (2010). Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature*, 468(7324), 647.
- Kery, M. 2010. Introduction to WinBUGS for Ecologists: Bayesian approach to regression, ANOVA, mixed models and related analyses. Academic Press, Burlington USA

- Korner-Nievergelt, F., Roth, T., Von Felten, S., Guélat, J., Almasi, B., y Korner-Nievergelt, P. (2015). *Bayesian data analysis in ecology using linear models with R, BUGS, and Stan*. Academic Press.
- Kraker-Castañeda, C.; Pérez, S.G.; Cajas-Castillo, J.O. y J.L. Echeverría-Tello. (2016). Lista actualizada de los murciélagos (Mammalia, Chiroptera) de Guatemala Updated list of the bats (Mammalia, Chiroptera) of Guatemala. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Volume 87* (2): 409-416.
- Krebs, C. J. (2014). *Ecological methodology*. 3era ed. New York: Harper y Row.
- Kurten, E. L., Wright, S. J., y Carson, W. P. (2015). Hunting alters seedling functional trait composition in a Neotropical forest. *Ecology, 96*(7), 1923-1932.
- Lindsey, P.A., Balme, G., Becker, M., Begg, C., Bento, C., Bocchino, C., Dickman, A., Diggle, R.W., Eves, H., Henschel, P. and Lewis, D. (2013). The bushmeat trade in African savannas: Impacts, drivers, and possible solutions. *Biological conservation, 160*, 80-96.
- McCarthy, T. y Pérez, S. (2006). Land and freshwater. *mammals of Guatemala: faunal documentation and diversity*. Pp 625-674. En Cano, E. (Ed.) *Biodiversidad de Guatemala*. Universidad del Valle de Guatemala (UVG). Guatemala, Guatemala.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L. y Hines, J. E. (2017). *Occupancy estimation and modeling*. Segunda edición. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Maffei, L., Polisar, J., Garcia, R., Moreira, J., y Noss, A. J. (2011). Perspectives from ten years of jaguar (*Panthera onca*) camera trapping in Mesoamerica. *Mesoamericana, 15*, 49-59
- Medrano, M. (2012) Cazando a la cazadora: cuestiones sobre la posición de la mujer Toba en los ámbitos políticos y públicos, domésticos y privados. *Bulletin de L'institut d'études andines BIFEA*. 41 (1). En línea: <https://journals.openedition.org/bifea/1095>
- Mills, J., Ksiazek, T., Peters, C., y Childs, J. (1998). Métodos para trampeo y muestreo de pequeños mamíferos para estudios virológicos.

- Miranda, F., y Hernández, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences*, (28), 29-179. O'Connell, A. F., Nichols, J. D., y Karanth, K. U. (Eds.). (2010). *Camera traps in animal ecology: methods and analyses*. Springer Science & Business Media.
- Morales, J. (1993). Caracterización Etnozoológica de la Actividad de Cacería en la Comunidad de Uaxactún, Flores, Petén. [Licenciatura thesis dissertation]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 114 p.
- Morales, J. y Morales C. (1998). Cacería en Temporada de Extracción de Recina de Chicle en Uaxactún, Reserva de Biósfera Maya, Petén. Guatemala. ONCA-FCG. Doc.tec. 78 p.
- Pennington, T. D. (2005). *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. México: UNAM.
- Powell, R. A., & Proulx, G. (2003). Trapping and marking terrestrial mammals for research: integrating ethics, performance criteria, techniques, and common sense. *ILAR journal*, 44(4), 259-276.
- Plummer, M. (2003). JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models Using Gibbs Sampling. Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (eds F. Leisch & A. Zeileis). Vienna, Austria.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Redford, K. H. (1992). The empty forest. *BioScience*, 42(6), 412-422.
- Reid, F. A. (2009). *A Field Guide to the Mammals of Central America & Southeast Mexico*. New York, US: Oxford University.
- Ripple, W.J., Newsome, T.M., Wolf, C., Dirzo, R., Everatt, K.T., Galetti, M., Hayward, M.W., Kerley, G.I., Levi, T., Lindsey, P.A. and Macdonald, D.W. (2015). Collapse of the world's largest herbivores. *Science advances*, 1(4), e1400103.
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Hoffmann, M., Wirsing, A. J., & McCauley, D. J. (2017). Extinction risk is most acute for the world's largest and smallest vertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(40), 10678-10683.

- Romero-Almaraz, M. d., Sánchez-Hernández, C., García-Estrada, C., y D. Owen, R. (2007). *Mamíferos pequeños Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio*. D.F, México: Las prensas de ciencias.
- Rosales Meda, M., Hermes Calderón, M. S., y Morales Álvarez, J. R. (2010). Caracterización de la cacería de subsistencia en comunidades Maya-Q'eqchi' del área de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Guatemala. En M. M. Guerra Roa, S. Calmé, S. G. Tessaro, y E. Naranjo Piñera, *Uso y manejo de Fauna Silvestre en el norte de Mesoamérica* (págs. 25-52). Veracruz: Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.
- Rovero, F., Martin, E., Rosa, M., Ahumada, J. A., y Spitale, D. (2014). Estimating species richness and modelling habitat preferences of tropical forest mammals from camera trap data. *PloS one*, 9(7), e103300.
- Royle, J. A. y Dorazio, R.M. 2008. Hierarchical modeling and inference in ecology. Academic Press, Amsterdam, The Netherlands.
- Royle, J.A. and Nichols, J.D. 2003. Estimating abundance from repeated presence-absence data or point counts. *Ecology* 84, 777–790.
- Sikes, R. (2016). Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research and education. *Journal of Mammalogy*, 97(3), 63-668.
- Tobler, M.W., Zúñiga Hartley, A., Carrillo-Percestequi, S.E. y Powell, G.V.N. (2015). Spatiotemporal hierarchical modelling of species richness and occupancy using camera trap data. *Journal of Applied Ecology*, 52, 413–421.
- Wilkie, D. S., Bennett, E. L., Peres, C. A., y Cunningham, A. A. (2011). The empty forest revisited. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), 120-128.
- Yamaura, Y., Royle, A., Kuboi, J., Tada, T., Ikeno, S., y Makino, S. 2011. Modelling community dynamics based on species-level abundance models from detection/nondetection data. *Journal of Applied Ecology* 48, 67-75.
- Young, H.S., Dirzo, R., Helgen, K.M., McCauley, D.J., Billeter, S.A., Kosoy, M.Y., Osikowicz, L.M., Salkeld, D.J., Young, T.P. y Dittmar, K. (2014). Declines in large wildlife increase

landscape-level prevalence of rodent-borne disease in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(19), 7036-7041.

Young H. S., McCauley D., Dirzo R., Goheen J.R., Agwanda B., Brook C., Otárola-Castillo E., Ferguson A.W., Kinyua S. N., McDonough M.M., Palmer T.M., Pringle R.M., Young T. P., y Helgen K.M. (2015). Context-dependent effects of large-wildlife declines on small-mammal communities in central Kenya. *Ecological Applications*, 25(2), 348-360.

Young, H. S., McCauley, D. J., Galetti, M., y Dirzo, R. (2016a). Patterns, causes, and consequences of anthropocene defaunation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 47, 333-358.

Young, H. S., Dirzo, R., Helgen, K. M., McCauley, D. J., Nunn, C. L., Snyder, P., Veblen, K.E., Zhao, S. y Ezenwa, V. O. (2016b). Large wildlife removal drives immune defence increases in rodents. *Functional Ecology*, 30(5), 799-807.

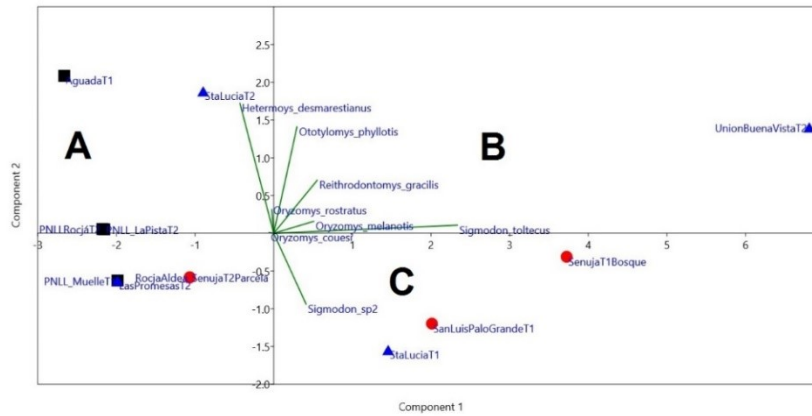
Wisdom, C. (1961). Los Chortis de Guatemala. Seminario de Integración Social Guatemalteca, Guatemala. Pineda Ibarra 541 p. (94-107).

20 Apéndice

Apéndice 1.1. El análisis de componentes principales (PCA), basado en la matriz de varianza-covarianzas indica que los dos primeros componentes principales -CP-, en conjunto, explican el 82.9% de la varianza, y que son la localidades Union Buena Vista T2 (condición B) y Senujá T1 Bosque (condición C) los sitios que más contribuyen al CP1, mientras que Aguada T1 y Santa Lucía T2 los que más contribuyen al CP 2.

CP	Eigenvalor	% Varianza
1	8.5329	71.333
2	1.3851	11.579
3	0.936816	7.8315
4	0.665197	5.5609
5	0.31334	2.6194
6	0.0758674	0.63423
7	0.0529058	0.44228
8	5.20038E-33	4.3474E-32

Apéndice 1.2. Biplot del PCA de las frecuencias absolutas de captura en los tres tratamientos (A: Bosque, B: Perturbado, y C: Mixto).



Apéndice 1.3 Regresión lineal simple para parásitos intestinales positivos.

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.5628	-1.1263	-0.5591	0.6249	3.4372

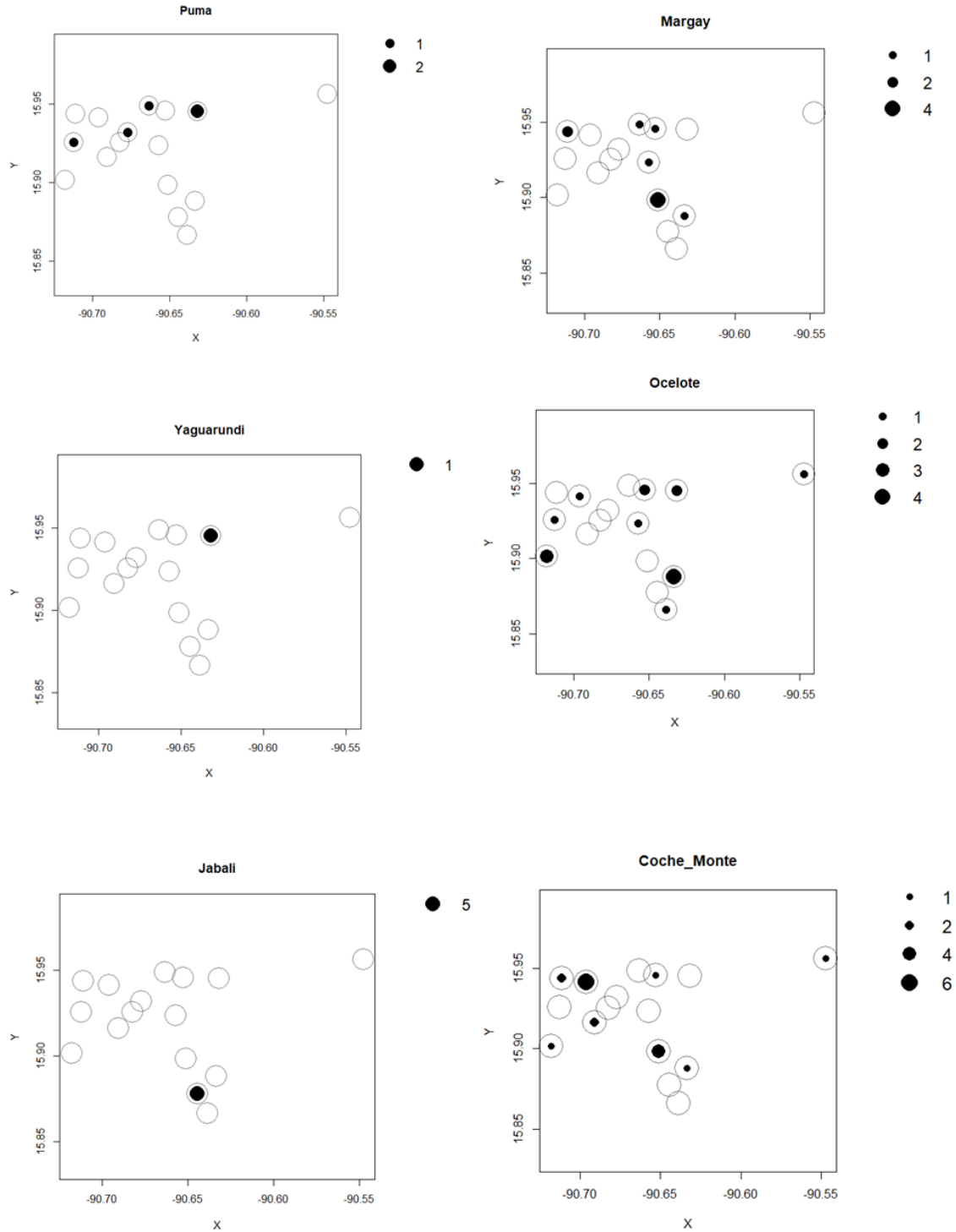
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.0640	0.6292	1.691	0.122
Positivos	1.2494	0.1657	7.539	1.97e-05 ***

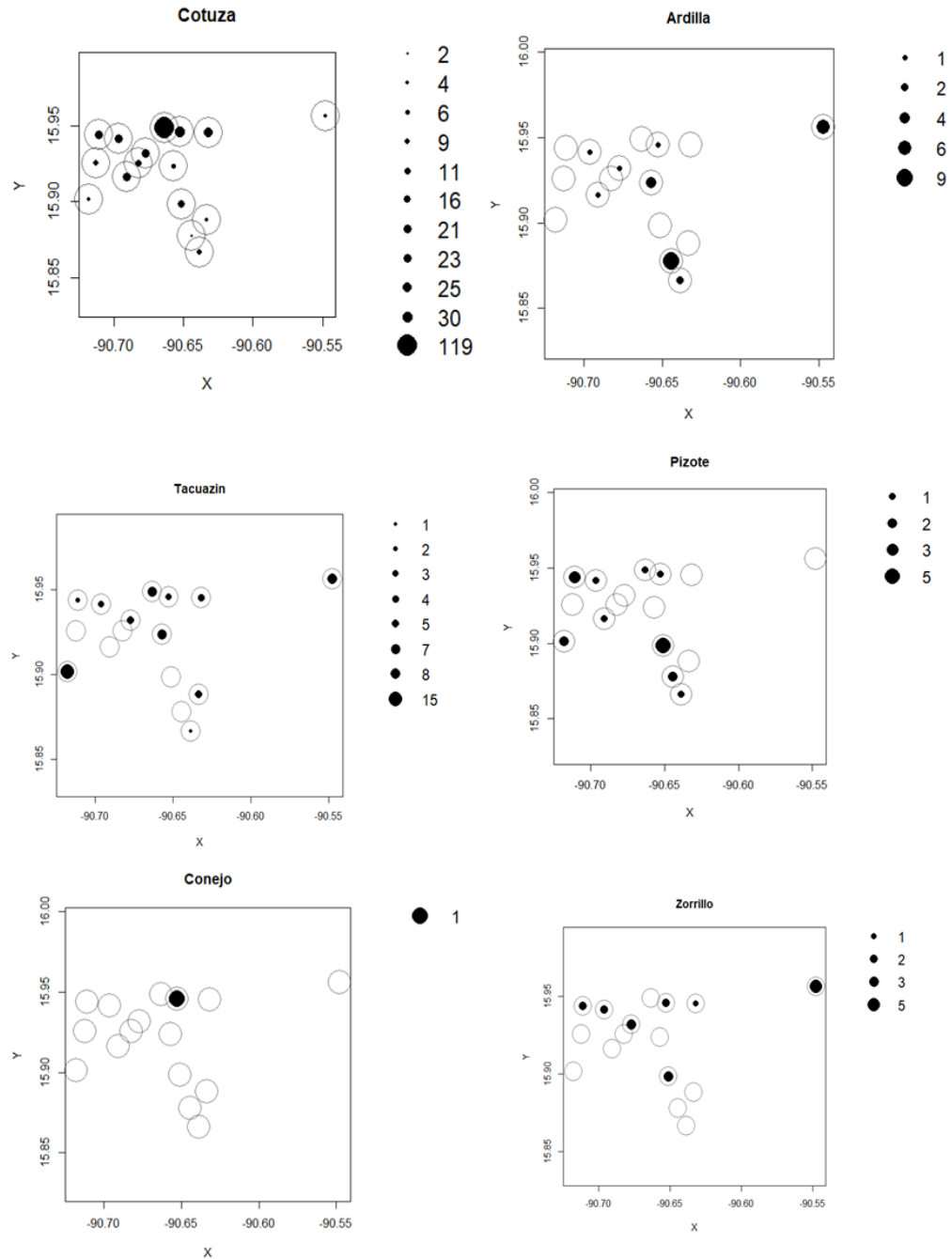
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.681 on 10 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8504, Adjusted R-squared: 0.8354
F-statistic: 56.84 on 1 and 10 DF, p-value: 1.973e-05

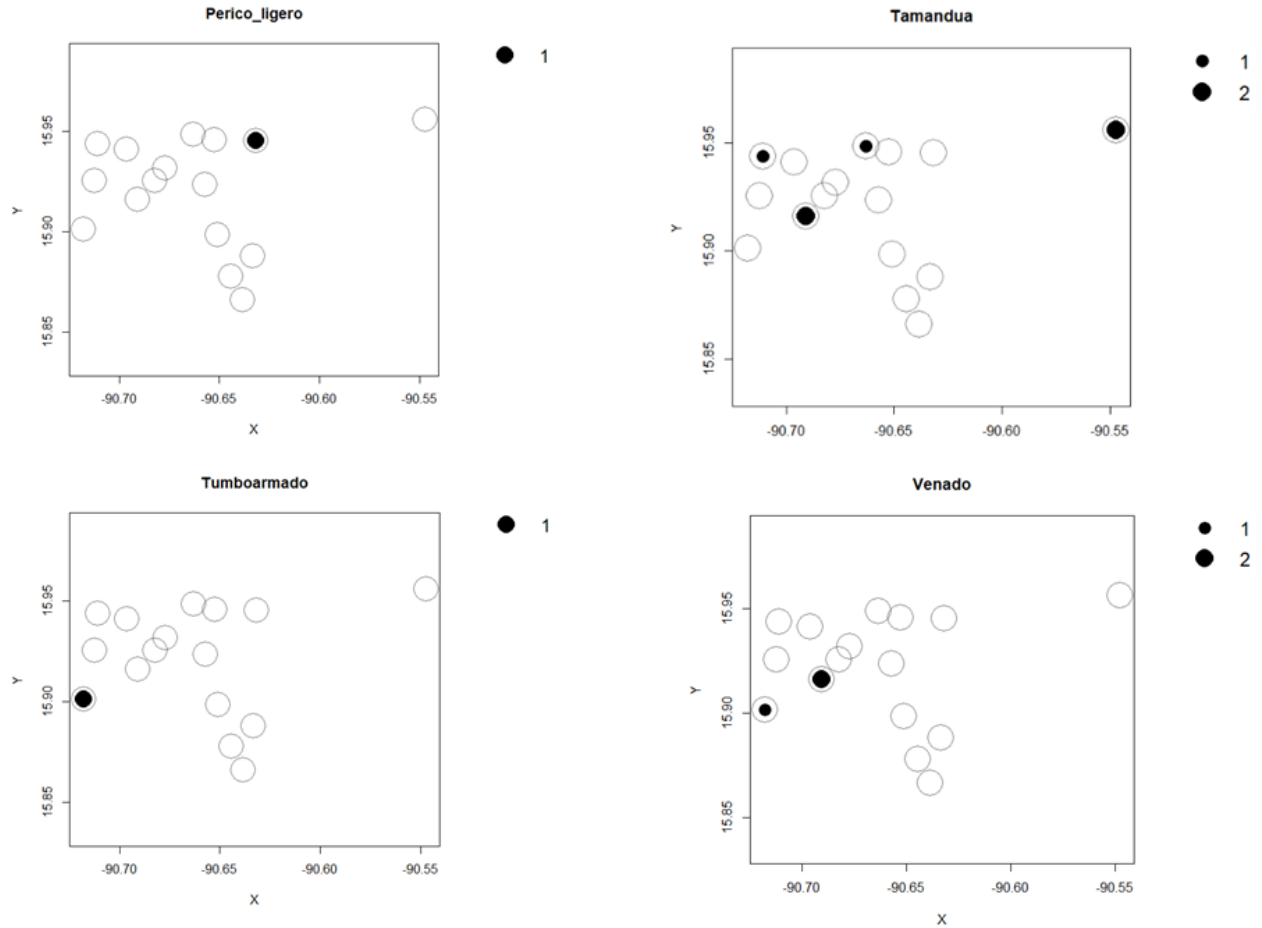
Apéndice 2.1 Distribución espacial de eventos de foto captura detectada por estaciones con trampas cámara de la eco-región Lachuá de abril a septiembre de 2019.



Apéndice 2.2 Distribución espacial de eventos de foto captura detectada por estaciones con trampas cámara de la eco-región Lachuá de abril a septiembre de 2019.



Apéndice 2.3. Distribución espacial de eventos de foto captura detectada por estaciones con trampas cámara de la eco-región Lachuá de abril a septiembre de 2019.



Apendice 2.4 Boleta de registro de signos animales

Nombre de los investigadores: _____ Fecha: _____
Clima del día: Soleado: ___, Nublado: ___, Lluvioso: ___ ¿Hace cuánto llovió?: _____

Nnombre del transecto y número: _____ Hora: _____
Hay un río cerca: Sí: ___ No: ___ Nombre del río: _____
Hay un comedero cerca: Sí: ___ No: ___ Nombre del árbol: _____

Señales de caza:
¿Escuché disparos? No: ___ Sí: ___ ¿Cuántos?: ___ Fue Rifle 22 o Escopeta.
¿Encontré perros? No: ___ Sí: ___ ¿Cuántos?: _____
¿Encontré cazadores? No: ___ Sí: ___ ¿Cuántos?: _____
¿Encontré otras señales de caza como tapescos, trampas, otros? No: ___ Sí: ___ ¿Cuántos de cada uno?: _____

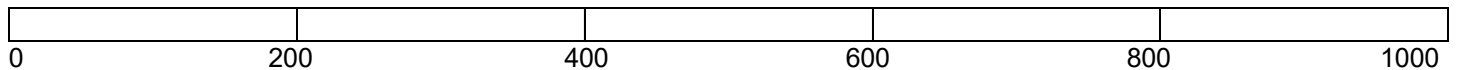
SECTOR

A	B	C	D	E
---	---	---	---	---

Tipo de signo
Huella = H
Rascadero = R
Excreta = E

Especie	Tipos Signo	Sobre Transecto	Lados Transecto	SECTOR

PUNTOS DE CONTEO.



Punto de conteo			
Punto de conteo	Especie	Vio el animal (si - No)	Escuchó el animal (si - No)
200			
400			
600			
800			
1000			

Apéndice 2.5 Aprobación del Comité de Bioética.



Guatemala, 29 de junio de 2019
Ref. EEP.121.2019

Maestro
Gustavo Ruano Fajardo

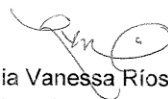
Respetable maestro Ruano:

En nombre del Comité de Bioética de Postgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala me permito informarle que el Sub comité *Ad Hoc* nombrado para conocer sobre la propuesta de investigación titulada "Defaunación en el norte de Alta Verapaz: posibles consecuencias en la diversidad de roedores y sus patógenos zoonóticos", ha dictaminado APROBADO en relación a los métodos y procedimientos propuestos para la investigación.

Adjunto boletas de los evaluadores.

Para uso de su interés, se extiende el presente documento.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

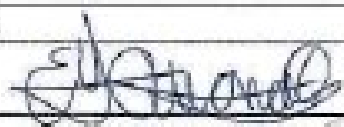

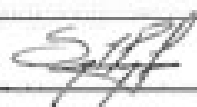



Maestra Ligia Vanessa Ríos de León
Coordinadora Comité de Bioética





cc. archivo
lvrdl

Listado de los integrantes del equipo de investigación (en una sola hoja)
Contratados por contraparte y colaboradores

Nombre	Firma
M.Sc. Gustavo Ruano Fajardo	
Lic. Claudio Méndez	
Lic. Julio Morales	
Dr. Jorge Erwin López	
Dr. Sergio Pérez	
Dr. José Soto	
M.Sc. David Moran	

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de Personal	Pago		Firma
			SI	NO	
Lic. Dione Méndez Barrios	Investigadora	20190345	X		
Bn. Carlos Gaitán	Auxiliar de Investigación II	20160762	X		

Guatemala, 28 de noviembre de 2019



 M.Sc. Edgar Gustavo Ruano Fajardo
 Coordinador del proyecto de investigación

 Ing. Agr. Augusto Saúl Guerra Gutiérrez
 Programa de Programa Recursos Naturales

 Ing. Agr. MARN. Julio Rufino Salazar
 Coordinador General de Programas –DIGI-